

Realizzazione di centrale idroelettrica ad acqua fluente su fiume Elsa.

Procedimento A.U.E. art.12 D. Lgs.387/03 e LR 39/05

PASSAGGIO ARTIFICIALE PER PESCI

Secondo le "Linee guida per la progettazione, valutazione tecnica e pianificazione di passaggi artificiali per i pesci" (Università di Firenze -Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, Gennaio 2009)



Loc. Molin Nuovo – Empoli (FI)
Fiume Elsa

Committenza:

MERS s.a.s.

Via A. Pacinotti 6/A
Santa Croce S/Arno

Tecnico:

Ing. Roberto Simoni

Firenze, 20/01/2017

Sommario

1	Presentazione	6
1.1	Dati committenza e progettisti	6
1.2	Scopo.....	6
2	INQUADRAMENTO AMBIENTALE (M1-IA)	7
2.1	Diagnostica dei luoghi.....	7
2.2	Indagine ittiologica.....	11
2.3	Indagine idrologico idraulica	18
2.3.1	Portata del fiume Elsa	19
2.3.2	Portate medie mensili	21
2.3.3	Individuazione criticità estive - Scheda di sintesi AdB Arno.....	23
2.3.4	Salto	26
2.4	Indagine sedimentologica.....	27
2.5	Indagine ambientale	28
2.5.1	Qualità delle acque	28
2.5.2	Caratteristiche delle acque superficiali	37
2.6	Valutazione ipotesi progettuali	39
3	STUDIO DI PROGETTO (M2-SP).....	44
3.1	Scelta tipologia impianto.....	44
3.2	Relazione tecnica	46
3.3	Verifica CFD.....	50
3.4	Progettazione definitiva	54
4	ESECUZIONE DI PROGETTO (N3-EP)	55
4.1	Modalità esecutive	55
4.1.1	Norme per autorizzazioni lavori in alveo	55
4.1.2	Organizzazione dei lavori	56
4.1.3	Modalità di prelievo e spostamento ittiofauna.....	57

4.2	Piano di manutenzione	59
4.2.1	Programma di manutenzione	62
4.3	Piano di collaudo.....	63
4.3.1	Metodi indiretti	63
4.3.2	Metodi diretti	64

Indice figure

Figura 1 - Inquadramento su CTR.....	7
Figura 2 - Vista aerea	8
Figura 3 - Briglia di Molin Nuovo	9
Figura 4 – Estensione continuità sull’asta.....	9
Figura 5- Piano Ittico 2012-2015, istituzione campi gara (evidenziati in giallo)	12
Figura 6- Piano Ittico 2012-2015, istituzione zone di frega (evidenziate in arancione)	12
Figura 7 -Stazioni di campionamento ittico del bacino del Fiume Elsa utilizzate per la caratterizzazione del sito	13
Figura 8 - Bacino imbrifero a Molin Nuovo	19
Figura 9 - Curva durata delle portate (scala logaritmica).....	20
Figura 10 - Portate medie mensili	22
Figura 11 - Bilancio idrico – Anno	24
Figura 12 - Bilancio idrico - Estate	24
Figura 13 - Bilancio idrologico – Anno	25
Figura 14 - Bilancio idrologico - Estate	25
Figura 15 - Briglia di Molin Nuovo	26
Figura 16 - Stato qualitativo della risorsa idrica fiume Elsa	28
Figura 17 - Scheda di sintesi n. 30 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: ADB Arno)	30

Figura 18- scheda di sintesi n. 30 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: AdB Arno)	31
Figura 19 -scheda di sintesi n. 30 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: ADB Arno)	33
Figura 20- Scheda di sintesi n. 31 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: ADB Arno)	34
Figura 21 - Scheda di sintesi n. 31 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: ADB Arno)	35
Figura 22- Scheda di sintesi n. 31 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: ADB Arno)	36
Figura 23 - Vista del sito di realizzazione del passaggio per pesci	40
Figura 24 - Esempio di analogo passaggio per pesci sul fiume Dora Riparia.	41
Figura 25 – Estratto manuale FAO	43
Figura 26 - Schema passaggio a fenditure verticali (slot)	44
Figura 27 - Schema longitudinale passaggio a fenditure verticali (slot).....	45
Figura 28 – Velocità allo scatto del barbo.....	47
Figura 29 -Andamento del profilo di velocità nelle vasche	48
Figura 30 - Correlazioni di deflusso nelle fessure.....	48
Figura 31 - Mesh del dominio	50
Figura 32 - Modellazione CFD	51
Figura 33 – Campo di velocità	51
Figura 34 – Distribuzione dei flussi	52
Figura 35 – Tubi di flusso delle velocità.....	52
Figura 36 – Velocità superiori a 2 m/s	53

Indice tabelle

Tabella 1 – Posizionamento EPSG:3003 del passaggio artificiale per ittiofauna	8
Tabella 2 - Parametri biologici stazione n° 35 (fonte: Carta Ittica Provincia di Firenze).....	14
Tabella 3- Parametri biologici stazione n°36 (fonte: Carta Ittica Provincia di Firenze).....	15
Tabella 4 - Idro-morfologia delle due stazioni di monitoraggio della Carta Ittica di Firenze	16

1 PRESENTAZIONE

1.1 *Dati committenza e progettisti*

<i>Committente:</i>	MERS s.a.s. Via A. Pacinotti 6/A Santa Croce S/Arno
<i>Tecnico:</i>	Warp Engineering Via A. del Castagno 44, 50132, Firenze Dott. Ing. Roberto Simoni Iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Firenze, n° 4301

1.2 *Scopo*

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un passaggio artificiale per pesci sulla briglia di Molin Nuovo in sponda destra del fiume Elsa quale intervento mitigativo all'interno del progetto di realizzazione di un nuovo impianto idroelettrico in sponda destra con presa e rilascio immediatamente a monte ed a valle della briglia, riferimento pratica n. 16228/2009 B.U.R.T. n. 46 del 18/11/2009.

La presentazione si articola in tre sezioni secondo quanto previsto dalle “*Linee guida per la progettazione, valutazione tecnica e pianificazione di passaggi artificiali per i pesci*” (Università di Firenze -Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, Gennaio 2009).

- Inquadramento ambientale (M1-IA)
- Studio di progetto (M2-SP)
- Esecuzione di progetto (N3-EP)

Talune informazioni risultano ridondanti rispetto ai contenuti di altre relazioni specialistiche. Sono qui riportati al solo scopo di rendere autonoma e completa la lettura della presente.

2 INQUADRAMENTO AMBIENTALE (M1-IA)

2.1 Diagnostica dei luoghi

Il sito oggetto dell'inserimento del passaggio artificiale per pesci si trova in prossimità della briglia posta sul fiume Elsa in località Molin Nuovo, divisa tra il comune di Empoli (FI) e San Miniato (PI), sulla sponda idrografica destra del fiume Elsa.

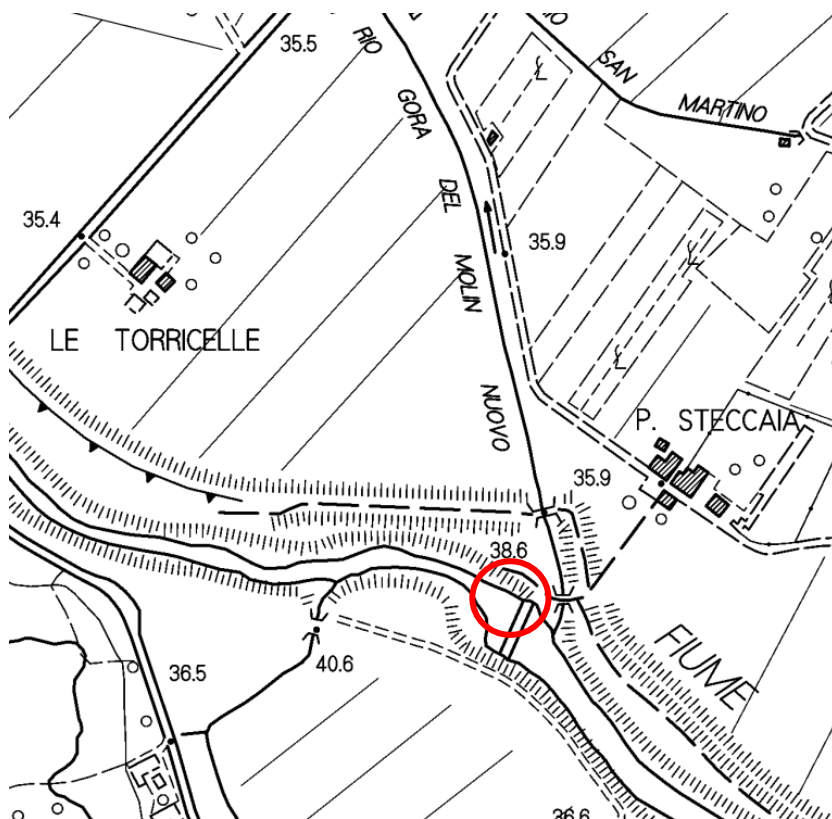


Figura 1 - Inquadramento su CTR

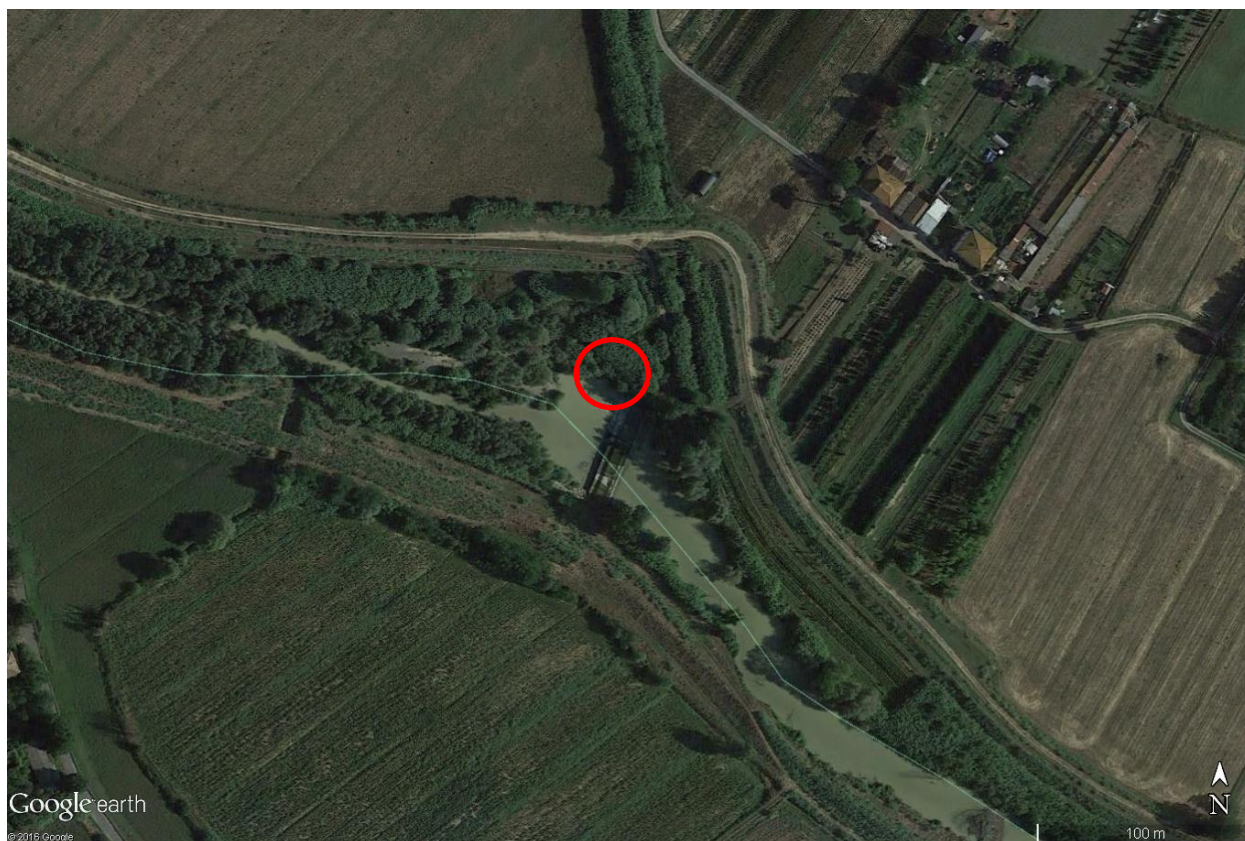


Figura 2 - Vista aerea

Longitudine	1654941 m E
Latitudine	4836112 m N

Tabella 1 – Posizionamento EPSG:3003 del passaggio artificiale per ittiofauna

La briglia è preesistente e questo sbarramento impedisce la risalita a monte della fauna ittica.



Figura 3 - Briglia di Molin Nuovo

Al fine di consentire alla ittiofauna la risalita del fiume Elsa si prevede la realizzazione in sponda destra, di un passaggio artificiale per pesci opportunamente studiato per consentire, con piccoli salti tarati tra vasche successive, di scavalcare il balzo esistente.

La realizzazione del passaggio permette di ristabilire la continuità per un tratto ampio pari a circa 7,9 km (3,5 km fino alla briglia di Granaiole a monte, 4,4 km fino alla briglia di Ponte a Elsa a valle).

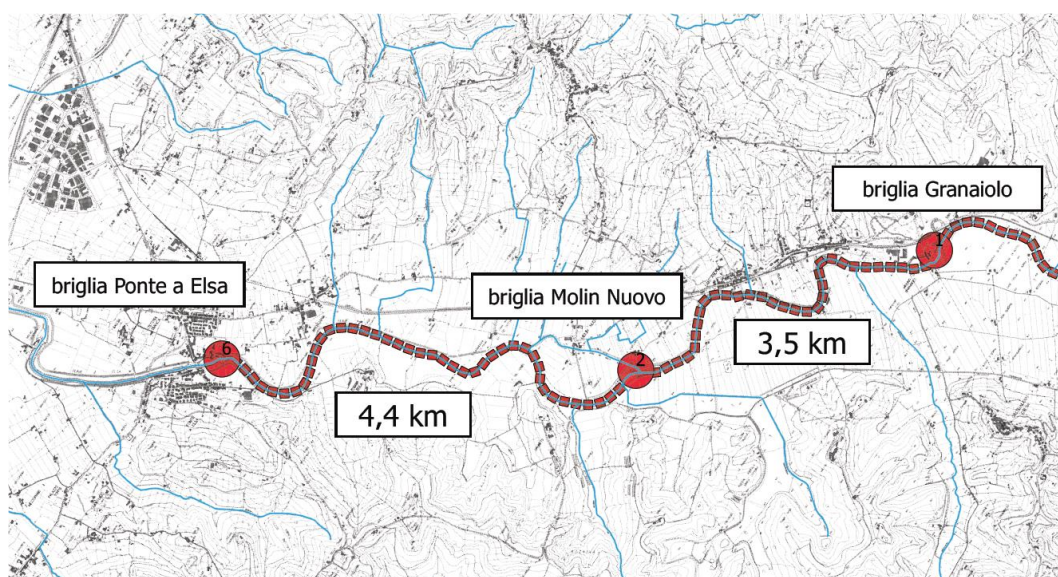


Figura 4 – Estensione continuità sull'asta

La corretta progettazione di un passaggio per pesci deriva da una esaustiva analisi delle caratteristiche ambientali dell'area di studio, che devono riguardare in particolare gli aspetti idrologici del corso d'acqua e la caratterizzazione della fauna ittica presente. Di questi aspetti si è tenuto conto nella progettazione della soluzione idonea al sito in oggetto sono, seguendo le "*Linee guida per la progettazione, valutazione tecnica e pianificazione di passaggi artificiali per pesci*" emanate dalla Regione Toscana ed il manuale tecnico "*Fish passes – Design, dimensions and monitoring*" rilasciato da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) e DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. - German Association for Water Resources and Land Improvement).

2.2 Indagine ittiologica

Si riportano di seguito le osservazioni riportate del Dott. Thomas Busatto nella relazione specialistica.

Per l'identificazione della fauna ittica presente nel Fiume Elsa si è proceduto a una caratterizzazione della zona, basandosi sulle informazioni e sui dati riportati nella “*Carta Ittica della Provincia di Firenze. Anno 2012*” e sul “*Piano Ittico Provinciale 2012-2015 (L.R. 3 gennaio 2005 - N°7)*”.

