REGIONE LIGURIA

COMUNE DI RANZO

PROVINCIA DI IMPERIA

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UNA CENTRALE IDROELETTRICA NEL COMUNE DI RANZO (IM) LOCALITA' S. PANTALEO

Torrente ARROSCIA



PROGETTO DEFINITIVO

REVISIONE	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
00	LUGLIO_2010	PRIMA_EMISSIONE			
01	21/12/2015	PRIMA_REVISIONE			
02	15/02/2016	SECONDA_REVISIONE			
03					
04					

TAVOLA	TITOLO ELABORATO	SCALA
RC-01-R2	**RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA**	**-**

PROPONENTE

ALBA S.r.l.
Corso Re Umberto n.1
10121 Torino
P.IVA 11357530010

PROGETTISTI

Ing. Enrico Guerrina
Località Serra, Borgata Cattini 69A
12087 Pamparato (CN)
P.I. 03560840047
Ordine degli Ingegneri di Cuneo A2299
enrico.guerrina@ingpec.eu
cell. 339 8265094

IDENTIFICATIVO FILE: ARCHIVIAZIONE\FILE

NOTE: LA DIFFUSIONE E RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DEL SEGUENTE ELABORATO E' VIETATA A TERMINE DI LEGGE.

Sommario

1 PREMESSA....4
2 AGGIORNAMENTO PLANO-ALTRIMETRICO DELLE QUOTE....5
3 AGGIORNAMENTO DATI PRINCIPALI DEL PROGETTO....5
4 STATO ATTUALE DEI LUOGHI....5
5 ADEGUAMENTO DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE....8
6 STATO DI PROGETTO....10
6.1 Demolizione e ricostruzione della traversa esistente....10
6.2 Realizzazione della centralina idroelettrica....17
6.2.1 Opera di derivazione....17
6.2.2 Canale di adduzione....18
6.2.3 Sgrigliatore automatico....18
6.2.4 Dimensionamento grigliato....19
6.2.5 Locale Turbina....21
6.2.6 Turbina adottata....21
6.3 Canale di restituzione....23
6.4 Realizzazione Cavidotto interrato e cabina di consegna....23
6.5 Realizzazione passaggi rimonta fauna ittica....25
6.5.1 Passaggio di rimonta a bacini successivi....25
6.6 Dimensionamento del passaggio di rimonta a bacini successivi....25
6.6.1 Dimensioni dei bacini di calma....27
6.6.2 Salto ammissibile tra i peli liberi....28
6.6.3 Dimensionamento delle luci di passaggio da una vasca all'altra....28
6.6.4 Dimensionamento dello stramazzo di tipo Thomson....29
6.6.5 Calcolo delle portate transitanti nel orifizio di fondo....30
6.6.6 Protezione del passaggio di rimonta dell'ittiofauna....31
6.6.7 Passaggio di rimonta per le anguille....31
6.7 Sistemazioni esterne alla centrale....35
7 GESTIONE OPERATIVA DELLE PORTATE DERIVATE....36
8 AGGIONAMENTO PRODUZIONI....37
8.1 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DERIVATE E POTENZA NOMINALE....37
8.1.1 Calcolo della portata media derivata....37
8.2 POTENZA INSTALLATA E POTENZA RESA....38

8.3 CALCOLO DELLA PRODUZIONE MEDIA ANNUA 39
9 MISURE DI COMPENSAZIONE AMBIENTALE 39
10 CONCLUSIONE 41

1 PREMESSA

La società ALBA Srl a seguito del subentro alla società S.E.R.A. S.r.l.nella titolarità del procedimento autorizzativo per la realizzazione di un impianto idroelettrico a salto concentrato, in località San Pantaleo nel Comune di Ranzo, e alla determina di assoggettabilità a procedura di VIA n.1816 del 01/07/2011 protocollo n. PG/2011/109260richiede l'attivazione della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale

Di seguito si illustra in sintesi l'iter autorizzativo in corso:

- in data 29-07-2010 la società S.E.R.A. S.r.l. procede alla presentazione della concessione di derivazione di acqua pubblica per uso energetico in località San Pantaleo nel Comune di Ranzo con pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Liguria Anno XLI N.50 in data 15-12-2010 Pratica n°217.
- in data 11 gennaio 2011 è stata attivata dalla società S.E.R.A. S.r.l. la procedura di verifica/screening di un impianto idroelettrico in Loc. S. Pantaleo, in comune di Ranzo (IM) e che questa si è conclusa con l'assoggettamento a procedura di Valutazione di Impatto Ambientale con decreto N.1816 in data 01/07/2011.
- in data 27-09-2015 e 22-10-2015 è avvenuta la comunicazione del Subentro della Società ALBA S.r.l. nella titolarità del procedimento di rilascio delle autorizzazioni.

2 AGGIORNAMENTO PLANO-ALTRIMETRICO DELLE QUOTE.

A seguito della richiesta da parte della provincia di Imperia al fine di validare le verifiche idrauliche richieste e renderle coerenti con quelle del Piano di Bacino del T. Arroscia, è stato eseguito un aggiornamento di tutte le quote altimetriche e planimetriche rilevando sul campo 22 sezioni. L'indagine dell'asta del Arroscia ha interessato un tratto di estensione pari a circa 750m. Dal nuovo rilievo è emerso una difformità altimetrica rispetto al precedente rilievo; pertanto si sono aggiornate le quote del rilievo in base a quelle attuali e si evidenzia che la differenza di quota si attesta all'incirca -19.1 m.

3 AGGIORNAMENTO DATI PRINCIPALI DEL PROGETTO

Bacino idrografico:	Centa
Sottobacino idrografico:	Torrente Arroscia
Corso d'acqua:	Torrente Arroscia
Bacino di dominio:	165.66 km^2
Coordinate Gauss-Boaga della sezione di chiusura:	*N.* 4878678.22 m *E.* 1419124.85 m
Altitudine massima:	2152 m s.l.m. (M. Frontè)
Altitudine minima:	135.75 m s.l.m.
Altitudine media:	1036.28 m s.l.m.
Quota pelo libero alla presa:	135.75 m s.l.m.
Quota pelo libero allo scarico:	131.15 m s.l.m.
Quota di massima piena TR 200 a monte della traversa:	142.82 m s.l.m.
Quota soglia traversa:	135.75 m s.l.m.
Quota fondo imbocco impianto:	135.15 m s.l.m.
Quota soglia d'ingresso scala ittiofauna:	135.10 m s.l.m.
Portata massima derivata:	6.00 m^3/s
Portata minima derivata:	0.30 m^3/s
Portata media derivata:	1.99 m^3/s
Q_{DMV}:	0.300 m^3/s
Salto disponibile medio:	4.60 m
Potenza nominale dell'impianto	89.75 kW
Produzione media annua netta	0.667 GWh

4 STATO ATTUALE DEI LUOGHI

Attualmente il tratto di fiume oggetto dell'intervento presenta una traversa, parzialmente demolita in stato di abbandono. Con ogni probabilità l'opera era stata realizzata per ridurre le velocità della corrente in un

tratto infossato e di conseguenza per ridurre la pendenza al fondo dell'alveo. L'opera si inserisce in un intervento più ampio di sistemazione fluviale come testimoniato dall'elevato numero di opere presenti su tutta l'asta principale del T.Arroscia e particolarmente numerose nel tratto tra Pieve di Teco e Ranzo.



Figura 1 Intervisibilità dell'intervento (fonte: streetview, Google earth)

Sotto il profilo paesaggistico l'area oggetto di intervento è boscata, e risulta nelle vicinanze (a circa 100m) di un sito di interesse storico, la Chiesa di San Pantaleo.
L'asta principale del Torrente Arroscia presenta numerosi interventi di sistemazione idraulica mediante regolazione delle pendenze del fondo e riduzione delle velocità della corrente. Molti lavori di questo tipo sono stati eseguiti dal "Consorzio di Bonifica del Centa" creato nel 1933. Il Consorzio è stato sciolto circa venti anni fa e molte delle attività svolte sono state demandate alla Comunità Montana "Alta Valle Arroscia", con sede a Pieve di Teco.
Testimonianze orali fanno risalire queste opere (briglie) nei primi anni 50. Le suddette opere idrauliche sembrerebbero state costruite tutte nello stesso periodo e che quella di San Pantaleo abbia ceduto due volte.