L'impianto è localizzato nel Comune di Empoli lungo l'asse della S.R. 429 in località Molin Nuovo, in destra idrografica, in un ambiente scarsamente antropizzato con presenza di zone agricole a colture intensive. Gli interventi antropici sono principalmente legati alla presenza di protezioni spondali e di una briglia. Il canale presente è da anni inutilizzato. La zona interessata all'opera è identificata come “Zona a ciprinidi” (L.R. 7/2005). In base al Piano Ittico 2012-2015, lungo il Fiume Elsa vi sono due tratti destinati a “Campo Gara” (art. 13 D.P.G.R. 54/r/2005), “C.G. Granaiole” in sponda sinistra e Certaldo-Bassetti in sponda destra (Figura 5): l'impianto è previsto a valle di entrambi i campi gara. Inoltre nel corso d'acqua non vi sono costituite “Zone a Regolamento Specifico” (art. 11 D.P.G.R. 54/r/2005; mentre vi sono 3 “Zona di Frega” aree identificate come idonee alla riproduzione dei ciprinidi ai sensi dell'art. 10 del D.P.G.R. 54/r/2005. Queste sono posizionate: una a Certaldo, dalla confluenza con il Torrente Casciani a monte fino alla traversa di derivazione della cartiera, un'altra a Castelfiorentino dal ponte sulla S.P. N.4 Volterrana in loc S. Martino alle Fonti a valle per 2 Km fino al secondo ponte ed infine ad Empoli dallo sbocco in Arno fino al ponte della ferrovia Firenze-Pisa (Figura 6). Tutte queste zone sono state istituite per la protezione dei ciprinidi per cui il periodo in cui è vietata la pesca si estende dal 2 Maggio al 3° sabato di Giugno.

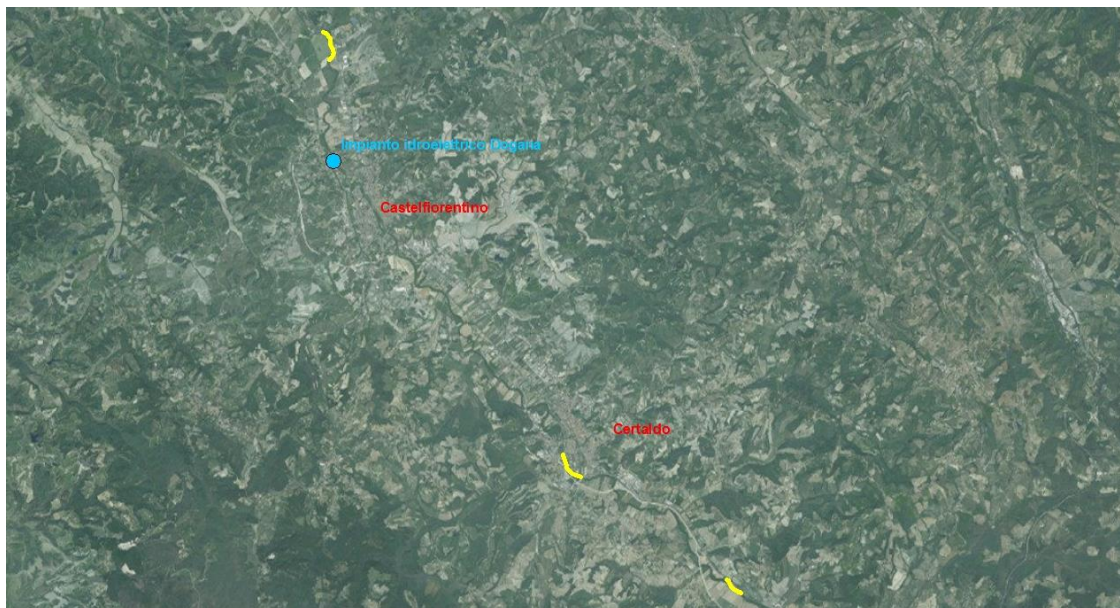


Figura 5- Piano Ittico 2012-2015, istituzione campi gara (evidenziati in giallo)

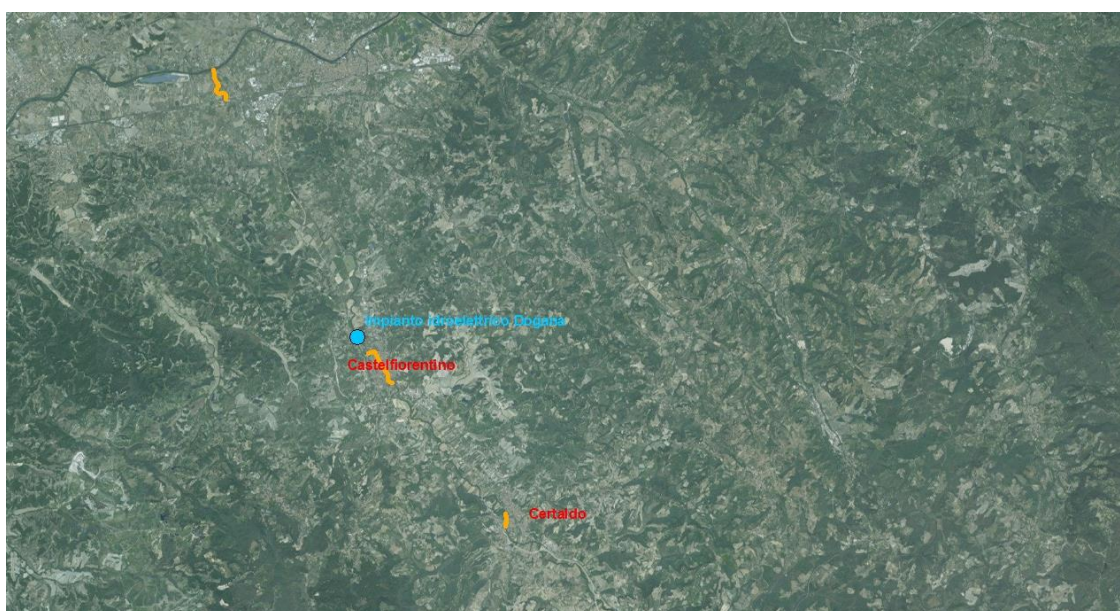


Figura 6- Piano Ittico 2012-2015, istituzione zone di frega (evidenziate in arancione)

Per l'identificazione delle specie di pesci presenti si è fatto ricorso ai dati di due siti di campionamento della Carta Ittica della Provincia di Firenze. La stazione di campionamento n° 35, in località Le Stallacce posta a 68 m s.l.m., e la stazione n° 36 in località Molino di Granaiole posta a 35 m s.l.m.. Le due stazioni di rilevamento sono situate rispettivamente a monte e a valle della zona interessata alla realizzazione dell'impianto (Figura 7).



Figura 7 -Stazioni di campionamento ittico del bacino del Fiume Elsa utilizzate per la caratterizzazione del sito

Nel tratto interessato il fiume Elsa non presenta una velocità di corrente molto elevata nonostante la sua portata sia buona. La trasparenza dell'acqua risulta lievemente velata a causa del leggero trasporto solido e della presenza di microalghe.

Nella Stazione 35 (posta a monte della futura opera di presa) il Fiume Elsa è caratterizzato dalla presenza di piane (60%) e raschi (40%), la profondità media è di 100 cm e corrisponde anche alla profondità massima.

Il substrato in prossimità della riva è costituito da elementi di diversa granulometria, la cui componente principale è quella a ciottoli (42%) seguita dalla ghiaia (35%) e dalla sabbia (13%). Egualmente presenti limo e sassi con il 5% ciascuno.

In base ai campionamenti di tipo quantitativo nella stazione a monte del futuro impianto (tabella 2), si osserva una comunità ittica formata da 9 differenti specie di pesci: barbo (*Barbus plebejus*), il barbo europeo (*Barbus barbus*), il cavedano (*Squalius cephalus*), la rovella (*Rutilus rubilio*), il carassio dorato (*Carassius auratus*), il ghiozzo di ruscello (*Padogobius nigricans*), l'alborella (*Alburnus alburnus alborella*), la lasca (*Condrostoma genei*) e il vairone (*Telestes muticellus*). Tra i ciprinidi, la rovella è la specie dominante con popolazione strutturata in più classi di età e molto abbondante. Anche il cavedano mostra una popolazione abbondante e ben strutturata; mentre il

barbo, la lasca e l'alborella (tutte e tre specie transfaunate) sono meno diffusi e mostrano popolazioni non strutturate. Il ghiozzo di ruscello ed il vairone sono sporadici e le loro popolazioni sono costituite da esemplari di media taglia. Sulla base delle specie rinvenute, al Fiume Elsa nella zona in cui sono stati fatti i campionamenti è stata attribuita la classificazione "strato basso dei ciprinidi reofili".

Tabella 2 - Parametri biologici stazione n° 35 (fonte: Carta Ittica Provincia di Firenze)

Specie	Catture 1° passaggio	Catture 2° passaggio	Stima effettivi	Densità (ind/m ²)	Peso medio (g)	Biomassa (g/m ²)
Cavedano	56	27	108	0,200	69	11,40
Barbo + barbo europeo	4+	17	75	0,100	41	4,70
Rovella	24	22	288	0,400	3	1,50
Carassio dorato	5	4	25	0,040	46	1,80
Ghiozzo di ruscello	4	3	16	0,030	2	0,03
Alborella	4	1	5	0,008	30	0,20
Lasca	3	2	9	0,010	24	0,30
Vairone	1	0	1	0,002	6	0,01
TOTALE	146	76	527	0,800		19,94

Nella Stazione 36 (posta a valle della futura opera di presa) il Fiume Elsa è caratterizzato dalla presenza di piane (67%) e buche (33%), la profondità media è superiore ai 200 cm e la profondità massima non è stata rilevata.

Il substrato in prossimità della riva è costituito da sedimenti con granulometria abbastanza fina, infatti il substrato dominante è il limo (70%) seguito dalla sabbia (20%) ed infine dalla ghiaia (10%).

L'ombreggiatura è abbastanza bassa (5%) ed è legata alla limitata presenza di alcuni alberi ad alto fusto in sponda sinistra.

La componente antropica lungo le sponde è evidente, in particolare in corrispondenza della briglia localizzata immediatamente a monte del tratto campionato. Per ampi tratti le rive sono prive di vegetazione arborea ed arbustiva e vengono mantenute in sede da un sottile strato erboso.

Per quanto riguarda i campionamenti di tipo qualitativo eseguiti nella stazione a valle del futuro impianto (tabella 3), si osserva una comunità ittica formata da 9 differenti specie di pesci: barbo (*Barbus plebejus*), il barbo europeo (*Barbus barbus*), il cavedano (*Squalius cephalus*), la rovella (*Rutilus rubilio*), il carassio dorato (*Carassius auratus*), il ghiozzo di ruscello (*Padogobius nigricans*), l'alborella (*Alburnus alburnus alborella*), la carpa (*Cyprinus carpio*) e il vairone (*Telestes muticellus*).

Tra i ciprinidi, il cavedano è la specie dominante con una popolazione ben strutturata composta principalmente da esemplari dell'anno. Le due specie di barbo, seppur abbondanti, mostrano una struttura di popolazione sbilanciata verso le classi d'età sessualmente mature. Le altre specie sono sporadiche. In base al popolamento ittico anche questa stazione è catalogabile tra quelle dello strato basso dei ciprinidi reofili.

Tabella 3- Parametri biologici stazione n°36 (fonte: Carta Ittica Provincia di Firenze)

Specie	Abbondanza
Cavedano	4
Barbo + barbo europeo	3
Alborella	1
Carpa	1
Rovella	1
Carassio dorato	1
Ghiozzo di ruscello	1
Vairone	1

Complessivamente il tratto interessato dall'opera di presa è caratterizzato da una ittiofauna di tipo reofilo (barbo, cavedano e vairone), con qualche esemplare fitofilo come il carassio dorato e l'alborella. Gli endemismi della zona sono pochi, ossia la rovella e il ghiozzo di ruscello, che non sono mai particolarmente abbondanti se non nel tratto superiore del Fiume Elsa. Nella tabella 4 sono riportati i dati relativi all'idromorfologia delle stazioni 35 e 36.

Tabella 4 - Idro-morfologia delle due stazioni di monitoraggio della Carta Ittica di Firenze

Caratteristiche idro-morfologiche delle stazioni di campionamento (fonte: Carta ittica Provincia di Firenze)		
Codice Stazione:	35	36
Corso d'acqua:	Fiume Elsa	Fiume Elsa
Toponimo stazione:	Le Stallacce	Molino di Granaiole
Data campionamento	27/7/2010	27/7/2010
Altitudine s.l.m. (m):	68	35
Lunghezza del tratto campionato (m):	69	96
Larghezza media del tratto campionato (m):	9	30
Superficie (m²):	621	2880
Stato idrologico:	magra	magra
Tipologia ambientale:	iporitrile	epiporitrile
Profondità media (m):	1	NP
Profondità massima (m):	1	>2
Cascate (%):	0	0
Salti (%):	0	0
Saltelli (%):	0	0
Pool (%):	0	33
riffle (%):	60	67
Piane (%):	40	0
Roccia scoperta (%):	0	0
Massi (%):	0	0
Sassi (%):	5	0
Ciottoli (%):	42	0
Ghiaia (%):	35	10
Sabbia (%):	13	20
Limo (%):	5	70
Uso del territorio:	agrario	agrario
Copertura vegetale delle sponde:	arborea rada	arborea rada
Ombreggiatura (0÷5):	0	5

Caratteristiche idro-morfologiche delle stazioni di campionamento (fonte: Carta ittica Provincia di Firenze)		
Vegetazione acquatica:	assente	assente
Presenza di rifugi (0÷5):	1	4
Opere idrauliche:	briglia invalicabile a monte	briglia invalicabile a monte
Indice di funzionalità fluviale riva sx	III	
Indice di funzionalità fluviale riva dx	III	
Antropizzazione (0÷5):	4	4

2.3 *Indagine idrologico idraulica*

Il buon funzionamento di un passaggio artificiale per pesci è legato alla percentuale di portata transitante sullo stesso rispetto a quella complessiva nella corrispondente sezione del corso d'acqua. Tale portata non dovrebbe essere mai inferiore all' 1-5% (Larnier, 1994) della portata totale nel periodo migratorio, considerando tali valori come minimi; non esistono invece vincoli per le percentuali massime di portata in transito sull'opera rispetto alla complessiva, che possono arrivare anche alla totalità della stessa nei periodi di magra.

La progettazione ed il dimensionamento di queste tipologie di opere dipendono quindi essenzialmente dalle portate del corso d'acqua durante il periodo migratorio delle varie specie che si intende far risalire.

2.3.1 Portata del fiume Elsa

La superficie dell'intero bacino imbrifero del Fiume Elsa relativa al punto di presa, come riportato dall'Autorità di Bacino dell'Arno, è pari a 836 km².

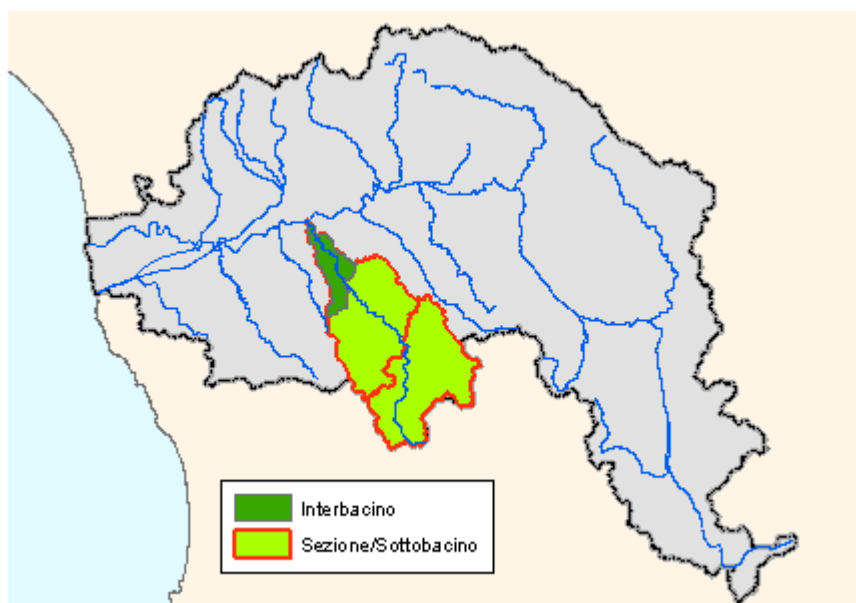


Figura 8 - Bacino imbrifero a Molin Nuovo

L'andamento della curva delle durate delle portate come resa disponibile dall'Autorità di Bacino del fiume Arno è riportata in Figura 9.

Le portate misurabili sono ottenute dal calcolo teorico; le portate naturali sono quelle teoriche con aggiunta delle portate di prelievo a monte. Non sono conteggiate le restituzioni.

Nell'asta fluviale interessata non sono censite ulteriori derivazioni.

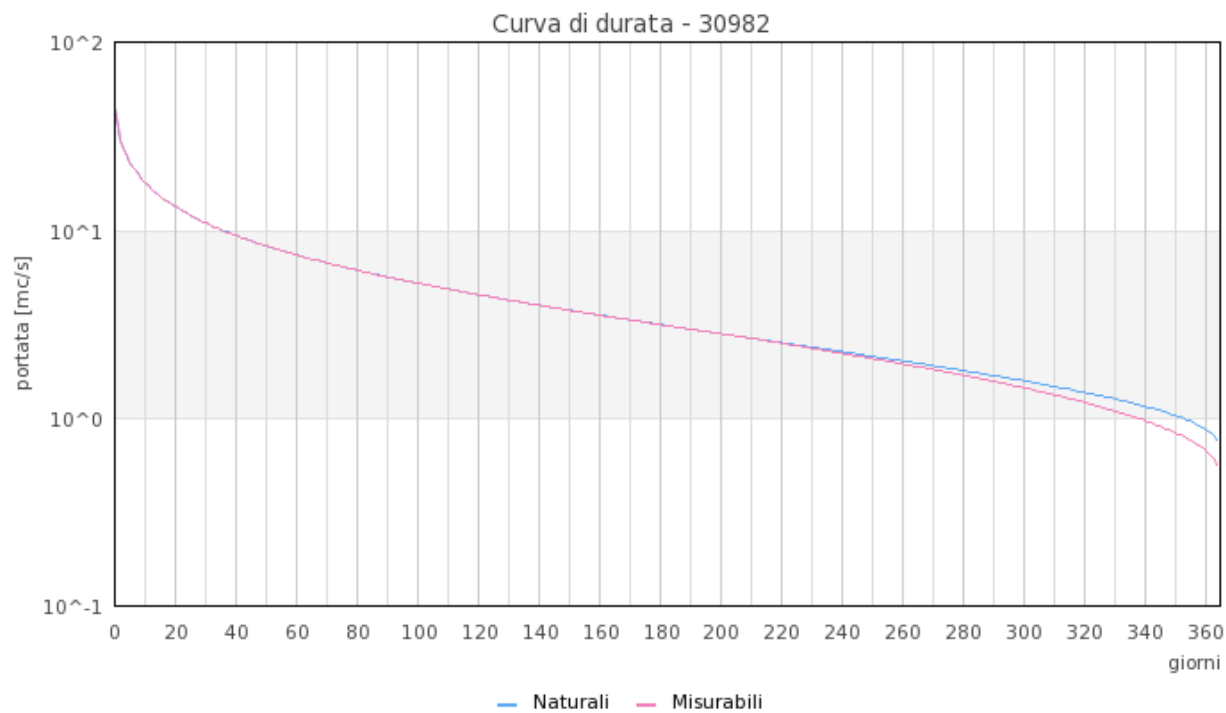


Figura 9 - Curva durata delle portate (scala logaritmica)

2.3.2 Portate medie mensili

Si riporta di seguito l'estratto "Elaborazione portate medie mensili *“Situazione luglio 2015 vs media luglio 1983-2014”* prodotto da Direzione Regionale Difesa del Suolo e Protezione Civile Genio Civile di Bacino Toscana Nord e Servizio Idrologico Regionale, Centro Funzionale della Regione Toscana riferito alla stazione di monitoraggio di Castelfiorentino di interesse per l'intervento oggetto dello studio.

Allo scopo di valutare lo stato attuale della situazione quantitativa della risorsa idrica superficiale sono state considerate, tra le stazioni idrometriche ritenute più significative della rete di monitoraggio idrometrico regionale, quelle per le quali sono disponibili serie storiche di portata più complete. Il periodo di confronto è stato esteso al periodo 1983 – 2014 (rispetto a quello precedente 1996-2012) considerando tutti i dati disponibili in quel periodo.

In tali elaborazioni, per poter rendere l'interpretazione dei valori di portata media più semplice e diretta, sono stati attribuiti diversi colori in funzione del posizionamento del valore medio di portata in esame rispetto alla fascia definita attraverso il calcolo della media \pm la deviazione standard; il colore blu rappresenta situazioni il cui valore ricade all'interno della suddetta fascia, mentre valori al di sotto della soglia inferiore (media - la deviazione standard) sono rappresentati dal colore arancione e, infine, valori al di sopra della soglia superiore (media + la deviazione standard) sono rappresentati dal colore verde.



Regione Toscana

Direzione Regionale Difesa del Suolo e Protezione Civile
Genio Civile di Bacino Toscana Nord e Servizio Idrologico Regionale
Centro Funzionale della Regione Toscana

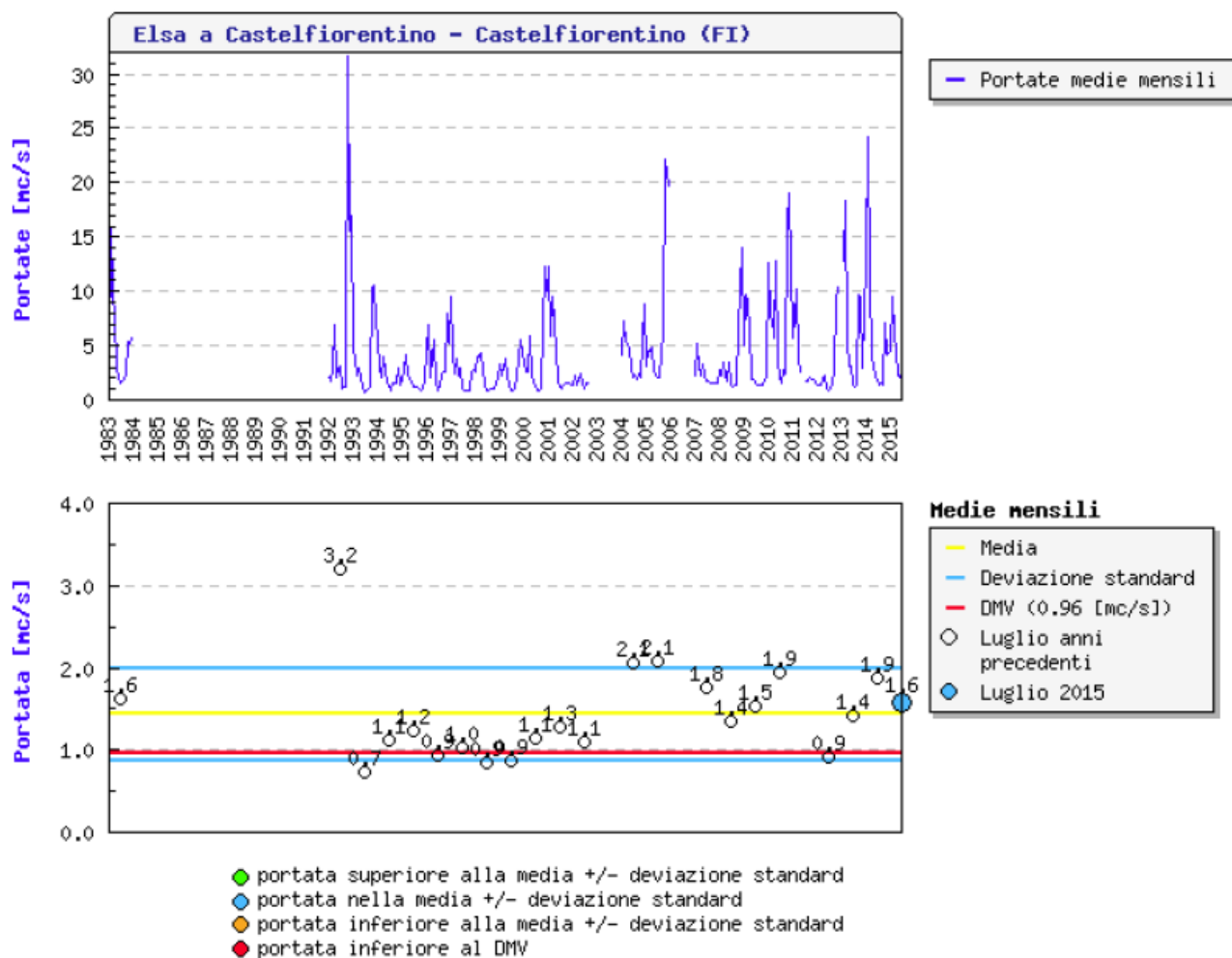


Figura 10 - Portate medie mensili¹

¹ http://www.sir.toscana.it/supports/download/report/report_idrometria_2015-07.pdf

2.3.3 Individuazione criticità estive - Scheda di sintesi AdB Arno

Si riporta di seguito la scheda elaborata dalla Autorità di Bacino dell'Arno² relativa all'area di interesse coprendo il bacino compreso tra Castelfiorentino e la confluenza con l'Arno.

Autorità di bacino del fiume Arno

Individuazione criticità estive - Scheda di sintesi **tratto**

codice	7012 successivo: 7013
bacino	elsa
tratto	36937 successivo: 27239
descrizione	Elsa Media

Tipo e periodo bilancio	Volume [Mlmc]	Q ₁₀ [mc/s]	Q ₃₀ [mc/s]	Q ₆₀ [mc/s]	Q ₉₁ [mc/s]	Q ₁₃₅ [mc/s]	Q ₁₈₂ [mc/s]	Q ₂₇₄ [mc/s]	Q ₃₅₅ [mc/s]	Q _{7,2} [mc/s]	giorni critici
Bilancio idrologico - Anno	101.79	10.781	8.436	6.373	4.358	2.902	1.968	0.631	0.038	0.961	61
Bilancio idrologico - Estate	17.17	7.363	4.297	2.794	1.990	1.409	0.959	0.366	0.028	0.961	61
Bilancio idrico - Anno	104.00	10.827	8.481	6.435	4.421	2.974	2.033	0.715	0.144	0.961	58
Bilancio idrico - Estate	18.02	7.444	4.361	2.872	2.061	1.481	1.038	0.455	0.138	0.961	58

² http://www.adbarno.it/arnoriver/scheda_tratto.php?tratto=36937

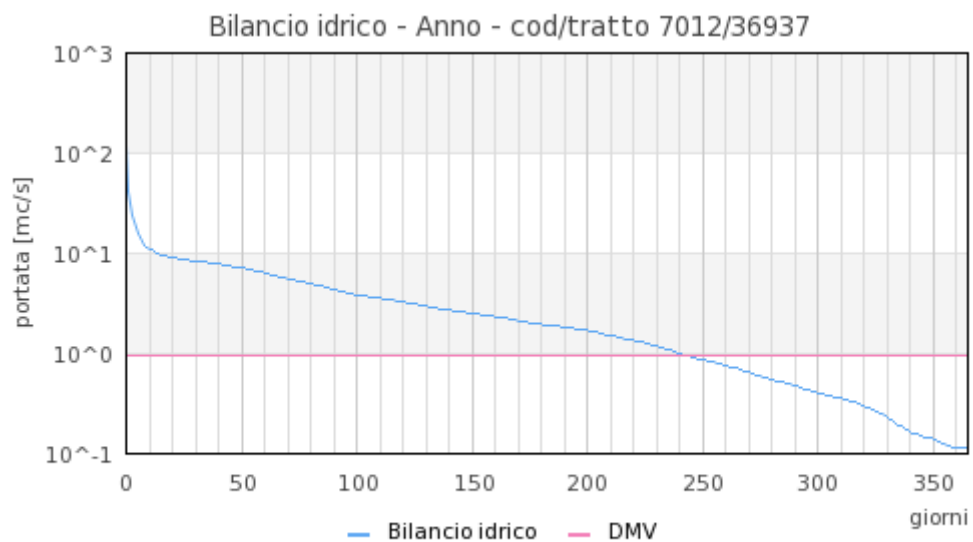


Figura 11 - Bilancio idrico – Anno

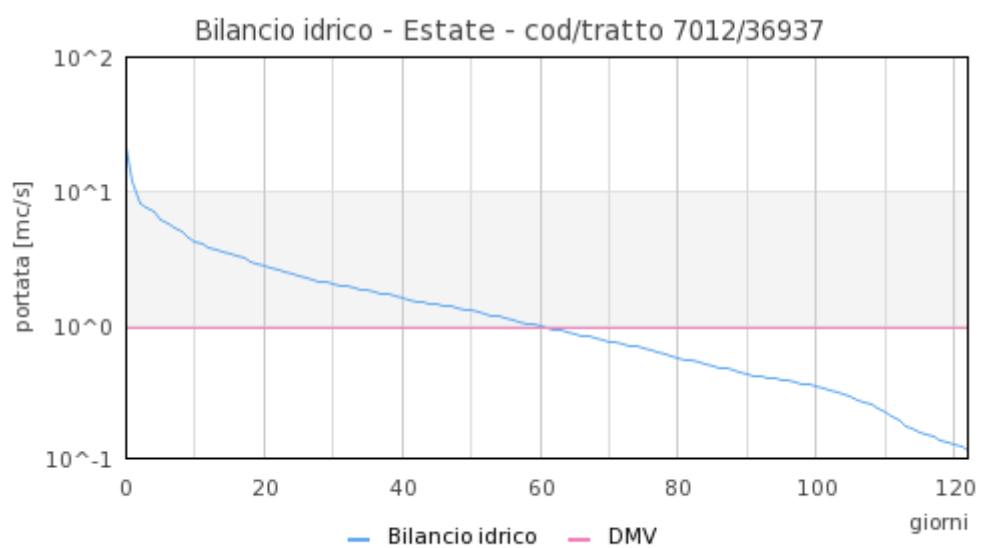


Figura 12 - Bilancio idrico - Estate

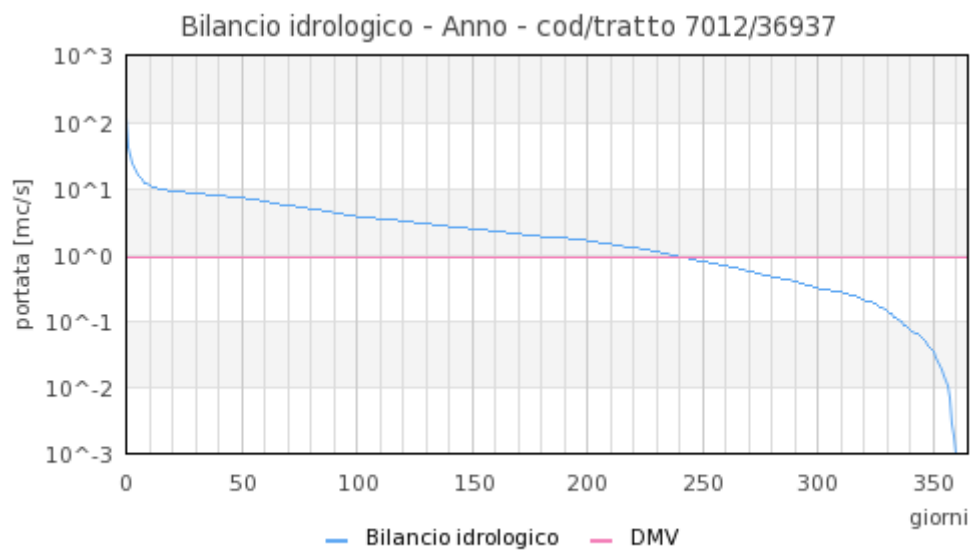


Figura 13 - Bilancio idrologico – Anno

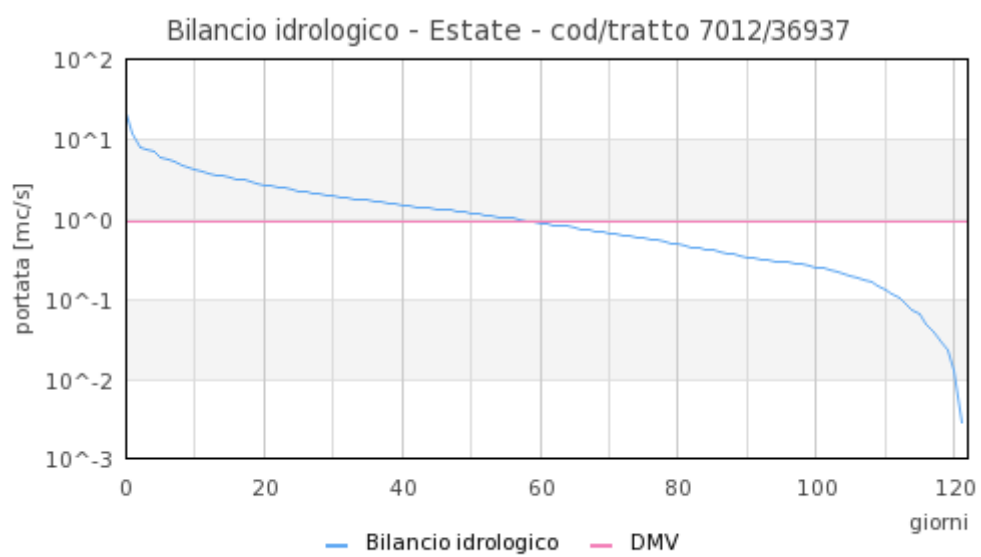


Figura 14 - Bilancio idrologico - Estate

2.3.4 Salto

Il salto totale misurato fra il pelo libero a monte ed a valle della briglia è di circa 4.0 m., da quota 33.85 m.s.l.m. a quota 29,85 m.s.l.m.