Figura 2 Stato attuale della traversa



Figura 3 Stato attuale della traversa

Gli eventi di piena avvenuti negli ultimi anni (2010, gennaio 2013, gennaio 2014 ed autunno 2014) hanno aggravato lo stato della traversa con un evidente apertura della breccia centrale, come evidenziato dal nuovo rilievo di dettaglio eseguito nel novembre-dicembre 2015.

5 ADEGUAMENTO DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE

Al fine di adeguare il Deflusso Minimo Vitale a quanto prescritto in sede di Assoggettabilità a procedura di VIA di seguito si riporta il calcolo del deflusso minimo vitale come indicato nel Piano di Bacino del T.Arroscia.
La Regione Liguria con Deliberazione N.1175 del 25/09/2013 come indicato anche nel Piano di Tutela delle Acque ha provveduto ad individuare la seguente metodologia di calcolo per la valutazione del Deflusso Minimo Vitale:

$$DMV = k * q_{meda} * S * M * Z * A * T$$

dove:
k è la frazione della portata media annua, che per l'area in esame è stata definita secondo la regola definita dal Piano di Bacino del T.Arroscia, che stabilisce la seguente relazione:

$$k = -2.39 \cdot 10^{-5} \cdot S + 0.058$$

che fornisce un valore di k = 0.054;
q_{meda} è la portata specifica media annua naturale per unità di superficie del bacino sotteso, espressa in l/s km^2;
S è la superficie del bacino sottesa dalla sezione del corpo idrico, espressa in km^2, vale S = 165.66 km^2;
M è il parametro morfologico,che per la classe CM3 (Reticolo di versante e di fondovalle in ambiente montano appenninico, pedemontano appenninico o collinare) vale M = 1.10;
Z è il massimo dei valori dei tre parametri N,F,Q, calcolati distintamente come:

- N parametro naturalistico
- F parametro di fruizione
- Q parametro relativo alla qualità delle acque fluviali (0.3 SC+0.7 SE =1)

dove i parametri sono determinati mediante la seguente tabella e gli elaborati grafici allegati alla legge regionale:

Tabella 1 Valutazione dei parametri che tengono conto dello stato chimico SC e dello stato ecologico SE del fiume in esame.

		STATO CHIMICO	
		BUONO	NON BUONO
STATO ECOLOGICO	Elevato	1.0	1.1
	Buono	1.0	1.1
	Sufficiente	1.3	1.3
	Scarso	1.4	1.5
	Cattivo	1.6	1.6

A tiene conto dell'interazione tra le acque superficiali e le acque sotterranee, vale A = 1.
T infine è il parametro che tiene conto della modulazione nel tempo del DMV.

La valutazione della portata specifica media annua naturale di un corso d'acqua per unità di superficie del bacino (q_{meda}) è effettuata utilizzando il metodo illustrato nella normativa regionale:

$$q_{meda} = \frac{q_{media}}{S} = \frac{3.60 * 1000}{165.66} = 21.73 \ l/s/km^2$$

dove q_{media} è la portata media naturale presente nella sezione di chiusura del bacino alla traversa di San Pantaleo.
Il DMV base calcolato è il seguente:

$$DMV_{base} = 0.054 * 21.73 * 166.65 * 1 * 1 * 1.10 = 213.823 \frac{l}{s} = 0.214 \ m^3/s$$

Pertanto in virtù anche di quanto prescritto nella determina di assoggettabilità a VIA n.1816 del 01/07/2011 prot. PG/2011/109260 si ritiene di lasciare una portata di Deflusso Minimo costante e superiore al minimo pari a 214 l/s e pari a 300 l/s che defluirà interamente all'interno dei due passaggi di rimonta per la fauna ittica previsti.
Inoltre la soglia di ingresso del passaggio, realizzata con uno stramazzo di tipo Thomson che permette una discreta affidabilità anche in condizioni rigurgitate, è posto ad una quota inferiore alla soglia di ingresso dell'impianto garantendo così in condizioni di portate minime, un deflusso all'interno del passaggio stesso.

6 STATO DI PROGETTO

Il progetto prevede la ricostruzione di una traversa parzialmente demolita per la valorizzazione energetica delle portate del Torrente Arroscia mediante la realizzazione di un mini impianto idroelettrico a salto concentrato posto in sinistra orografica della traversa. Al fine di ripristinare il continuum eco sistemico interrotto dal ripristino della traversa e data la presenza di anguille ,è previsto di realizzare due passaggi di rimonta per la fauna ittica, di cui uno specifico per le particolari caratteristiche natatorie delle anguille.



Figura 4 Inquadramento area oggetto dell'intervento.

Le principali opere da realizzare sono:

- Demolizione e ricostruzione della traversa esistente;
- Realizzazione dell'opera di presa, del canale di adduzione e della vasca turbina;
- Realizzazione della cabina di consegna e locale trasformazione/automazione;
- Realizzazione del cavidotto elettrico interrato privato di connessione e locale di consegna;
- Realizzazione del passaggio di rimonta della fauna ittica a bacini successivi;
- Realizzazione di apposito passaggio di rimonta dedicato alle anguille;
- Sistemazioni esterne alla centrale inclusa la sistemazione della pista di accesso permanente

Di seguito sono illustrate le singole opere.

6.1 Demolizione e ricostruzione della traversa esistente

Dato lo stato attuale della traversa che si presenta parzialmente demolito, come ben visibile nella immagine riportata di seguito. Al fine di poter sfruttare energeticamente le acque del Torrente Arroscia è necessario ripristinare la traversa esistente. Di seguito si riporta il predimensionamento della traversa di nuova costruzione.



Figura 5 Stato attuale Traversa

6.1.1 Predimensionamento traversa

Il predimensionamento della traversa viene eseguito secondo le indicazione del decreto 26 giugno 2014 "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse). Secondo le norme la valutazione della sicurezza della traversa avviene secondo uno stato limite di esercizio verificando la stato limite di danno e lo stato limite ultimo verificandolo stato limite di salvaguardia della vita. Le azioni prese in considerazione nella verifica globale della traversa coincidono con quelle indicate nel punto C.7 delle norme di riferimento:

- peso proprio
- la spinta idrostatica
- le sottospinte
- la spinta dovuta all'interramento
- le azioni sismiche

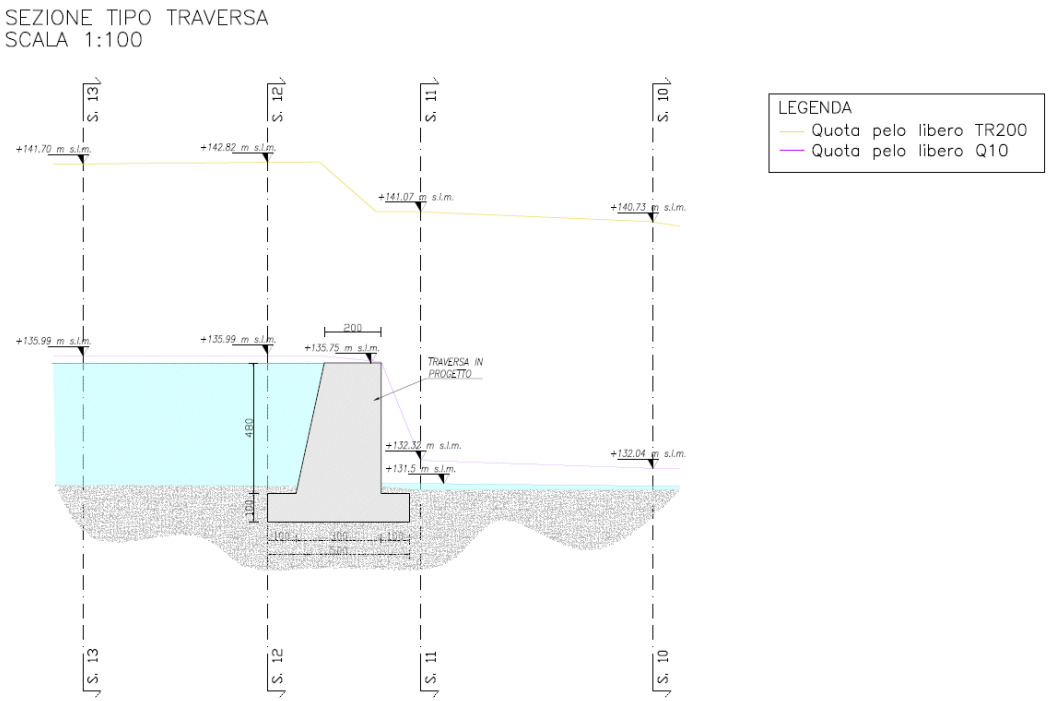


Figura 6 Schema sezione tipo traversa

Descrizione dell'opera

Tipo di opera:	traversa fluviale
Tipo di sovrastruttura:	paramento con inclinazione lato monte
Tipo di fondazione:	piana orizzontale

Caratteristiche geometriche

Elevazione

Altezza paramento	H_m =	4.80 m
Spessore in sommità	L_{m1} =	2.00 m
Spessore alla base	L_{mb} =	3.00 m
Inclinazione paramento esterno	β_e =	0.00 °
Inclinazione paramento interno	β_i =	23 °

Fondazione

Estensione	E_f =	1.000 m
Lunghezza totale	L_{f1} =	5.000 m
Lunghezza mensola a valle	L_{f2} =	1.000 m
Altezza bordo libero mensola a valle	H_{f1} =	1.000 m
Lunghezza mensola a monte	L_{f3} =	1.000 m
Altezza bordo libero mensola a monte	H_{f2} =	1.000 m
Altezza rinterro mensola a monte	H_{tv} =	0.5 - 4 m
Inclinazione piano di fondazione	Ψ_f =	0.00 °

Materiali utilizzati

Peso specifico della traversa	γ_m =	25.00 kN/m^3

Caratteristiche geotecniche dei terreni

Terreno a monte della traversa

Peso specifico	γ_{tv} =	20.00 kN/m^3
Angolo di attrito	φ_v =	35.00 °
Angolo di attrito terra-muro	δ_v =	0.00 °
Coesione	c'$_v$ =	0.00 kN/m^2

(coesione desunta dalla relazione geologica)

Terreno di fondazione della traversa

Peso specifico	γ_{tf} =	20.00 kN/m^3
Angolo di attrito	φ_f =	35.00 °
Coesione	c'$_f$ =	0.00 kN/m^2

Le verifiche geotecniche e di resistenza vengono eseguite secondo i dettami del D.M. 14 gennaio 2008 adottando l'approccio progettuale 1, pertanto, vengono generate dodici combinazioni di carico statiche:
- quattro di equilirio di corpo rigido (EQU),
- quattro di tipo strutturale (STR),
- quattro di tipo geotecnico (GEO),

ottenute permutando i coefficienti parziali per le azioni permanenti e per le azioni variabili. Vengono inoltre generate quattro combinazioni di carico sismiche variando i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (M1 per le prime due ed M2 per le restanti) e variando la direzione della componente verticale dell'azione sismica (verso il basso e verso l'alto).

Parametri per la determinazione dei carichi derivanti da sisma slv

Località:		RANZO (IM)
Vita nominale	V_N =	50 anni
Tipo di costruzione	tipo =	2
Classe d'uso	Cl_U =	II
Coefficiente d'uso	C_U =	1.0
Periodo di riferimento	V_R =	50 anni
Probabilità di superamento	P_{Vr} =	10%
Periodo di ritorno	T_R =	475 anni
Accelerazione orizzontale massima	a_g =	0.1376 g
Zona sismica	zona =	3
Categoria di sottosuolo	suolo =	A
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S =	1.00000
Coefficienti di riduzione dell'accelerazione orizzontale massima		
verifica di stabilità globale	β_s =	1.00000
Categoria topografica	C_T =	T1
Coefficiente di amplificazione topografica	S_T =	1.00000
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale		
orizzontale	k_h =	0.13760
verticale	k_v =	0.06880

la traversa non è in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

Parametri per la determinazione dei carichi derivanti da sisma sld

Località:		RANZO (IM)
Vita nominale	V_N =	50 anni
Tipo di costruzione	tipo =	2
Classe d'uso	Cl_U =	II
Coefficiente d'uso	C_U =	1.0
Periodo di riferimento	V_R =	50 anni
Probabilità di superamento	P_{Vr} =	63%
Periodo di ritorno	T_R =	50 anni
Accelerazione orizzontale massima	a_g =	0.0386 g

Zona sismica	zona =	3
Categoria di sottosuolo	suolo =	A
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S =	1.00000
Coefficienti di riduzione dell'accelerazione orizzontale massima		
verifica di stabilità globale	β_s =	1.00000
Categoria topografica	C_T =	T1
Coefficiente di amplificazione topografica	S_T =	1.00000
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale		
orizzontale	k_h =	0.03860
verticale	k_v =	0.01930

Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	γ_{Gmax}	γ_{Gmin}	γ_Q
STR (A1)	1.30	1.00	1.50
GEO (A2)	1.00	1.00	1.30
EQU	1.10	0.90	1.50
SIS	1.00	-	0.60

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tipo CMB	γ_Ψ	$\gamma_{c'}$	γ_γ
(M1)	1.00	1.00	1.00
(M2)	1.25	1.25	1.00

Coefficienti per la determinazione delle masse sismiche

Carichi permanenti	γ_G =	1.00
Carichi variabili	Ψ_{Ei} =	0.60

Coefficienti parziali per le verifiche

Verifica	(R_1)	(R_2)	(R_3)
Capacità portante fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Stabilità globale	-	1.10	-

Combinazioni

CMB	Tipo	γ_G	γ_Q	γ_E*	γ_φ	$\gamma_{c'}$	γ_γ	R_{RIB}	R_{SCH}	R_{SCO}
1	EQU	1.10	1.50	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
2	EQU	1.10	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
3	EQU	0.90	1.50	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
4	EQU	0.90	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1	-	-
5	STR	1.30	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R_1)	1.00 (R_1)
6	STR	1.30	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R_1)	1.00 (R_1)
7	STR	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R_1)	1.00 (R_1)
8	STR	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R_1)	1.00 (R_1)
9	GEO	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R_2)	1.00 (R_2)
10	GEO	1.00	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R_2)	1.00 (R_2)
11	GEO	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R_2)	1.00 (R_2)
12	GEO	1.00	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	-	1.00 (R_2)	1.00 (R_2)
13	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R_1)	1.00 (R_1)
14	SIS	1.00	0.60	−1.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00 (R_1)	1.00 (R_1)
15	SIS	1.00	0.60	+1.00	1.25	1.25	1.00	1	1.00 (R_2)	1.00 (R_2)
16	SIS	1.00	0.60	−1.00	1.25	1.25	1.00	1	1.00 (R_2)	1.00 (R_2)

Condizioni di calcolo

Secondo la normativa vigente relativa alla verifica di stabilità le azioni devono essere combinate in modo da comprendere tutte le situazioni che possono riguardare la vita utile dell'opera. In particolare sono state prese in considerazione la condizione di esercizio dove risulta il massimo salto tra monte e valle con quote pari a:

- quota di esercizio di monte +136.00 m s.l.m.
- quota di esercizio di valle +132.32 m s.l.m. (a favore di sicurezza è stata trascurata)

e la quota di piena duecentennale in cui le quote di monte e di valle risultano pari a:

- quota duecentennale di monte +142.82 m s.l.m.
- quota duecentennale di valle +141.07 m s.l.m.