Il livello di monte si mantiene pressoché costante, al di fuori degli eventi eccezionali di piena.



Figura 15 - Briglia di Molin Nuovo

2.4 *Indagine sedimentologica*

Ci troviamo nella pianura alluvionale, caratterizzata da sedimenti di ambiente fluviale, rilasciati dalle fasi deposizionali del F. Arno e del F. Elsa, terreni descritti in letteratura come “depositi alluvionali attuali e recenti”, costituiti principalmente da alternanze di sabbie, argille limi con intercalazioni più grossolane; in particolare i litotipi prevalenti sono costituiti da argille, argille limoso sabbiose e limi. La pianura alluvionale è delimitata nella sua parte settentrionale dalle colline cerretesi costituite da sabbie, argille e sabbie limose giallastre e ocracee.

Le perforazioni eseguite (pozzi, penetrometrie e sondaggi meccanici) confermano questa alternanza di sedimenti alluvionali, che nei primi metri vede soprattutto la presenza di sedimenti a litologia più fine (limi argillosi, argille e limi sabbiosi).

Il trasporto solido nel tratto di interesse è costituito essenzialmente di limi argillosi e sabbiosi.

2.5 Indagine ambientale

Il tratto interessato dell'Elsa non è caratterizzato da peculiari caratteristiche ambientali, dalla presenza di specie a rischio e meritevoli di tutela ai sensi della L.R.7/2005 e per la sua natura pianeggiante non è oggetto di attività sportive di tipo canoistico.

2.5.1 Qualità delle acque

Si riportano di seguito le osservazioni riportate del Dott. Thomas Busatto nella relazione specialistica.

Per quanto riguarda le caratteristiche del fiume Elsa si è proceduto a un'indagine consultando studi differenti: quelli effettuati da ARPAT, le schede del “Piano di Bacino Stralcio Bilancio Idrico” dell’Autorità di Bacino dell’Arno e le informazioni presenti nella banca dati del Distretto Appennino Settentrionale. Nella Figura 16 è riportato lo stato qualitativo della risorsa idrica fiume Elsa a monte della futura opera idroelettrica.

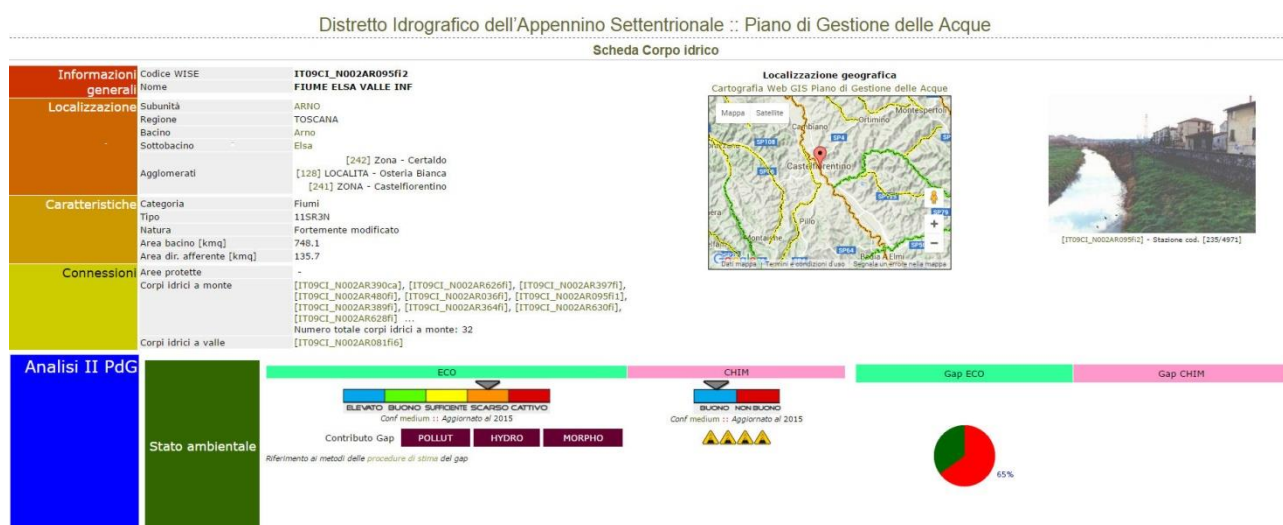


Figura 16 - Stato qualitativo della risorsa idrica fiume Elsa

Nel tratto a monte dell'opera, il fiume risulta fortemente modificato.

Osservando le schede di sintesi n. 30 e n. 31 si può osservare che il fiume Elsa ha un indice di funzionalità fluviale (IFF) mediocre ed uno stato di qualità 3 (sufficiente) fino alla stazione di monitoraggio di Castelfiorentino (Figura 16) e che poi vi è un peggioramento globale della condizione ambientale con il passaggio ad un indice di funzionalità fluviale (IFF) mediocre-scadente ed uno stato di qualità 4 (scadente) (Figura 17).

Autorità di bacino del fiume Arno
Individuazione criticità estive - Scheda di sintesi **sezione/sottobacino**

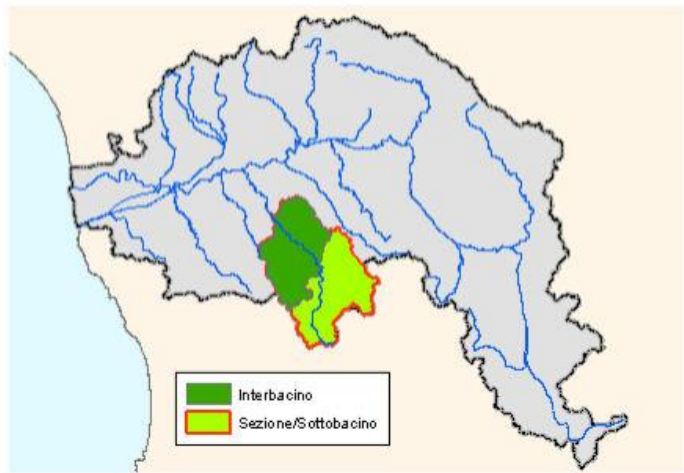
Caratterizzazione	Num. scheda	30
	Corso d'acqua	Fiume Elsa
	Nome	Elsa Media
	Codice	7012 - [collegamento scheda interbacino]
Collocazione geografica	 <p>Legend: ■ Interbacino ■ Sezione/Sottobacino</p>	
Monitoraggio	Stazione idrometrica di riferimento	Castelfiorentino
	Stazione monitoraggio biologico	Castelfiorentino
Caratteristiche morfologiche	Area [kmq]	774,6
	Elevazione media [m slm]	247,4
	Pendenza media [%]	18,4
Caratteristiche idrologiche	Q _{7,2} [mc/s]	0,961
	Q _{7,10} [mc/s]	0,607
Caratteristiche ambientali (sezione)	Vocazione ittica (specie target)	barbo
	Indice di Funzionalità Fluviale	mediocre
	Stato Qualità	3 (sufficiente)
Deflusso minimo vitale	DMV [mc/s]	0,961
	DMV [Mmc/anno]	30,33
Uso del Suolo	Corine Land Cover	Classe 1 (Territori modellati artificialmente) [%] 2,8 Classe 2 (Territori agricoli) [%] 59,3 Classe 3 (Territori boscati e ambienti semi-naturali) [%] 37,9 Classe 4 (Zone umide) [%] 0,0 Classe 5 (Corpi idrici) [%] 0,0
Pressione antropica	Prelievi medi per fonte di approvvigionamento	acque superficiali [mc/s] 0,082 sorgenti [mc/s] 0,018 subalveo [mc/s] 0,145

Figura 17 - Scheda di sintesi n. 30 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: ADB Arno)

	Prelievo medio totale [mc/s]	0,245
	Restituzione media da impianti di depurazione [mc/s]	-0,216
	Prelievo totale netto medio [mc/s]	0,029
	Prelievo netto specifico [l/s/Kmq]	0,04
	Volume prelevato netto [Mmc]	0,3
	Prelievi per tipologia	idropotabile [mc/s] 0,168 irriguo [mc/s] 0,052 industriale+servizi [mc/s] 0,025 venatorio [mc/s] 0,000
	Contributo prelievi netti interbacini di monte	Elsa Alta [mc/s] 0,013
Bilancio idrico	Curva di durata	Q60 [mc/s] 1,038 Q90 [mc/s] 0,455 Q120 [mc/s] 0,138
	Volume netto defluito estivo [Mmc]	18,0
Criticità idrica	Numero di giorni critici (Q<Q7,2)	58
	Classe di criticità bilancio idrico	3
Criticità idriche monte/valle	Criticità max valle [classe]	3
	Criticità sezioni/sottobacini di monte [classe]	Elsa Alta 3

Autorità di bacino del Fiume Arno :: 2008

Figura 18- scheda di sintesi n. 30 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: AdB Arno)

L'Indice di Funzionalità Fluviale consente di comprendere lo stato ambiente di un corso d'acqua, la sua struttura morfologica, la sua idoneità per la vita della fauna ittica e dei macroinvertebrati, nonché la funzionalità delle sue componenti abiotiche (morfologiche, strutturali) e biotiche (vegetazione in alveo, vegetazione riparia e vegetazione perifluviale).

L'IFF permette di individuare sia i tratti di corso d'acqua ad alta valenza ecologica che quelli degradati, evidenziandone le criticità funzionali e valutandone l'eventuale grado di allontanamento dalla condizione di massima funzionalità

Nella Figura 18 e nella Figura 21 sono riportate anche le classi di criticità di bilancio idrico del Fiume Elsa che sono rispettivamente di 3 per il sottobacino "Elsa media" e 2 per il sottobacino "Elsa confluenza con Arno". La classe di criticità di bilancio idrico è un indicatore che esprime del numero di gg. in cui la portata è inferiore al DMV nel bilancio idrico del periodo estivo. L'uso del suolo è prevalentemente agricolo in entrambe le schede. La pressione antropica sulla risorsa

idrica per tipologia, si suddivide principalmente tra uso irriguo, dovuto alla presenza di coltivazione intensiva e uso idropotabile, per la presenza di numerosi insediamenti urbani.

Autorità di bacino del fiume Arno
Individuazione criticità estive - Scheda di sintesi **interbacino**

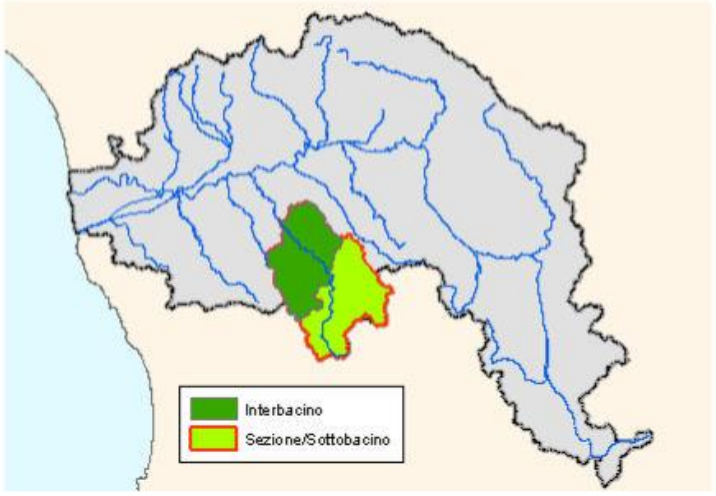
Caratterizzazione	Num. scheda	30
	Corso d'acqua	Fiume Elsa
	Nome	Elsa Media
	Codice	7012 - [collegamento scheda sottobacino]
Collocazione geografica	 <p>Legend: ■ Interbacino ■ Sezione/Sottobacino</p>	
Caratteristiche idrologiche	Area [kmq]	371,1
	Contributo interbacino Q _{7,2} [mc/s]	0,453
	Contributo interbacino Q _{7,10} [mc/s]	0,286
Uso del Suolo	Corine Land Cover	Classe 1 (Territori modellati artificialmente) [%] 2,3 Classe 2 (Territori agricoli) [%] 61,8 Classe 3 (Territori boscati e ambienti semi-naturali) [%] 35,9 Classe 4 (Zone umide) [%] 0,0 Classe 5 (Corpi idrici) [%] 0,0
Pressione antropica	Prelievi per fonte di approvvigionamento	acque superficiali [mc/s] 0,009 sorgenti [mc/s] 0,016 subalveo [mc/s] 0,110
	Prelievi totali [mc/s]	0,135
	Restituzioni da impianti di depurazione [mc/s]	-0,120
	Prelievi totali netti medi [mc/s]	0,016
	Prelievo netto specifico [l/s/Kmq]	0,040
	Volume prelevato netto [Mmc]	0,2
	Prelievi per tipologia	idropotabile [mc/s] 0,083 irriguo [mc/s] 0,042 industriale+servizi [mc/s] 0,010 venatorio [mc/s] 0,000

Figura 19 -scheda di sintesi n. 30 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: ADB Arno)

Autorità di bacino del fiume Arno
Individuazione criticità estive - Scheda di sintesi **sezione/sottobacino**

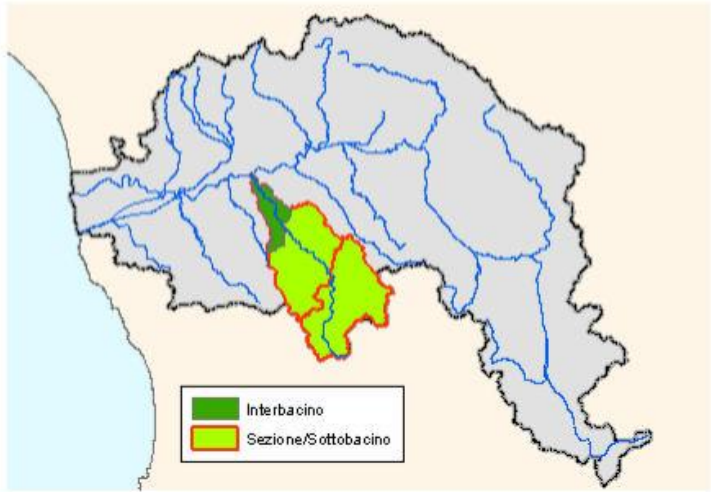
Caratterizzazione	Num. scheda	31
	Corso d'acqua	Fiume Elsa
	Nome	Elsa confluenza con Arno
	Codice	7013 - [collegamento scheda interbacino]
Collocazione geografica	 <p>Legend: ■ Interbacino ■ Sezione/Sottobacino</p>	
Monitoraggio	Stazione idrometrica di riferimento	n.d.
	Stazione monitoraggio biologico	n.d.
Caratteristiche morfologiche	Area [kmq]	861,0
	Elevazione media [m slm]	232,1
	Pendenza media [%]	18,1
Caratteristiche idrologiche	Q _{7,2} [mc/s]	1,054
	Q _{7,10} [mc/s]	0,666
Caratteristiche ambientali (sezione)	Vocazione ittica (specie target)	n.d.
	Indice di Funzionalità Fluviale	mediocre-scadente
	Stato Qualità	4 (scadente)
Deflusso minimo vitale	DMV [mc/s]	1,054
	DMV [Mmc/anno]	33,26
Uso del Suolo	Corine Land Cover	Classe 1 (Territori modellati artificialmente) [%] 3,0 Classe 2 (Territori agricoli) [%] 61,3 Classe 3 (Territori boscati e ambienti semi-naturali) [%] 35,7 Classe 4 (Zone umide) [%] 0,0 Classe 5 (Corpi idrici) [%] 0,0
Pressione antropica	Prelievi medi per fonte di approvvigionamento	acque superficiali [mc/s] 0,170 sorgenti [mc/s] 0,019 subalveo [mc/s] 0,208

Figura 20- Scheda di sintesi n. 31 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: ADB Arno)