Verifiche di stabilità dell'opera

Coefficienti di spinta del terreno di monte slv

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)

Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M1)	K_{AS} =	0.2444
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M1)	K_{AS} =	0.2710
Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M2)	K_{AS} =	0.3045
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M2)	K_{AS} =	0.3434

Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)

Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto

Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M1)	K_{AD} =	0.3408
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M1)	K_{AD} =	0.4740
Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M2)	K_{AD} =	0.4174
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M2)	K_{AD} =	0.5794

Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso

Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M1)	K_{AD} =	0.3265
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M1)	K_{AD} =	0.4409
Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M2)	K_{AD} =	0.4003
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M2)	K_{AD} =	0.5394

Coefficienti di spinta del terreno di monte sld

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)

Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M1)	K_{AS} =	0.2444
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M1)	K_{AS} =	0.2710
Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M2)	K_{AS} =	0.3045
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M2)	K_{AS} =	0.3434

Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)
Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto

Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M1)	K_{AD} =	0.2670
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M1)	K_{AD} =	0.3148
Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M2)	K_{AD} =	0.3306
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M2)	K_{AD} =	0.3930

Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso

Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M1)	K_{AD} =	0.2661
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M1)	K_{AD} =	0.3131
Spinta attiva strato non immerso (coefficienti M2)	K_{AD} =	0.3296
Spinta attiva strato immerso (coefficienti M2)	K_{AD} =	0.3910

Verifica a ribaltamento

Nell'eseguire la verifica si considerano positive le forze verticali dirette verso il basso, le forze orizzontali dirette verso monte e i momenti aventi senso orario. Sono stati calcolati i coefficienti di sicurezza, per tutte le condizioni di carico e le combinazioni, riportando di seguito la condizione peggiore

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento

$C_{RIB} = M_{STAB} / |M_{RIB}| = 1.21$

Verifica a schiacciamento

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le 12 combinazioni di carico riportate nella tabella prendente, nella quale sono indicati i relativi coefficienti di sicurezza parziale di verifica utilizzati. Sono stati calcolati i coefficienti di sicurezza, per tutte le condizioni di carico, riportando di seguito la condizione peggiore

Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento

$C_{SCH} = (\sigma_L / R) / \sigma_{max} = 1.03$

Verifica a scorrimento

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le 12 combinazioni di carico riportate nella tabella prendente, nella quale sono indicati i relativi coefficienti di sicurezza parziale di verifica e di attrito per il terreno di fondazione ($f_t = \tan(\varphi_f) / \gamma_\varphi$) utilizzati. Sono stati calcolati i coefficienti di sicurezza allo scorrimento, per tutte le condizioni di carico, riportando la condizione peggiore.

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$C_{SCO} = (\sum_{norm} \cdot f_t / R) / \sum_{||} = 1.07$ nella condizione statica

6.2 Realizzazione della centralina idroelettrica

La centralina idroelettrica a progetto presenta le seguenti parti:

- Opera di presa
- Canale sghiaiatore
- Canale di Adduzione
- Vasca turbine
- Restituzione in alveo

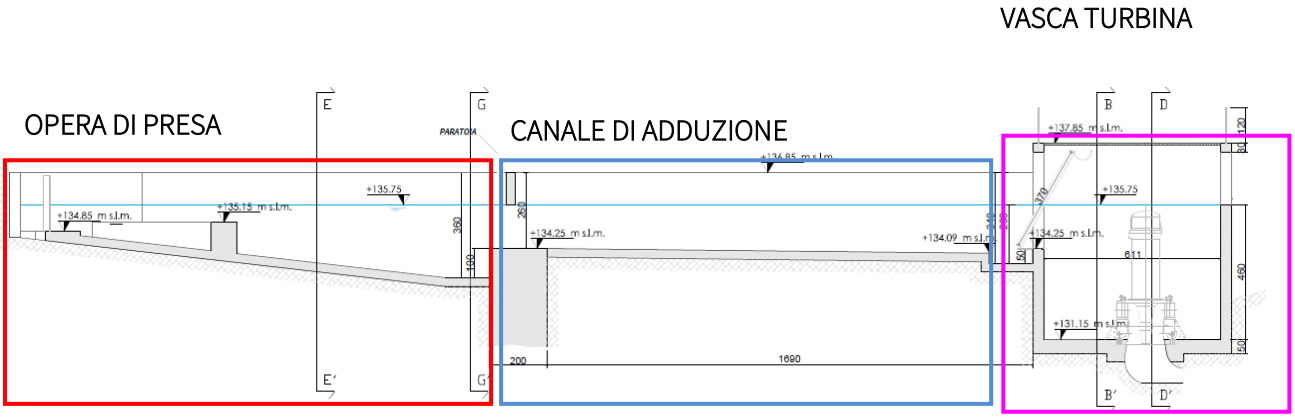


Figura 7 Profilo impianto opere a progetto

6.2.1 Opera di presa

L'opera di presa è costituita da un canale a forma trapezoidale, protetto da paratronchi nella parte iniziale posti a passo 1m al fine di limitare il trasporto solido fluttuante di grandi dimensioni all'interno dell'impianto. L'opera presenta un estensione di 13.35 metri e una larghezza variabile da 3.50 m a 7.40 m. Immediatamente a valle dei paratronchi è stato previsto di realizzare un canale dissabbiatore di larghezza costante pari a 1.5m e profondità variabile da 2.1m a 3.6m, per consentire la pulizia dell'opera di presa

L'opera di presa risulta parzialmente interrata o coperta dall'acqua e pertanto non presenta particolari impatti visivi.

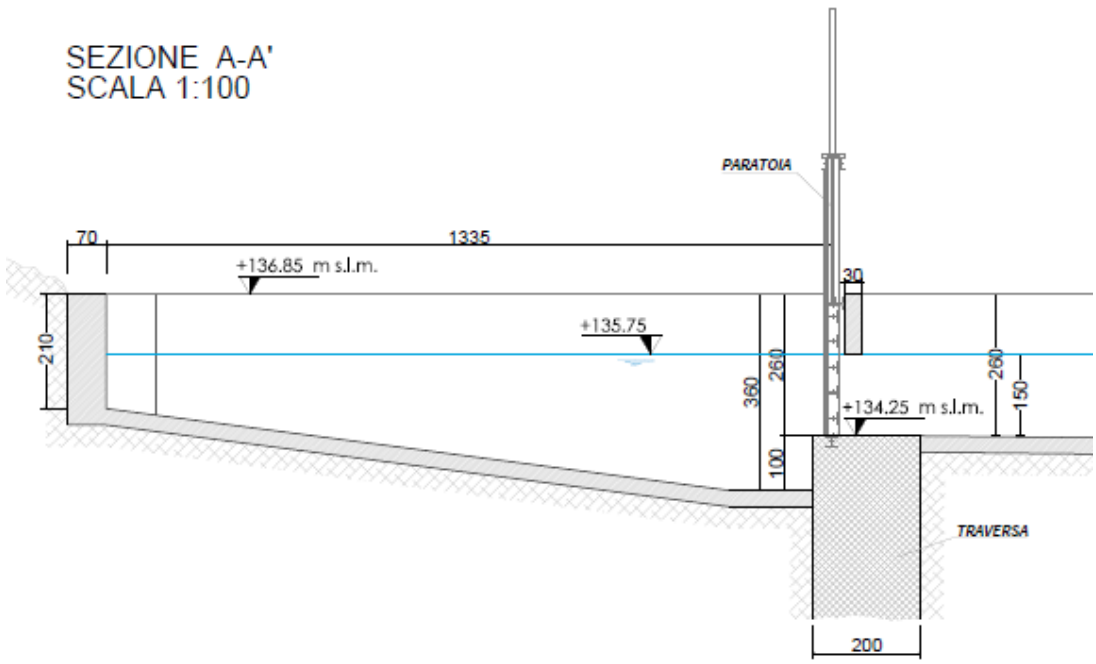


Figura 8 Sezione longitudinale opera di derivazione

La soglia di ingresso dell'impianto è posta alla quota 135.15 m s.l.m. La sezione di ingresso quindi prevede un battente di 0.6 m che su una lunghezza di 12.60 m garantisce l'ingresso della portata massima derivata di progetto pari a 6m^3/s.

6.2.2 Canale di adduzione

Il breve tratto di adduzione (circa 16.9 m) ha una pendenza di circa 1% e larghezza costante di dimensioni interne pari a 4.8 m. I muri presentano spessore costante pari a 40 cm su tutta la sezione.
La parte esterna dell'opera (lato fiume) così come la vasca Turbina verrà rivestita in pietra locale con il metodo "*opus ligure* ".

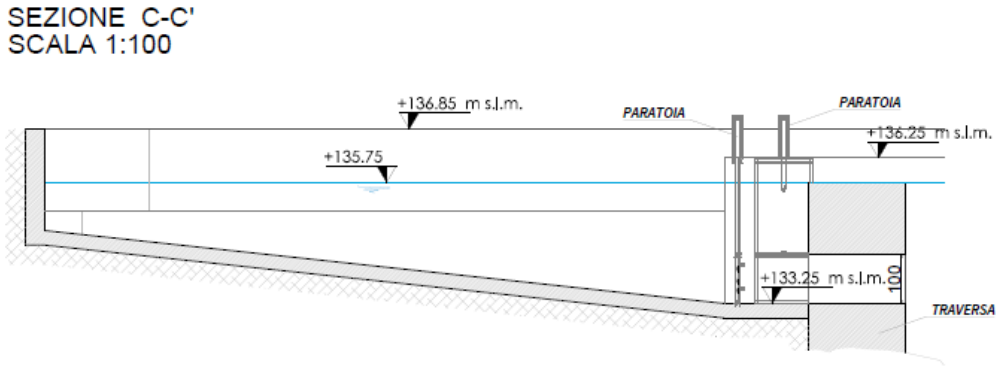


Figura 9 Canale dissabbiatore

6.2.3 Sgrigliatore automatico

Al termine del canale di adduzione è posizionato lo sgrigliatore automatico che ha il compito di allontanare tutto il materiale solido fluttuante trasportato dalla corrente ed eventualmente sedimentato al fondo.

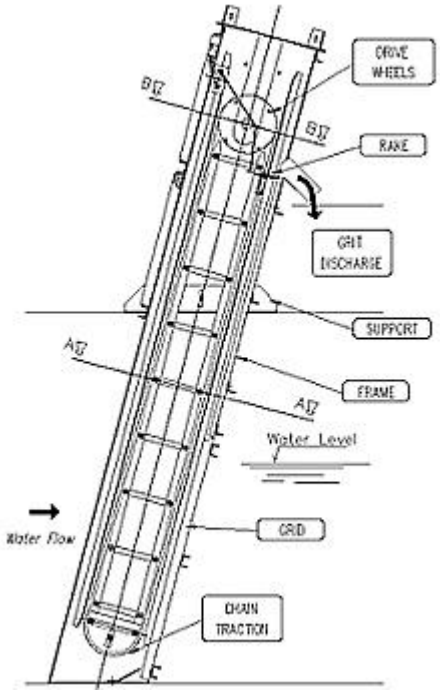


Figura 10 Esempio di sgrigliatore a catene immerse (fonte:http://www.ecomacchine.it/documentazione/2-grigliatura.html)

Le griglie automatiche inclinate sono costituite da un telaio composto da una lamiera pressopiegata che incorpora la griglia a barre fisse per assicurare la massima rigidità. La luce tra le barre può essere variata per

avere una grigliatura fine o grossolana secondo le esigenze dell'impianto. Il gruppo di comando è di tipo elettrico con motore + riduttore completo di limitatore di carico meccanico o elettronico (da inserire nel quadro elettrico).Il quadro di comando IP 55 è completo della parte potenza e logica di comando asservita a timer e/o livello a monte della griglia. Il pettine mobile di pulizia, montato su catene a rulli scorrevoli nel telaio impegna la griglia da fondo canale fino al punto di scarico. Per assicurare la pulizia della griglia è inoltre presente un espulsore che convoglia il materiale grigliato su un apposito scivolo. Il maggiore vantaggio di questo tipo di griglia consiste nella possibilità di servire canali molto profondi con un ingombro assiale e fuoriterra estremamente ridotto.
La macchina è comandata da un timer pausa-lavoro. Qualora il livello dell'acqua a monte della griglia aumentasse superando una determinata soglia, un misuratore di livello impone il riavvio della macchina anche se questa è in fase di "Pausa lavoro".

Tabella 2 Caratteristiche tecniche Sgrigliatore

Utilizzo	Grigliatura acque di scarico civili ed industriali.
Caratteristiche	La macchina è costituita da una griglia fissa e da un pettine con scorrimento su catena
Funzionamento	I corpi grossolani sono intercettati dalla griglia. Il materiale grigliato è asportato dal pettine pulitore che raschia contro la griglia durante la fase di pulizia.
Costruzione	Macchina compatta in acciaio zincato o inox.
Installazione	In canale di calcestruzzo.
Grado di separazione	Da 1000 a 2000 mm.
Grado di filtrazione	Da 20 a 80 mm.
Opzionale	Giunto a slittamento con sensore di allarme.

6.2.4 Dimensionamento grigliato

La valutazione della scelta della griglia viene effettuato in funzione delle perdite di carico e del diametro delle particelle accettato dalla turbina. Rientrano fra i fenomeni di efflusso rigurgitato anche quelli di attraversamento delle griglie, formate da barre allungate nella direzione della corrente. Le barre possono essere di varia sezione e inclinate di un diverso angolo (α) sul piano orizzontale. La perdita di carico attraverso una griglia è determinata utilizzando la formula di *KIRSHMER*:

$$\Delta h = \beta \cdot \left(\frac{d}{a}\right)^{4/3} \cdot \sin\alpha \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dove:

- v : velocità dell'acqua in assenza della griglia;
- α: angolo di inclinazione della griglia rispetto all'orizzontale;
- d : spessore delle barre;
- a: luce libera tra le barre;
- β: coeff. di forma funzione della sezione della barra, come indicato in figura.

In sostanza, il valore:

$$\xi = \beta \cdot \left(\frac{d}{a}\right)^{4/3} \cdot \sin\alpha$$

rappresenta una perdita di carico che provoca un "rigurgito" a monte o a valle della griglia, a secondo che si tratti di corrente lenta o veloce.
Il risultato vale per griglia pulita; per griglia intasata la perdita di carico aumenta notevolmente.

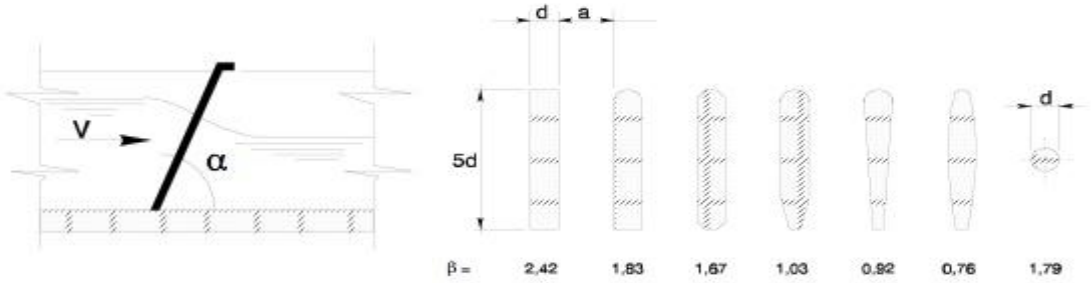


Figura 6-11 Schema per la valutazione dei coefficienti e schema indicazione grandezze.