	Prelievo medio totale [mc/s]	0,397
	Restituzione media da impianti di depurazione [mc/s]	-0,342
	Prelievo totale netto medio [mc/s]	0,055
	Prelievo netto specifico [l/s/Kmq]	0,06
	Volume prelevato netto [Mmc]	0,6
	Prelievi per tipologia	idropotabile [mc/s] 0,210 irriguo [mc/s] 0,134 industriale+servizi [mc/s] 0,053 venatorio [mc/s] 0,000
	Contributo prelievi netti interbacini di monte	Elsa Alta [mc/s] 0,013 Elsa Media [mc/s] 0,016
Bilancio idrico	Curva di durata	Q60 [mc/s] 1,784 Q90 [mc/s] 1,109 Q120 [mc/s] 0,727
	Volume netto defluito estivo [Mmc]	26,8
Criticità idrica	Numero di giorni critici ($Q \leq Q_{7,2}$)	26
	Classe di criticità bilancio idrico	2
Criticità idriche monte/valle	Criticità max valle [classe]	2
	Criticità sezioni/sottobacini di monte [classe]	Elsa Alta 3 Elsa Media 3

Figura 21 - Scheda di sintesi n. 31 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: ADB Arno)

Autorità di bacino del fiume Arno
Individuazione criticità estive - Scheda di sintesi **interbacino**

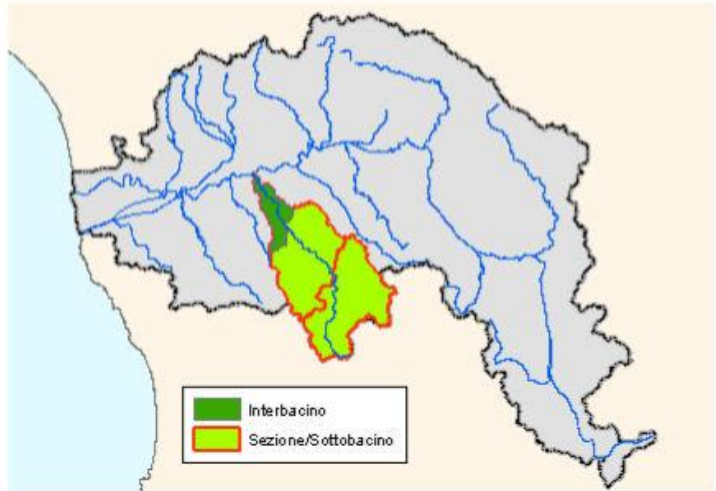
Caratterizzazione	Num. scheda	31
	Corso d'acqua	Fiume Elsa
	Nome	Elsa confluenza con Arno
	Codice	7013 - [collegamento scheda sottobacino]
Collocazione geografica		
Caratteristiche idrologiche	Area [kmq]	86,3
	Contributo interbacino Q _{7,2} [mc/s]	0,093
	Contributo interbacino Q _{7,10} [mc/s]	0,059
Uso del Suolo	Corine Land Cover	Classe 1 (Territori modellati artificialmente) [%] 4,6 Classe 2 (Territori agricoli) [%] 79,5 Classe 3 (Territori boscati e ambienti semi-naturali) [%] 15,9 Classe 4 (Zone umide) [%] 0,0 Classe 5 (Corpi idrici) [%] 0,0
Pressione antropica	Prelievi per fonte di approvvigionamento	acque superficiali [mc/s] 0,088 sorgenti [mc/s] 0,000 subalveo [mc/s] 0,064
	Prelievi totali [mc/s]	0,152
	Restituzioni da impianti di depurazione [mc/s]	-0,126
	Prelievi totali netti medi [mc/s]	0,026
	Prelievo netto specifico [l/s/Kmq]	0,300
	Volume prelevato netto [Mmc]	0,3
	Prelievi per tipologia	idropotabile [mc/s] 0,042 irriguo [mc/s] 0,082 industriale+servizi [mc/s] 0,028 venatorio [mc/s] 0,000

Figura 22- Scheda di sintesi n. 31 relativa alla sezione/sottobacino del fiume Elsa (fonte: ADB Arno)

2.5.2 Caratteristiche delle acque superficiali

Come base per valutare lo stato ecologico del Fiume Elsa sono stati utilizzati i dati del report ARPAT del luglio 2013 su: “Monitoraggio delle acque. Rete di Monitoraggio Acque Superficiali interne fiumi, laghi e acque di transizione. Risultati 2015 e triennio 2013-2015”.

Il report è stato redatto sulla base dei risultati ottenuti dalla nuova rete di monitoraggio MAS dell'ARPAT e contiene gli indici necessari alla valutazione dello stato ecologico e lo stato chimico ai sensi del DM 260/2010.

Per la valutazione dello stato ecologico sono stati considerati gli elementi di qualità biologica (come l'Indice diastomico, l'Indice che analizza la comunità macrobentonica etc), il Lim_{ECO} e gli inquinanti chimici di tab. 1B.

Lo stato ecologico prevede cinque classi di qualità, mentre lo stato chimico ne prevede due (vedi tabelle). Lo stato chimico è stato elaborato dai risultati ottenuti per le sostanze prioritarie e pericolose della tab. 1A.

Il valore assegnato allo stato ecologico equivale al PEGGIORE tra i valori degli indici biologici, del Lim_{ECO} e del valore medio delle sostanze chimiche di tab1B.

L'indice che valuta lo stato dei corsi d'acqua in base alla comunità di macrofite acquatiche è stato applicato su un numero limitato di stazioni di monitoraggio a causa di un numero limitato di operatori esperti, mentre per quanto concerne l'ISECI (Indice che valuta la qualità delle acque in base alla fauna ittica) i dati sono stati elaborati dalle Province.

Le medie annue di tab. 1B sono state interpretate nel seguente modo:

- stato elevato, se tutte le determinazioni risultano <LR (limite di rilevabilità del metodo analitico)
- stato buono, se la media delle determinazioni è < SQA (Standard Qualità Ambientale)
- stato sufficiente, quando la media di una sostanza risulta > SQA.

Le frequenze di campionamento previste sono di 4 volte /anno per i parametri chimici i cui risultati determinano il giudizio di Lim_{ECO}, di 2 volte /anno per gli indicatori biologici e di 6 volte /anno per le sostanze pericolose di tab.1B.

Lo stato chimico è calcolato sulla base dei risultati delle analisi delle sostanze prioritarie di cui alla tab1A. Secondo accordi con la Regione Toscana il numero dei campionamenti previsto è pari ad almeno 6 (al posto di 12), ma vista la non completezza di tutti i set analitici, è stata effettuata la media anche in presenza di un numero inferiore di dati.

Per la caratterizzazione del sito si sono utilizzati i risultati di due stazioni di rilevamento posta sul fiume Elsa, una MAS 135 è posta a monte della confluenza con il Fiume Arno e l'altra MAS 134 situata nei pressi di Poggibonsi.

La stazione di rilevamento MAS 135 è posta a valle del sito interessato all'impianto mentre la MAS 134 è più a monte.

I dati biologici rilevati hanno mostrato nell'anno 2015: un giudizio diatomee elevato sia nella stazione MAS 135 che nella MAS 134, un giudizio benthos scarso nella stazione di valle (MAS 135) e sufficiente nella stazione di monte (MAS 134) ed infine le macrofite hanno evidenziato un giudizio scarso nella stazione MAS 135 e elevato nella MAS 134.

Per quanto concerne il giudizio LIM_{ECO} questo è risultato sufficiente nella stazione MAS 135 e non è stato rilevato nel 2015 nella stazione MAS 134.

I dati hanno portato alla determinazione finale di uno stato ecologico del fiume "scarso" in entrambe le stazioni di controllo.

Per quanto riguarda lo stato chimico, il fiume Elsa mostra un giudizio da pesticidi (tb1B) "scarso" per la presenza di TBT ed il risultato finale determina uno stato chimico del fiume "scarso".

Il sito interessato all'opera, inoltre, presenta un livello di antropizzazione abbastanza elevato, con argini del fiume in pietra o in cemento, opere idrauliche come briglie e alveo costituito per lo più da ciottoli e massi e ampi tratti della riva rocciosi. La vegetazione riparia è assai ridotta e conferisce all'alveo scarso ombreggiamento.

2.6 Valutazione ipotesi progettuali

Nel progetto è previsto un passaggio posti a ridosso dei manufatti di centrale, in sponda idraulica destra.

Il passaggio in progetto è definito “passaggio tecnico” secondo la nomenclatura organizzata dalla più recente bibliografia internazionale e definitivamente ufficializzata dalla nuova Commissione Europea “EIFAC Working Party for Fish Passage Best Practises” – istituita dalla FAO con sede a Roma:

- *Passaggi tecnici (technical fishpasses): gruppo di opere, con funzionamento testato ed omologato dal punto di vista idraulico, ad elevata funzionalità; apparentemente simili a comuni opere di ingegneria civile sono realizzati tramite uso di murature (essenzialmente C.A. per realizzare il canale principale) e parti metalliche o meccaniche come paratoie, diaframmi, deflettori, ecc. Il loro aspetto non tende ad imitare o ricreare condizioni d'alveo naturali. Sono il gruppo tipologico di maggior utilizzo in tutto il mondo per la grande adattabilità a più svariati scenari.*

È stata valutata l'ipotesi di realizzare dei passaggi per pesci di caratteristiche più vicine alla naturalità quali le rampe in pietrame, ma si sono dovute scartare per ragioni di efficacia. Infatti tali soluzioni richiedono pendenze massime dell'ordine di 1:25³ e quindi per il salto in oggetto pari a circa 4.0 m se inserite nel corpo briglia risulterebbero sicuramente troppo ripide per essere fruibili dalla ittiofauna e viceversa richiederebbero una estensione longitudinale di circa 100 m con un poderoso impatto sul tratto del fiume interessato sia dal punto di vista di impatto ambientale che alterazione idraulica, inficiandone i benefici ottenuti.

³ Manuale di riferimento Fish passes – Design, dimensions and monitoring" rilasciato da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) e DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. - German Association for Water Resources and Land Improvement)



Figura 23 - Vista del sito di realizzazione del passaggio per pesci

La corretta progettazione di un passaggio per pesci deriva da una esaustiva analisi delle caratteristiche ambientali dell'area di studio, che devono riguardare in particolare gli aspetti idrologici del corso d'acqua e la caratterizzazione della fauna ittica presente. Di questi aspetti si è tenuto conto nella progettazione della soluzione idonea al sito in oggetto seguendo le "*Linee guida per la progettazione, valutazione tecnica e pianificazione di passaggi artificiali per pesci*"⁴ emanate dalla Regione Toscana (vedi pagina seguente).

La tipologia individuata come migliore nel caso in progetto è quella cosiddetta **“a fenditure verticali”**.

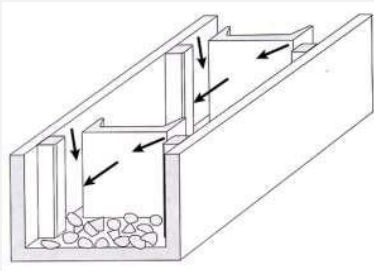
⁴ "LINEE GUIDA per la progettazione, valutazione tecnica e pianificazione di PASSAGGI ARTIFICIALI PER PESCI" dr. Paolo Banti, dr. Silvio Ghisolfi, Prof. Mario Falciai, dr. Maurizio Barneschi, dr. Enrico Pini Prato - Regione Toscana 2009



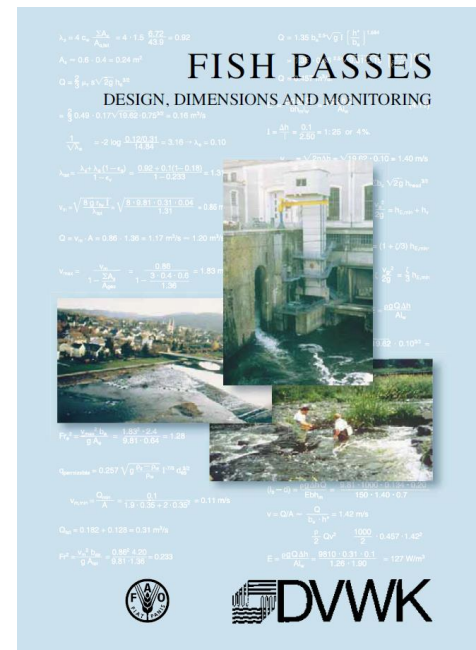
Figura 24 - Esempio di analogo passaggio per pesci sul fiume Dora Riparia⁵.

⁵ “La progettazione dei passaggi per pesci: il contributo italiano nella nuova commissione F.A.O. - Working Party On Fish Passage Best Practices” Mauro FERRI, Enrico PINI PRATO, Claudio COMOGLIO & Gerd MARMULLA Studi Trent. Sci. Nat., 87 (2010): 33-37, Trento 2010

**PASSAGGI TECNICI**

schema	caratteristiche tecniche	vantaggi, svantaggi, efficacia
 Vertical slot	Passaggio a fenditure verticali generalmente costituito da un canale in muratura con setti divisorii in muratura oppure legno/metallo con 1 o 2 fenditure che si estendono per tutta l'altezza della parete. I bacini hanno dimensioni minime di 1,90 m di lunghezza ed 1.20 di larghezza, almeno 0,80 m profondità; portata minima utilizzabile da circa 150 l/s fino a molti m ³ /s. Usati per piccoli medi ed elevati salti d'acqua, risultano adatti a far fronte a grandi variazioni di livello del fiume senza compromettere la propria efficacia. Adatti sia per piccoli che grandi corsi d'acqua.	Possono essere dimensionati per grandi portate risultando quindi molto attrattivi. Più funzionali dei passaggi a bacini per i minori rischi di intasamento delle fenditure. Attualmente rappresentano i migliori tipi di passaggi tecnici, essendo adatti per tutte le specie e possono essere utilizzati anche da invertebrati se il fondo viene naturalizzato con pietrame misto.
 Pool and weir	Passaggi a bacini successivi generalmente in muratura con setti divisorii in muratura, legno o metallo con 1 fenditura laterale ed 1 orifizio sul fondo. Le pareti presentano le fenditure alternate a destra e sinistra. Bacini con lunghezza minima 1,40 m e larghezza 1,00 m; portate utilizzabili da 50 fino a 500 l/s. Usati per piccoli e medi salti d'acqua, risultano adatti per sbarramenti idroelettrici o per manufatti di sistemazione dell'alveo.	Permettono soltanto l'utilizzo di portate relativamente basse, potendo così risultare poco attrattivi. Possono esserci notevoli rischi di intasamento con i detriti fluitati. Adatti per tutte le specie se le dimensioni dei bacini sono scelte in funzione della specie "target" da favorire.
 Denil	Canali in muratura, legno o metallo con deflettori sagomati a "U" e posti con angolazione a 45°. Possono avere larghezza variabile tra 0,6-0,9 m, pendenza massima $I=1:5$ e lunghezza 6-8 m. Oltre queste lunghezze è previsto l'uso di "resting pools" per la stabulazione del pesce. Utilizzano portate di almeno 250 l/s. Adatti per piccoli dislivelli, soprattutto per riabilitare vecchi mulini ove vi è poco spazio. Per dislivelli maggiori si devono realizzare delle "resting pools" tra un tratto e l'altro.	Non si usano in presenza di forti variazioni di livello del fiume e utilizzano portate relativamente alte; occupano tuttavia poco spazio e creano correnti molto attrattive. Risultano non molto adatti a specie deboli o pesci molto piccoli; sono invalicabili per la fauna bentonica.

Per il dimensionamento idraulico è stato seguito il manuale tecnico "*Fish passes – Design, dimensions and monitoring*" rilasciato da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) e DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. - German Association for Water Resources and Land Improvement), che individua come idonea tipologia i passaggi vertical slot anche per specie target presenti nel sito di interesse.



This type of construction has proven excellent both for large salmonids and the economically significant allis shad (*Alosa alosa*) as well as for cyprinids.

Figura 25 – Estratto manuale FAO

3 STUDIO DI PROGETTO (M2-SP)

3.1 Scelta tipologia impianto

Per le ragioni esposte al Paragrafo 2.6 è stata fatta la scelta della tipologia di **passaggio per pesci a fenditure verticali (“vertical slot”)**, adatta per il salto da superare, per le portate in gioco e per la tipologia del corso d’acqua.