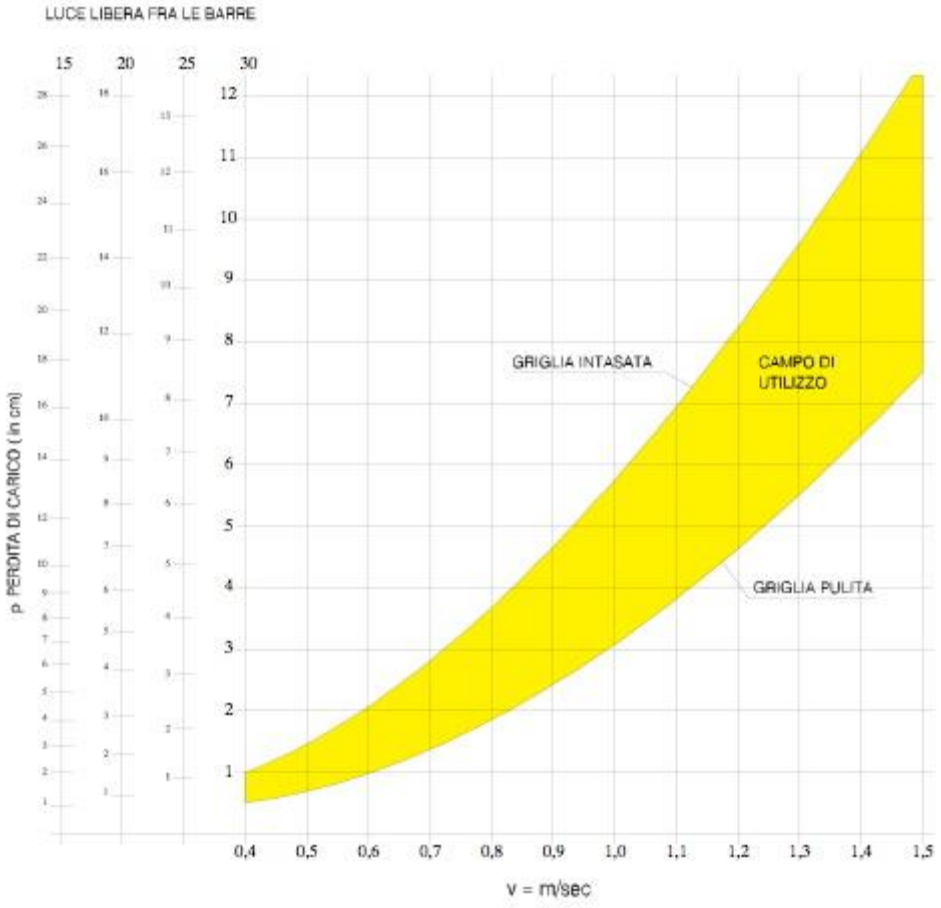


Figura 6-12 tabella campi di utilizzo griglie. Valori indicativi delle perdite di carico attraverso griglie di diversa luce libera di passaggio con inclinazione di 60°

Tabella 3 Verifica nella sezione ristretta delle perdite di carico associate alla griglia.

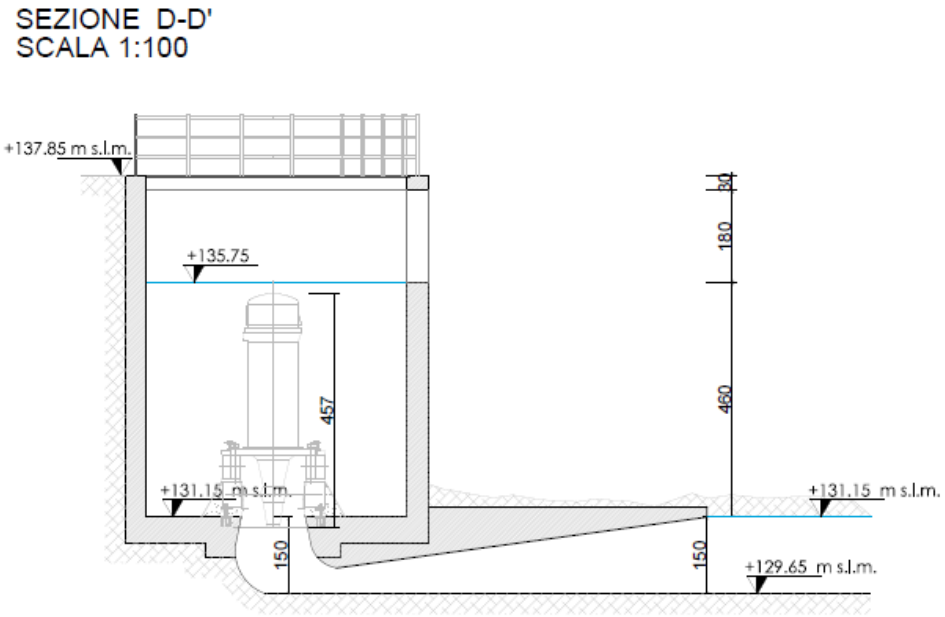
GRIGLIA		
α	60	°
b	25	
S	5	mm
K	2.42	
Q	6	m^3/s
B_0	4800	mm
h	3	m
η	0.7	

SEZIONE RISTRETTA				
B_2	4.005	m		
Ω_2	8.4	m^2		
η	0.7			
h_2	2.1	m		
v_2	0.71	m/s		
ΔH_2	0.0064	m	0.64	cm

La perdita di carico associata alla griglia di pulizia in condizioni di massima portata e grado di ostruzione pari al 30% è inferiore ad 1 cm.

6.2.5 Locale Turbina

Il locale turbina è costituito da una vasca rettangolare in quanto la tipologia di macchina adottata è di tipo Kaplan ad asse verticale di tipo sommergibile e necessita di essere inserita sottobattente. Le pareti a vista verranno rivestite in pietra locale con il metodo *"opus ligure"* al fine di dare continuità al tratto di canale e migliorarne l'impatto visivo.



Le dimensioni in pianta del locale sono 6.10x4.80 m per un altezza complessiva 6.70m.

6.2.6 Turbina adottata.

Data la tipologia di salto e di portata, la scelta delle macchine è ricaduta sulla famiglie delle turbine ad elica ed in particolare una macchina Kaplan sommergibile ad asse verticale biregolante a giri variabili. Al fine di ottimizzare il rendimento del sistema macchina generatore vengono adottati dei generatori sincroni a magneti permanenti. Nell'immagine successiva si riporta un esempio della tipologia di macchina installata. Il rendimento complessivo del sistema macchina / generatore / trasformatore è stato assunto pari a 86.6%.
Le parti meccaniche che consentono di ottenere rendimenti così elevati sono:

- doppia regolazione
- generatore sincrono a magneti permanenti
- convertitore statico

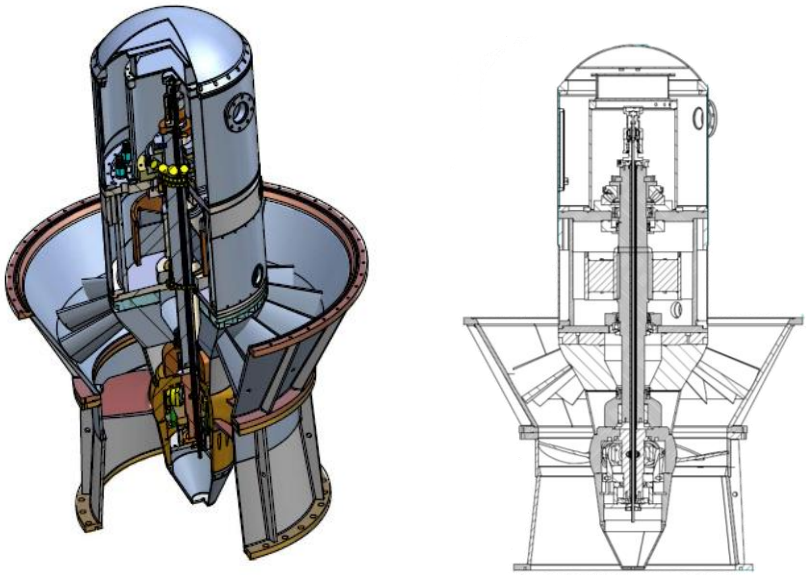


Figura 6-13 Spaccato turbina a bulbo con generatore a motore sincrono a magneti permanenti