Sono costituiti da un canale in muratura con setti divisorii con fenditure che si estendono per tutta l'altezza della parete. Risultano adatti per piccoli, medi salti d'acqua come il caso in oggetto e maggiormente funzionali dei passaggi a bacini per i minori rischi di intasamento delle fenditure dovute all'accumulo di sedimenti. Sono attualmente riconosciuti come la migliore tipologia di passaggi tecnici per l'ittiofauna

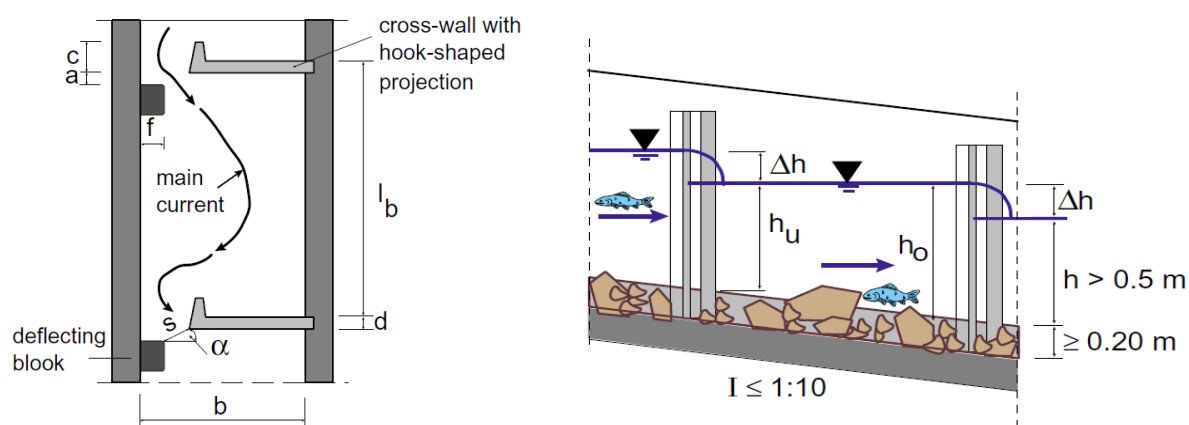


Figura 26 - Schema passaggio a fenditure verticali (slot)

Le dimensioni ed il numero delle vasche sono stati progettati in modo da rispettare i parametri di confort per l'ittiofauna interessata:

- velocità massima ammissibile dell'acqua $v_{\max} = 2 \text{ m/s}$
- dislivello tra i livelli delle vasche Δh : massimo 0,2 m
- pendenza del passaggio massimo: 1:10
- massima energia dissipata⁶ per non avere eccessiva turbolenza $E = 150 \text{ W/m}^3$

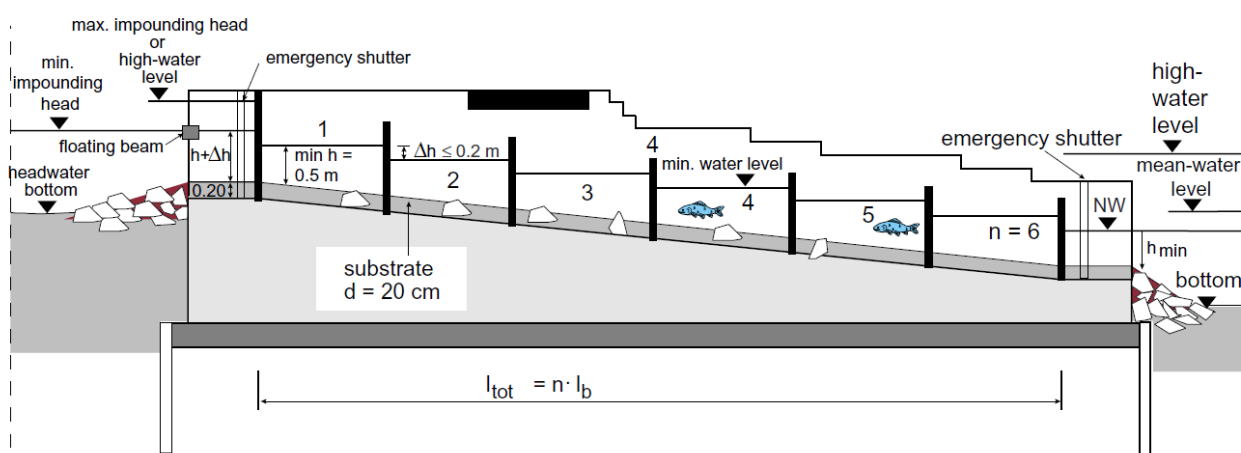


Figura 27 - Schema longitudinale passaggio a fenditure verticali (slot)

⁶ Valore di riferimento per la popolazione ittica residente caratterizzata principalmente da ciprinidi reofili. Per queste specie la potenza dissipata all'interno dei bacini deve essere al massimo di 150 W/m^3 , come indicato nelle "Linee guida per la progettazione e il monitoraggio dei passaggi per la libera circolazione della fauna ittica" della Regione Piemonte"

3.2 Relazione tecnica

Le dimensioni ed il numero delle vasche sono stati progettati in modo da rispettare i parametri di confort per l'ittiofauna interessata:

- velocità massima ammissibile dell'acqua $v_{\max} = 2 \text{ m/s}$
- dislivello tra i livelli delle vasche Δh : massimo 0,2 m
- pendenza massima del passaggio 1:10
- massima energia dissipata per non avere eccessiva turbolenza $E = 150 \text{ W/m}^3$

Naturalmente il dimensionamento dovrà tener conto del massimo salto da superare:

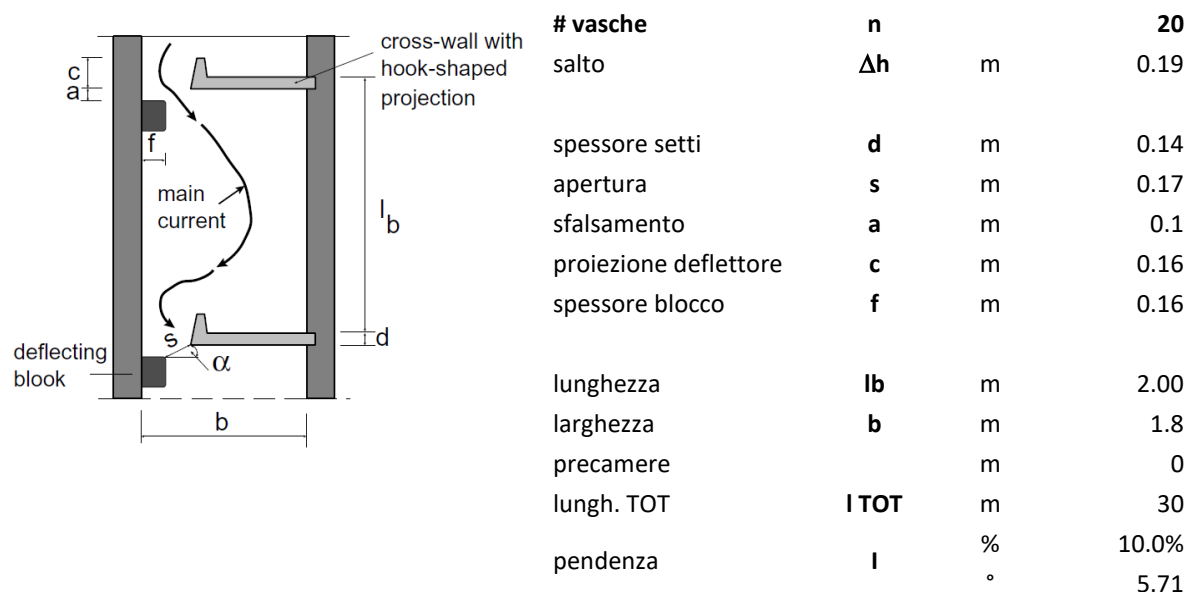
quota monte	z_{HW}	m s.l.m.	33.85
quota valle	z_{TW}	m s.l.m.	29.85
salto MAX	h_{TOT}	m	4.00

Ne consegue che dato un salto massimo $\Delta h = 0.20 \text{ m}$ sono necessarie:

$$n = \frac{h_{tot}}{\Delta h} - 1 = 19 \text{ vasche}$$

Al fine di non avere velocità al limite con il range di ammissibilità verranno quindi previste 20 vasche.

In letteratura l'ampiezza tipica delle fessure è di 17 cm. Si riportano di seguito i parametri dimensionali di progetto:



La velocità negli slot risulta quindi data dalla nota formula:

$$v_s = \sqrt{2g\Delta h}$$

La velocità negli slot risulta quindi $V_s = 1.93 \text{ m/s}$ inferiore ai valori massimi di riferimento.

Infatti velocità in corrispondenza della fessura è inferiore a quanto previsto per il barbo, specie ciprinicola reofila di interesse comunitario; questo ciprinide reofilo può arrivare ad una velocità massima allo scatto di 2 m/s, come indicato nelle “Linee guida per la progettazione e il monitoraggio dei passaggi per la libera circolazione della fauna ittica” della Regione Piemonte” (vedi Figura 28).

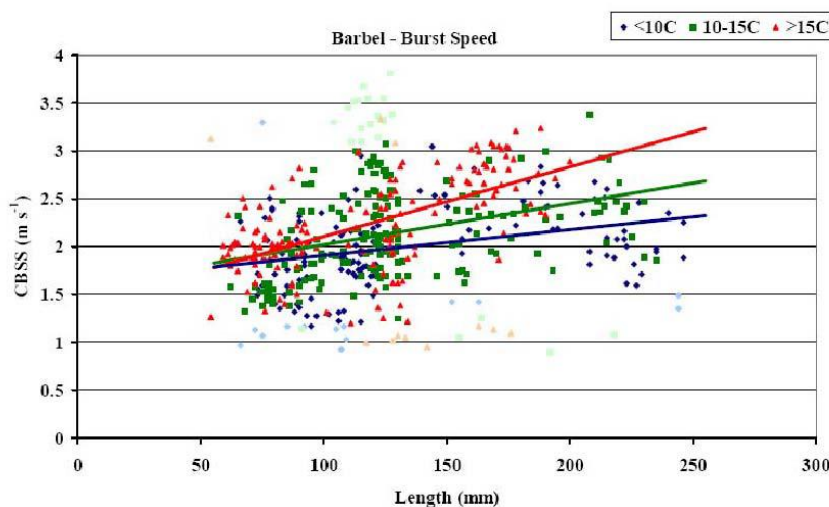


Figura 28 – Velocità allo scatto del barbo

Sul fondo delle vasche è previsto un fondo di circa 20 cm costituito da ciottolame di fiume intasato che consente di ulteriormente diminuire la velocità del flusso vicino al fondo, diminuendo lo sforzo del pesce nella fase di risalita.

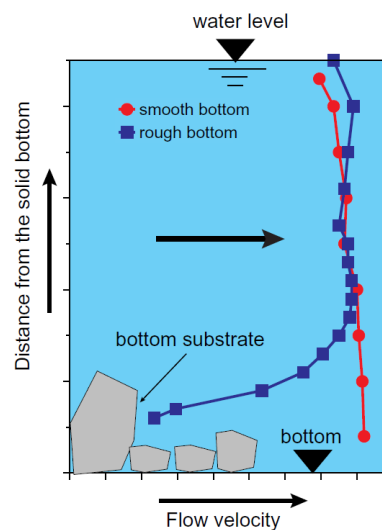


Figura 29 - Andamento del profilo di velocità nelle vasche

La portata smaltita da ciascun passaggio per i pesci è data da:

$$Q = \frac{2}{3} \mu_r s \sqrt{2g} h_o^{3/2}$$

Dove il coefficiente μ_r è dato dalle seguenti correlazioni sperimentali:

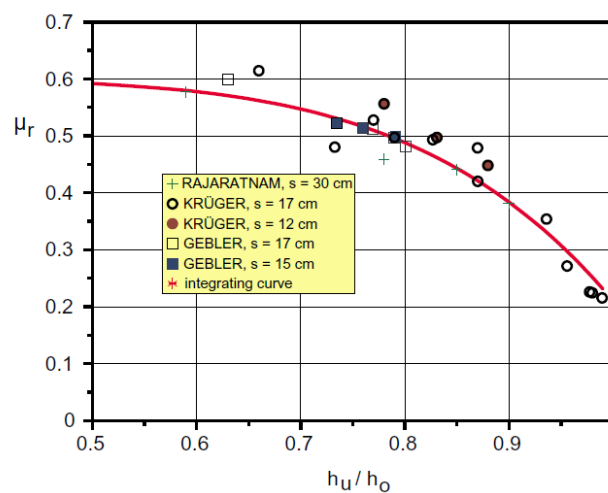
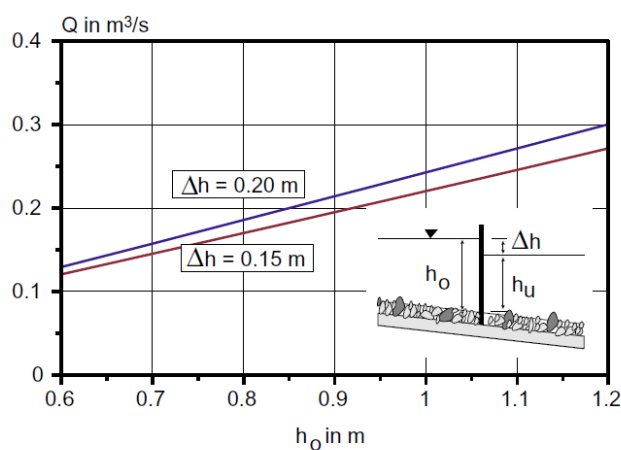


Figura 30 - Correlazioni di deflusso nelle fessure

e quindi dati:

$$h_0 = 0.7 \text{ m}$$

$$h_u = 0.51 \text{ m}$$

$$h_u/h_0 = 0.73$$

$$\mu_r = 0.54$$

$$h_m = 0.60 \text{ m}$$

la portata smaltita da ciascun passaggio è $Q = 159 \text{ l/s}$

Per garantire una bassa turbolenza del flusso nelle vasche, la potenza volumetrica di dissipazione deve essere inferiore al valore di soglia di 150 W/m^3 come indicato negli studi di LARNIER, ed è data dalla formula che tiene conto dei parametri caratteristici del flusso quali salti e portata e la geometria delle vasche:

$$E \approx \frac{\rho g \Delta h Q}{b h_m (l_b - d)}$$

Risulta quindi $E = 146.5 \text{ W/m}^3 < \text{valore guida}$.

3.3 Verifica CFD

La trattazione classica sopra esposta per sua natura intrinseca non può che ignorare gli aspetti tridimensionali del flusso all'interno delle vasche.

Per investigare il funzionamento è provveduto ad effettuare una verifica fluidodinamica tridimensionale agli elementi finiti del passaggio artificiale per ittiofauna.

Il dominio è stato discretizzato tramite una mesh esaedrica di ~550.000 elementi.

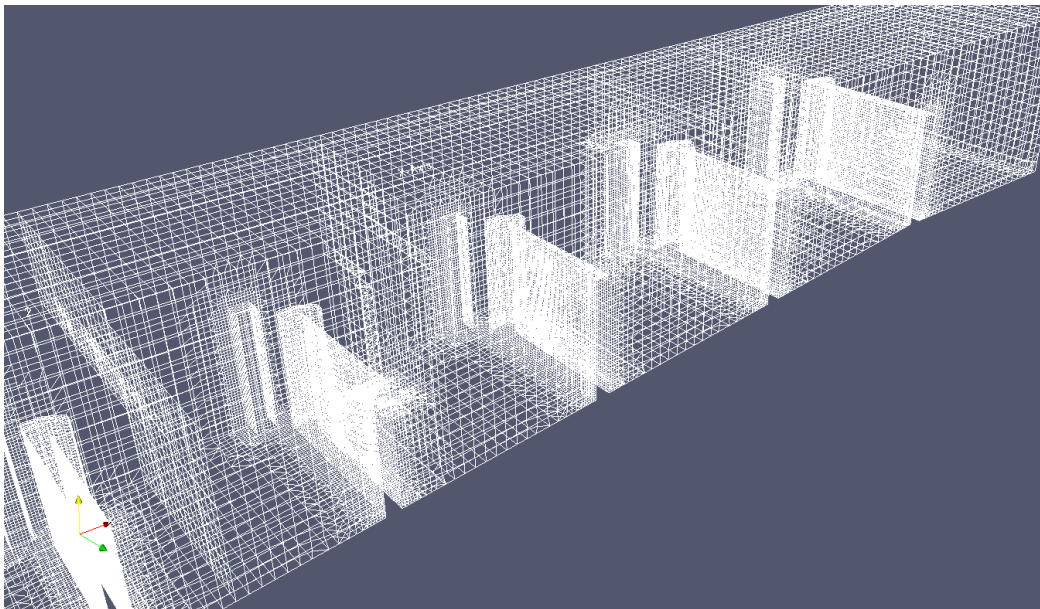


Figura 31 - Mesh del dominio

Lo studio presenta caratteristiche bifase interessando l'acqua e l'aria atmosferica.

La risoluzione computazionale del modello è stata effettuata tramite il pacchetto open source "OpenFOAM 3.0", utilizzando il solutore per fluidi multifase "*interFoam*" trattando i fenomeni di dissipazione turbolenta con tramite modello "*k- ω SST*".

Le geometrie delle pareti, fondo e setti ed il dislivello dei peli liberi di monte e valle sono quelle illustrate nel paragrafo precedente.