6.2.6.1 Generatore sincrono a magneti permanenti

Il principio di funzionamento di un generatore sincrono a magneti permanenti può essere derivato da quello della macchina sincrona a poli salienti: i magneti permanenti sostituiscono i poli avvolti e forniscono un flusso di eccitazione virtualmente costante e che, a differenza della macchina tradizionale, non può essere gestito dall'esterno. Nella costruzione "a flusso radiale" le linee di flusso escono radialmente dal rotore e si chiudono su piani ortogonali alla direzione di rotazione. Delle varie alternative possibili la configurazione a "magneti superficiali" (SPM) è la più semplice e compatta: in essa i magneti sinterizzati –meccanicamente analoghi a ceramiche sono direttamente incollati sulle strutture magnetiche del rotore e sono protetti da corrosione e frattura tramite incapsulamento con resine epossidiche ed un bendaggio in fibra di vetro. Oltre a presentare perdite sul rotore quasi nulle, il generatore a magneti permanenti permette una flessibilità di progetto superiore a quella del sincrono tradizionale, tanto da consentire polarità molto elevate in costruzioni compatte (che sarebbero altrimenti non accessibili soprattutto a causa di fenomeni di dispersione interpolare e complessità realizzativa degli avvolgimenti). La polarità elevata permette la connessione diretta del generatore alla turbina, e la conveniente scomparsa del moltiplicatore di giri. L'eccitazione derivante dai magneti è però pressoché costante, quindi una connessione diretta alla rete vincolerebbe sia la velocità di rotazione sia il bilancio dei flussi di potenza attiva e reattiva ai parametri della rete stessa: per realizzare il pieno controllo di queste grandezze è quindi necessario interporre tra generatore e rete un convertitore statico.

6.2.6.2 Convertitore statico

Il convertitore statico è un convertitore a doppio stadio, costituito da un raddrizzatore corrente alternata / corrente continua e da un inverter corrente continua / corrente alternata con regolazione PWM (Pulse Width Modulation) della tensione/frequenza. Il suo funzionamento è in controllo a orientamento di campo del generatore PM (modalità FOC), con fattore di potenza della macchina prossimo all'unità. Il convertitore con-

sente di svincolare la velocità di rotazione della turbina dalla frequenza di rete; in questo modo è possibile una migliore scelta della girante e un corrispondente aumento del rendimento di turbina. La regolazione di potenza attiva/reattiva è effettuata dal convertitore, variando la fase (potenza attiva) e il modulo (potenza reattiva) della tensione; pertanto, non è richiesto un apparato di rifasa mento (batteria di condensatori) per regolare il fattore di potenza dell'energia erogata.

6.3 Canale di restituzione

Al fine di contenere gli scavi in roccia il canale di restituzione risulta ruotato rispetto al corpo centrale la quota di estradosso del canale risulta inferiore alla quota di magra dell'acqua in modo tale da garantirne sempre il corretto funzionamento

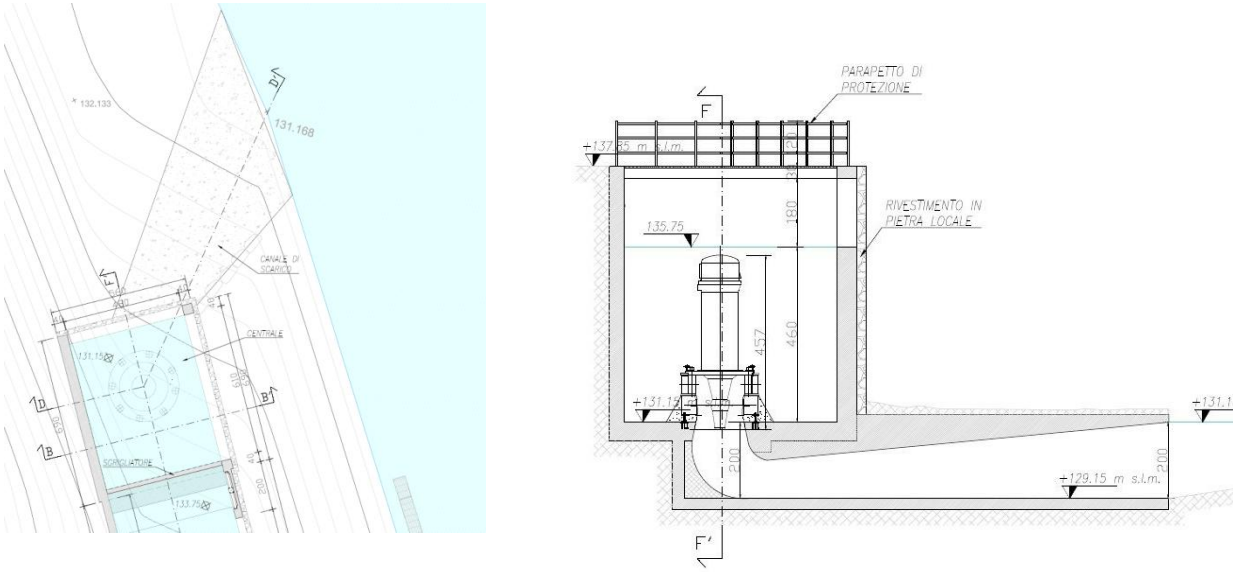


Figura 14 Canale di restituzione.

6.4 Realizzazione Cavidotto interrato e cabina di consegna

Per quanto riguarda la realizzazione delle opere di connessione tra la centrale e la cabina di consegna si prevede di interrare la conduttura elettrica lungo un sentiero esistente che verrà sistemato e reso fruibile come accesso pedonale alla centrale.