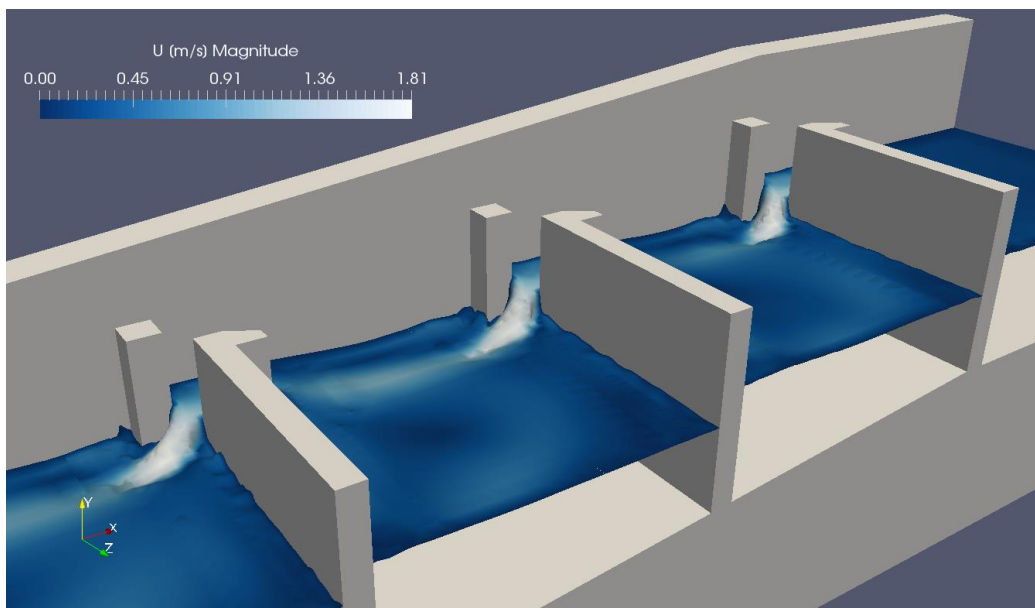


Figura 32 - Modellazione CFD

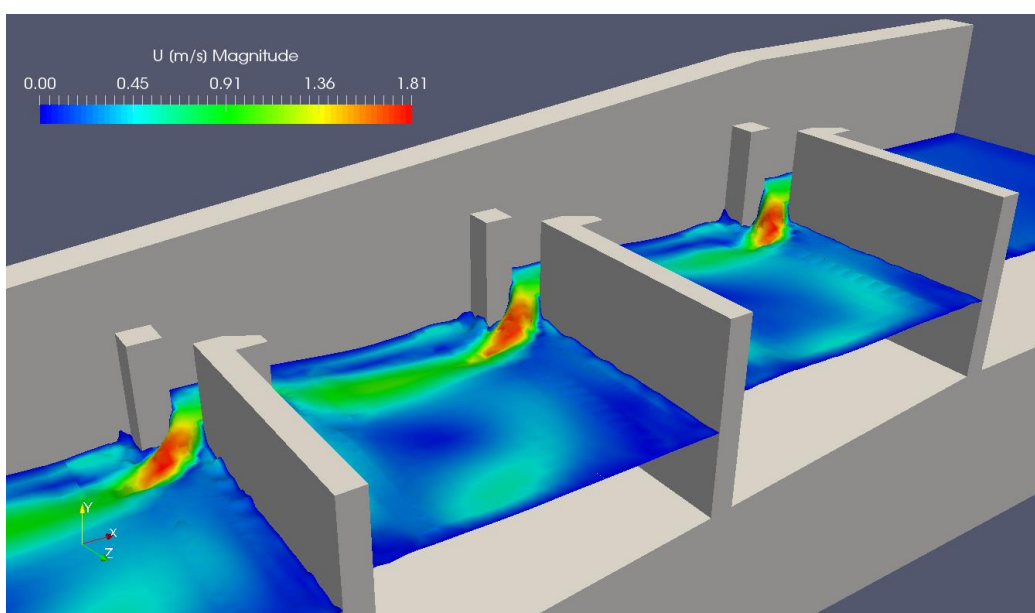


Figura 33 – Campo di velocità

Lo studio mostra come le geometrie dei setti e delle vasche siano efficaci nel generare una condizione in cui a fronte di una via preferenziale del flusso di creano due zone di ricircolo con velocità del flusso molto più basse, idonee per lo stazionamento della fauna ittica nella fase di riposo della risalita (vedi immagine successiva).

Le velocità massime superficiali sono dell'ordine di 1,8 m/s.

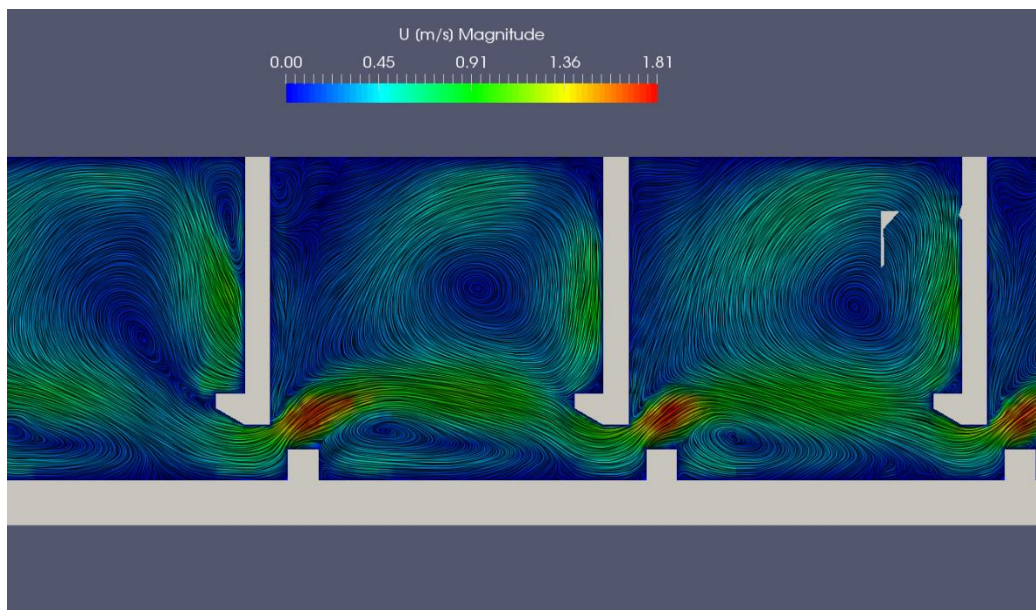


Figura 34 – Distribuzione dei flussi

Andando ad investigare le distribuzioni delle velocità al di sotto del pelo libero si evidenzia ancor meglio la natura ricircolatoria delle zone di calma, dove le velocità sono inferiori a 0,5 m/s.

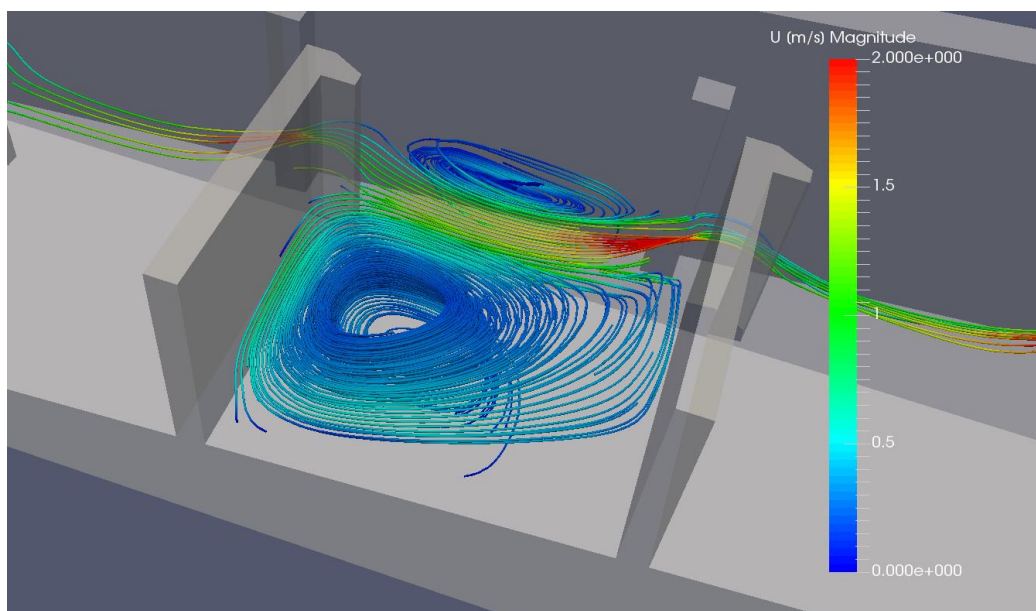


Figura 35 – Tubi di flusso delle velocità

Nella porzione meridiana del flusso che attraversa la fenditura si notano velocità dell'ordine di più di 2 m/s, ma investigandone la rilevanza si vede come siano fenomeni molto localizzati (vedi figura successiva) che interessano solo una porzione modesta del getto. La velocità risulta quindi compatibile con quella dello sforzo massimo allo scatto dei ciprini reofili.

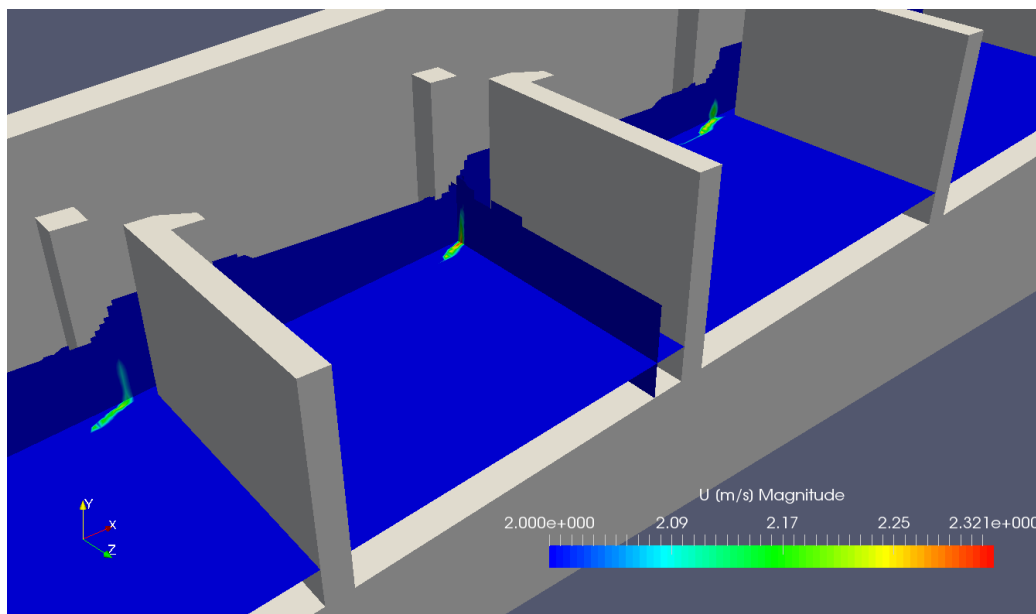


Figura 36 – Velocità superiori a 2 m/s

In conclusione si riscontra come il dimensionamento classico si confermi affidabile e come le geometrie di progetto siano verificate anche da uno studio tridimensionale.

3.4 *Progettazione definitiva*

La struttura portante del passaggio sarà realizzata in calcestruzzo cementizio armato, come le spallette laterali.

I bacini saranno realizzati tramite l'inserimento di:

- elementi deflettori realizzati da travicelli di legno di frassino 17 cm x 17 cm vincolati tramite attacchi inghisati nella parete,
- setti divisorii realizzati in legno di frassino dello spessore di 14 cm vincolati in posizione tramite guide verticali inghisate nella struttura.

La fondazione dell'opera poggerà in larga parte dello sviluppo su un riempimento di massi ciclopici annegati nel calcestruzzo che avrà la doppia funzione di portare l'opera alla quota di progetto e di garantire un appoggio sufficientemente solido. La connessione tra il corpo del passaggio vero e proprio e il riempimento sarà realizzato mediante l'esecuzione di inghisaggi in acciaio con ancorante chimico.

Sul fondo di ogni singolo bacino saranno collocati, parzialmente annegati nel calcestruzzo, elementi lapidei di diametro medio compreso tra 10 e 20 cm; è dimostrato infatti (Puzzi C., et al.) che questo semplice accorgimento favorisce la risalita di molte specie.

Il corpo dell'opera in progetto sarà fiancheggiata mediante scarpate realizzate in scogliera di massi ciclopici in modo da favorirne l'inserimento paesaggistico e ambientale e salvaguardarne l'integrità a fronte dell'azione erosiva delle acque.

Per approfondimenti si rimanda agli elaborati grafici allegati.

4 ESECUZIONE DI PROGETTO (N3-EP)

4.1 Modalità esecutive

4.1.1 Norme per autorizzazioni lavori in alveo

Estrapolando dalle modalità applicative dell'art. 14 L.R. 7/2005 "Linee guida per la salvaguardia dell'ittiofauna nell' esecuzione dei lavori in alveo" si evidenzia che:

- Nei tratti fluviali classificati a ciprinidi, ove non insistano Zone di Frega, è comunque opportuno effettuare interventi in alveo al di fuori del periodo maggio-giugno.
- Al fine di limitare il deflusso di sedimenti e l'intorbidamento delle acque è opportuno limitare e possibilmente evitare l'ingresso di mezzi meccanici nell'alveo bagnato.
- Nella realizzazione di interventi strutturali lungo le sponde fluviali per limitare l'intorbidamento delle acque defluenti si deve operare all'asciutto isolando il tratto spondale d'intervento realizzando una pista o arginello provvisorio, garantendo il regolare deflusso idrico nella parte di sezione d'alveo non interessata dai lavori
- In applicazione delle disposizioni previste dalla L.R. 7/2005 art. 14 si prevedono obblighi ittogenici a carico del committente per gli interventi che comportino interruzione o asciutta anche parziale del corso idrico o comunque una limitazione anche temporanea delle condizioni biogeniche. Tale obbligo si concretizza in un indennizzo pecuniario che il committente deve corrispondere all'Amministrazione Provinciale in funzione della superficie di alveo attivo interessata dai lavori ed in base alla vocazione ittica del corpo idrico interessato, indipendentemente dalla durata temporale dei lavori.

4.1.2 Organizzazione dei lavori

Uno degli accorgimenti più importanti per il contenimento degli impatti in fase di cantiere è quello di lavorare all'asciutto, isolando dalle acque defluenti il tratto di alveo interessato dai lavori. La non osservanza di questa prescrizione può essere causa di ripetuti o perduranti fenomeni di intorbidamento delle acque, compattazione o alterazione del substrato e/o moria dell'idrofauna, con propagazione degli impatti anche a valle del tratto d'intervento.

Chiaramente i lavori verranno effettuati nei periodi di magra del fiume in corrispondenza dei quali risulta più facile regimentare le acque.

Gli interventi in alveo saranno limitati alla fase finale dell'opera, ossia alle opere di completamento dell'opera di presa e di quella di scarico, ma soprattutto alla fase di realizzazione del previsto passaggio artificiale per pesci dove, dovendo operare sul corpo briglia per la posa dei massi e loro costipamento per la formazione del bauletto di sostegno della scala stessa, necessiterà un'interferenza con l'alveo tramite la formazione di una piccola tura a monte per deviare l'acqua dalla zona di lavoro, e alla piazzola a valle della briglia per consentire la movimentazione del mezzo che dovrà realizzare la scogliera in massi ciclopici a protezione della sponda e della scala ittica stessa.

Tali argini andranno costruiti con materiali dello stesso luogo o con barriere artificiali esogene; tutti, comunque, dovranno essere provvisori e facilmente asportabili.

Il prosciugamento delle acque dovrà essere lento e progressivo, consentendo alla fauna ittica presente di defluire verso valle ed uscire dalla zona interessata dalle opere. A tal fine sono da evitare manovre volte alla chiusura istantanea del deflusso del corso d'acqua o della tombatura di buche o avvallamenti con materiali inerti che accelerino l'asciutta.

Se nonostante queste operazioni vi fosse ancora permanenza d'acqua a causa di infiltrazioni o impossibilità di drenare tutta l'acqua (come ad esempio nella zona a valle della briglia), si dovrà operare il prelievo della fauna ittica residente e la sua traslocazione, come descritto nel paragrafo successivo.

Dopo aver riempito la porzione di testa della arginatura, si dovrà attendere 20-30 minuti per continuare le operazioni in modo da consentire al pesce di spostarsi verso valle. La velocità con cui si riempirà l'area compartimentata sarà variabile in funzione delle dimensioni della stessa; in

linea generale si può considerare indicativa una velocità di riempimento di circa 2-3 metri lineari all'ora.

Durante la movimentazione dei sedimenti (scavo, raccolta, trasporto) con mezzi meccanici si deve prestare massima attenzione per contenere l'inquinamento delle rimanenti acque di deflusso possibilmente realizzando piste preferenziali di accesso.

È fatto obbligo per qualunque tipologia di intervento realizzata non far mai entrare in contatto con le acque defluenti e con l'ambiente fluviale in generale, i materiali di lavorazione dei cantieri (malte cementizie, acque di lavaggio, idrocarburi, ecc).

Per tutelare il periodo riproduttivo o della 'frega', che varia da specie a specie, si eviterà, per quanto possibile, gli interventi in alveo in certi periodi dell'anno in funzione delle presenze faunistiche locali. L'area interessata dal progetto non ricade nelle zone di frega e di protezione censite dalla Direzione Agricoltura Caccia e Pesca e Risorse Naturali della Provincia di Firenze. Seguendo le "Linee guida per la salvaguardia dell'ittiofauna nell'esecuzione dei lavori in alveo - Modalità applicative dell'art. 14 L.R. 7/2005" della Provincia di Firenze, nei tratti fluviali classificati a ciprinidi, ove non insistano Zone di Frega, è comunque opportuno effettuare interventi in alveo al di fuori del periodo maggio-giugno.

4.1.3 Modalità di prelievo e spostamento ittiofauna

L'attività di prelievo e spostamento dell'ittiofauna dovrà essere prevista nei casi in cui parte dell'area interessata ai lavori da eseguire in alveo o alla deviazione del corso d'acqua non possa essere totalmente privata dell'acqua in modo progressivo.

Come descritto nel paragrafo relativo alle modalità di deviazione o prosciugamento, le operazioni dovranno essere progressive e consentire alla fauna ittica di spostarsi in altra zona del corso d'acqua.

Dovranno essere poste in essere tutte le misure atte a consentire al pesce uno spostamento autonomo e si dovrà intervenire con strumenti di cattura solo dopo questa fase.

Il prelievo della fauna intrappolata in zone d'acqua limitate dovrà essere eseguito da ditte specializzate nell'uso di storditore elettrici appositamente predisposti per la cattura del pesce.

Il personale di tale ditta dovrà essere presente sul cantiere quando le acque consentiranno una cattura efficiente della fauna, cioè quando si sarà fatta defluire la maggior parte dell'acqua presente nelle zone di accumulo.

Qualora le condizioni ambientali lo renderanno necessario, si potrà operare con reti di contenimento a maglia fine per il confinamento della fauna ittica o con trappole, in supporto all'uso dello storditore elettrico. Sono espressamente vietate le reti con funzione di cattura del pesce come ad esempio il tramaglio.

Dovranno essere utilizzati storditori elettrici a corrente continua o continua pulsata (con massimo di 100 Hz di frequenza) ed il pesce catturato dovrà essere mantenuto nelle migliori condizioni possibili affinché siano ridotti lo stress e le abrasioni. In particolare dovranno essere presenti almeno 3 persone addette alla cattura della fauna ittica con compiti rispettivamente di: operatore dello storditore elettrico, addetto alla cattura con guadino, traslocatore del pesce dalla zona di cattura al mezzo di trasporto o ad altra zona del corso d'acqua.

L'eventuale mezzo di trasporto per lo spostamento della fauna dovrà essere dotato di vasca di capacità adeguata contenente acqua a temperatura analoga a quella presente nel corso d'acqua; dovrà essere disponibile un sistema di insufflazione di ossigeno con capacità adeguate ad un trasporto di durata fino ad un'ora oltre che i tempi necessari alla raccolta.

Durante le operazioni di cattura dovrà essere posta attenzione agli individui che presentano ulcerazioni evidenti o necrosi estese; tali individui dovranno essere soppressi e non spostati.

Tutto il pesce catturato dovrà essere trasportato in altre zone del corso d'acqua stesso (a monte, preferibilmente, o a valle) con le stesse caratteristiche ambientali e ittiologiche. Nell'eventualità di assenza di disponibilità di altre zone dello stesso corso d'acqua, lo si potrà destinare in altri corsi d'acqua limitrofi con le stesse caratteristiche.

4.2 Piano di manutenzione

Uno dei problemi più ricorrenti delle strutture artificiali realizzate per il passaggio dei pesci, in particolare per quelle a bacini successivi, è rappresentato dall'ingombro dei bacini stessi da parte di materiale eterogeneo che si verifica col passare del tempo.

Il materiale solido trasportato naturalmente dal corso d'acqua, in particolare in condizioni di piena, provoca infatti il riempimento dei bacini che rappresentano zone di calma dove tale materiale tende a depositarsi. Come conseguenza i bacini si riempiono di limo e materiale organico. Nel tempo questo ingombro, se non opportunamente eliminato, riduce l'altezza del battente idrico impedendo ai pesci di stazionare nei bacini per la mancanza di un volume e di un livello sufficiente di acqua, in particolare con basse portate del corso d'acqua.

Inoltre sempre a causa del trasporto solido ad opera del fiume o del torrente, gli stramazzi possono restare occlusi da materiale di grosse dimensioni come tronchi. In questi casi il passaggio risulta inutilizzabile dalla fauna ittica in risalita.

Il programma di manutenzione dei passaggi per pesci dovrà tenere conto dei suddetti aspetti in modo da rendere utilizzabile la struttura per lo scopo per cui è stata realizzata.

Saranno quindi previste le seguenti operazioni ordinarie e straordinarie:

- **operazioni ordinarie** prevedono la pulizia dei bacini ingombri da materiale solido e saranno svolte da una a due volte per anno. Nel caso del fiume Elsa caratterizzato da fauna a Ciprinidi le operazioni ordinarie dovranno essere svolte ogni anno, precedentemente al periodo di migrazione riproduttiva dei pesci.

Saranno quindi svolte regolarmente nel mese di marzo in modo da liberare i bacini dal materiale trasportato durante le piene invernali, prima delle migrazioni dei Ciprinidi verso i quartieri riproduttivi.

Da evidenziare a tal proposito che il materiale che si accumula nei bacini, rappresentato da sabbie, limi e piccoli tronchi, se non è in quantità tale da ridurre il livello idrico, costituisce un elemento importante dell'habitat acquatico, mantenendo nel suo interno un ecosistema prossimo alla naturalità, che favorisce sicuramente il passaggio dei pesci. Quindi se non strettamente necessario, a causa di un eccessivo ingombro, è preferibile una pulizia l'anno, da svolgersi come già detto, in periodo primaverile in modo da non interferire eccessivamente sugli equilibri biologici creatisi nei microhabitat interni ai bacini;

- **operazioni straordinarie** dovranno essere svolte nel caso si verificasse ostruzione degli stramazzi con materiale di grosse dimensioni a causa di eventi di piena eccezionali. Capita infatti frequentemente di osservare strutture per il passaggio per pesci in cui lo stramazzo è occluso da tronchi o massi portati dalle piene. In tal caso il materiale ostruttivo dovrà essere rimosso appena le condizioni del torrente e le portate potranno permettere lo svolgimento delle operazioni di manutenzione straordinaria.

Si sottolinea che le operazioni di manutenzione saranno svolte in un momento idrologico idoneo, rappresentato dalla coda di piena. Infatti il materiale prelevato dai bacini e riversato a valle della struttura (e assolutamente non tolto al fiume), benché in quantità minima, potrebbe provocare un intorbidamento dell'acqua a valle del passaggio per pesci, ma se svolto in coda di piena tale intorbidamento rientra nella naturale condizione in cui si trova un corso d'acqua nei giorni successivi alla piena e non determina disturbo alle biocenosi acquatiche.

Le operazioni di sversamento in alveo dei materiali fini avverrà quindi solamente in particolari situazioni idrologiche in accordo con le *“Linee Guida ARPAT Regione Toscana - Gli invasi artificiali – Elementi per una gestione sostenibile”* di cui nel seguito si riportano le modalità operative più corrette che saranno applicate nel caso in oggetto:

1) L'operazione di svaso sarà eseguita in fase di coda di piena: saranno evitati quindi i periodi di magra indicativamente da maggio a settembre ed in i periodi dove si registrano le massime portate indicativamente da dicembre a gennaio;

2) Lo svaso non deve avvenire nel periodo di deposizione delle uova e di riproduzione:
l'operazione sarà pertanto eseguita **al di fuori del periodo di riproduzione dei Ciprinidi** che va da maggio a giugno.

Si sottolinea inoltre come i monitoraggi della fauna ittica, previsti nell'ambito del presente progetto, potranno dare ulteriori indicazioni sulla necessità e sulle modalità di svolgimento delle operazioni di manutenzione.

4.2.1 Programma di manutenzione

4.2.1.1 Ispezioni

OPERA	MODALITÀ D'ISPEZIONE	QUALIFICA OPERATORE	PERIODICITÀ
Passaggio per pesci	Ispezioni visive di routine: rilevamento anomalie macroscopiche, verificare il corretto funzionamento della presa e la funzionalità dello scarico.	Nessuna ⁷	Mensilmente (periodo aprile → settembre)
Passaggio per pesci	Ispezioni visive periodiche: verificare l'integrità delle strutture, effettuare misure di portata.	Nessuna ¹	Trimestralmente
Passaggio per pesci	Ispezioni visive straordinarie: verificare l'integrità delle strutture, la presenza di ostruzioni.	Nessuna ¹	Dopo eventi di piena

4.2.1.2 Manutenzione

OPERA:	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	QUALIFICA OPERATORE	PERIODICITÀ
Passaggio per pesci			
Ostruzione dei passaggi	Pulizia delle vasche, rimozione di tronchi e detriti	Nessuna ⁸	Quando necessario, nel corso delle ispezioni
Integrità delle strutture	Ripristino vasche lesionate	Tecnici specializzati (carpentieri edili)	Quando vengono riscontrate anomalie alle parti interessate

⁷ Per queste operazioni non sono richieste particolari qualifiche o abilitazioni, ma è necessario che l'operatore abbia una conoscenza generale del funzionamento dei passaggi per pesci. È opportuno che l'operatore abbia anche una conoscenza almeno di base dei comportamenti della fauna ittica.

⁸ Per queste operazioni non sono richieste particolari qualifiche o abilitazioni, ma è necessario che l'operatore abbia una conoscenza generale del funzionamento dei passaggi per pesci. È opportuno che l'operatore abbia anche una conoscenza almeno di base dei comportamenti della fauna ittica.

4.3 Piano di collaudo

Benché la progettazione del passaggio artificiale per la fauna ittica sia stata realizzata tenendo conto di tutti gli aspetti necessari (idraulici, morfologici, biologici), l'efficacia del passaggio deve comunque essere valutata effettuando controlli sperimentali che riguardino diversi aspetti.

I metodi di monitoraggio si suddividono in due gruppi:

- metodi indiretti relativi cioè al controllo del funzionamento idraulico e meccanico del passaggio;
- metodi diretti, che consistono nella raccolta di informazioni biologiche, indicatrici del passaggio dei pesci attraverso il dispositivo e quantitative, quali il conteggio dei pesci che passano.

L'obiettivo delle verifiche indirette, attraverso sopralluoghi sull'opera ed una specifica serie di misure, è quello di assicurare che il passaggio artificiale sia conforme ai criteri definiti dal progetto e che le caratteristiche strutturali, morfologiche ed idrauliche siano effettivamente idonee a consentire il passaggio della fauna ittica.

4.3.1 Metodi indiretti

Le verifiche indirette riguardano:

- controllo dei parametri idraulici: si tratta di misure idrauliche da eseguire in differenti punti del dispositivo, con l'obiettivo di verificare che la profondità dell'acqua, la velocità di corrente, la turbolenza, l'altezza dei salti all'interno del dispositivo, in ingresso ed in uscita siano sempre compatibili con le esigenze di nuoto delle diverse specie e dei diversi stadi di accrescimento dei pesci di cui si vuole garantire il passaggio. Le misure dovranno essere

eseguite in magra e morbida ed in particolare nei periodi migratori della fauna ittica del luogo. Nel caso del fiume Elsa il periodo migratorio corrisponde a quello primaverile.

- Controllo dello stato delle componenti strutturali e delle eventuali ostruzioni: è necessario il controllo dei bacini successivi in modo da verificare che ci sia flusso d'acqua all'interno degli stessi e che non si verifichi un eccessivo deposito di materiale sul fondo, prevedendo la ripulitura nel caso si accumuli sedimento sulla base dei bacini tale da impedire il funzionamento della struttura. L'ostruzione del dispositivo dovuta a corpi di varia natura, in particolare tronchi portati dalla piena, può infatti impedire il passaggio dei pesci o ridurre l'attrattività del dispositivo di passaggio.
- Rilievo dell'alveo di magra a monte e a valle dell'opera: è importante verificare che in magra l'acqua sia concentrata all'imbocco del passaggio in modo che la scala risulti attraente per la fauna ittica di passaggio.

4.3.2 Metodi diretti

La verifica diretta del funzionamento di un passaggio artificiale per la fauna ittica può essere effettuata secondo diverse metodologie che dipendono dalla tipologia di ambiente, dalle specie ittiche presenti e dalla scelta progettuale di passaggio artificiale. Si riportano di seguito i metodi utilizzati a livello internazionale che si adattano alla tipologia di passaggio artificiale prevista dal progetto in esame.

4.3.2.1 Monitoraggio della fauna ittica in continuo

Attraverso questo metodo si effettua un monitoraggio degli individui che migrano per un intervallo temporale definito. Questo metodo prevede la cattura dei pesci attraverso un dispositivo apposito (trappola) posto all'interno del passaggio o presso l'uscita.

Per quanto riguarda il progetto in esame, la trappola può essere inserita all'interno di uno dei bacini della scala. La scala è infatti accessibile per qualsiasi intervento di manutenzione e quindi può essere scelto uno dei bacini per l'inserimento del dispositivo di trappola e per la sua ispezione. La trappola può essere una nassa oppure una vasca di stoccaggio. Essa viene inserita in periodo

migratorio per una durata di circa 15 giorni e deve essere ispezionata a cadenza da 1 a 2 giorni a seconda del flusso migratorio e della densità ittica.

Gli individui catturati vengono identificati, contati manualmente e successivamente rilasciati a monte del passaggio.

Questo metodo di monitoraggio fornisce utili indicazioni sulle specie che utilizzano il passaggio e sulle caratteristiche dei singoli individui (lunghezza, peso, sesso, stadio di accrescimento, condizioni di salute). **Esso rappresenta uno dei metodi più indicati per il progetto in esame.**

4.3.2.2 Monitoraggio mediante marcatura e ricattura di individui.

Il metodo prevede il campionamento ittico a valle dello sbarramento provvisto di passaggio artificiale e la marcatura dei pesci catturati che vengono poi rilasciati nello stesso luogo di cattura. A distanza di 15-20 giorni vengono eseguiti campionamenti a valle e a monte del passaggio per verificare la proporzione di individui marcati che hanno utilizzato il passaggio artificiale.

Questo metodo ha il vantaggio di non prevedere attrezzature speciali da inserire sulla struttura del passaggio artificiale. Il campione di pesci ricatturati può però essere basso e poco rappresentativo della qualità e soprattutto della quantità di fauna ittica che supera lo sbarramento.

4.3.2.3 Controllo visivo mediante telecamera

Il metodo prevede la registrazione del passaggio mediante telecamera inserita in un locale adibito e progettato sulla scala stessa.

Il progetto in esame prevede l'inserimento di una struttura in grado di accogliere un sistema di videoregistrazione che può funzionare in continuo o può essere attivato automaticamente dal passaggio di un pesce.

Le registrazioni permettono di osservare i passaggi avvenuti. Un sistema più innovativo, già sperimentato in diverse situazioni, è rappresentato dall'installazione di una videocamera collegata ad un computer dotato di uno specifico software, in grado di registrare su hard disk la sequenza digitale del passaggio dei pesci abbinandogli la data del passaggio, l'ora e l'elaborazione dei dati acquisiti. L'affidabilità dell'identificazione della specie e la misura della taglia risultano funzione di diversi fattori ambientali come l'illuminazione, la torbidità dell'acqua (che deve essere di

almeno 70 cm con disco Secchi). Date le caratteristiche del fiume Elsa tali condizioni comportano una difficilissima applicabilità della metodologia.

Tra i metodi descritti ed analizzati in dettaglio, la scelta progettuale è stata rivolta verso il metodo n. 1 (monitoraggio della fauna ittica in continuo). Tale metodo risulta affidabile e meno invasivo per l'ittiofauna rispetto a marcatura e rilascio.

Il sistema definitivo sarà scelto in accordo con l'autorità competente.