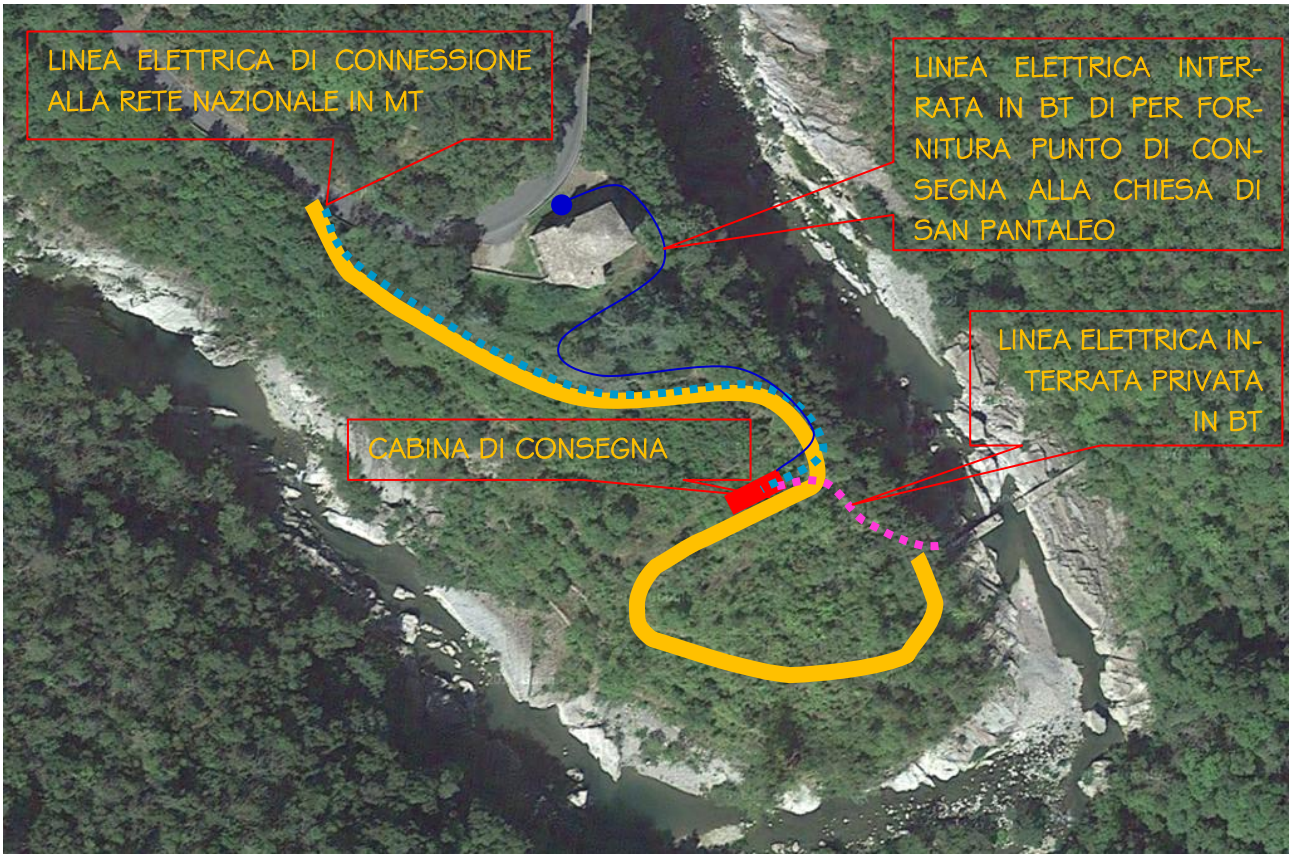


Figura 15 Fotoarea localizzazione linee interrate e cabina di consegna.

Data la morfologia del terreno, rispetto alla soluzione individuata precedentemente (cabina interrata) si prevede di realizzarla fuori terra. Le caratteristiche costruttive risultano coerenti con quanto indicato nella convezione stipulata tra il comune di Ranzo e il proponente.

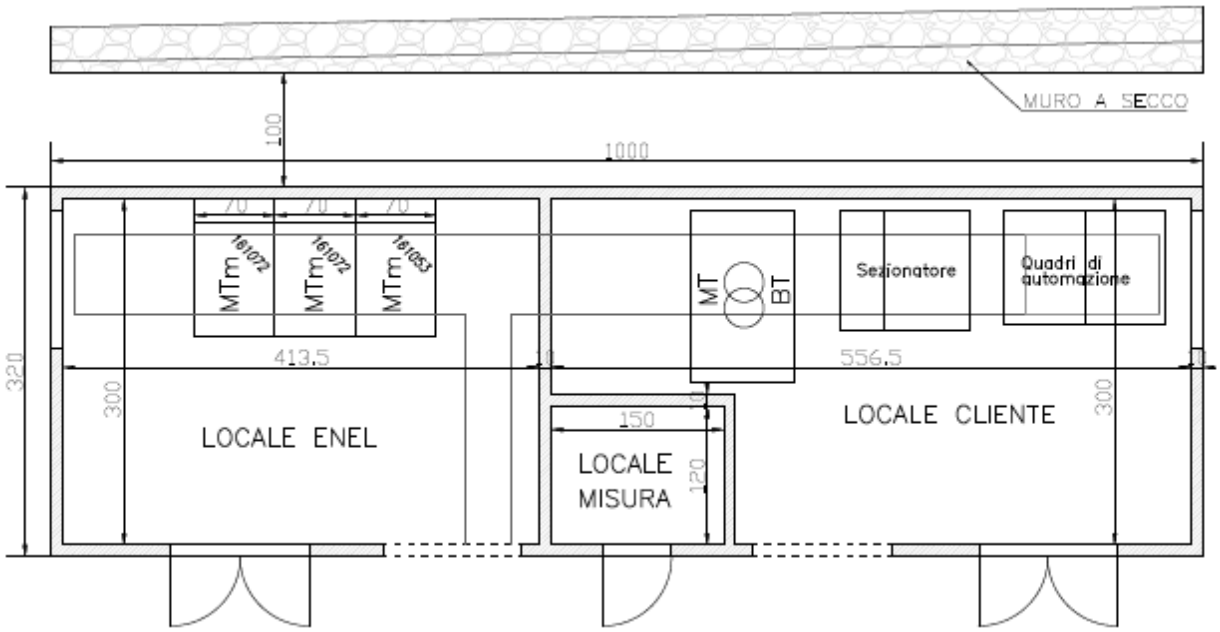


Figura 16 Pianta della cabina di trasformazione

La cabina sarà realizzata prefabbricata, rivestita in pietra a spacco naturale del tipo *"Opus ligure"*. di seguito si riportano i prospetti. Inoltre come richiesto dal comune la copertura sarà realizzata a doppia falda in tegole.

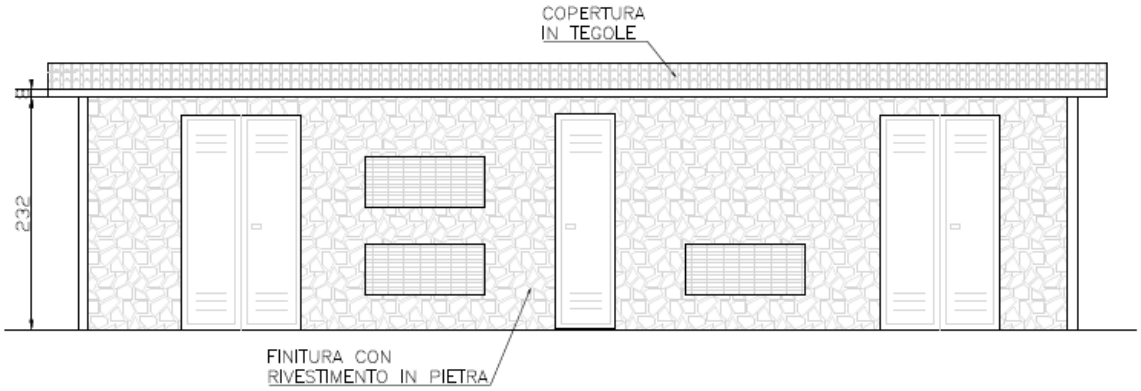


Figura 17 Prospetto frontale (SUD-EST)

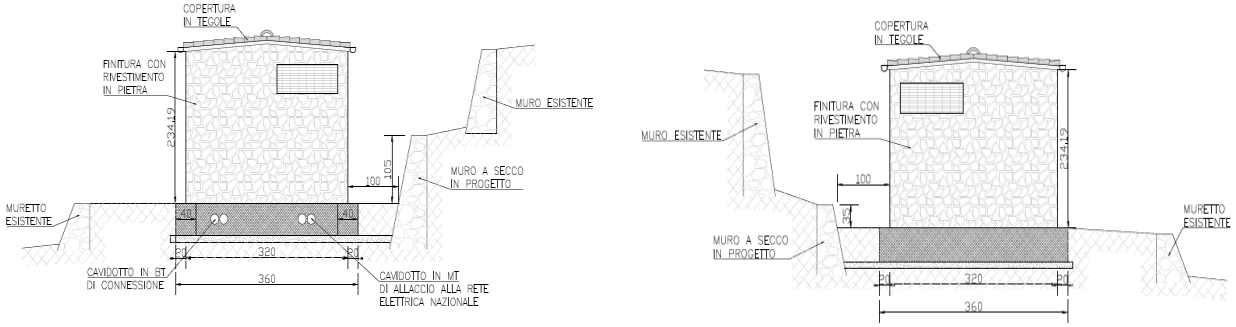


Figura 18 Prospetti laterali

A tergo della struttura sarà necessario realizzare un muretto a secco di sostegno del terreno della stessa tipologia già presente in sito.

6.5 Realizzazione passaggi rimonta fauna ittica

Sono state previste due tipologie differenti di passaggi. Il primo in destra orografica di tipo classico adatta alla maggior parte delle specie ittiche presenti, il secondo realizzato ad hoc per le anguille. Il dimensionamento dei passaggi è stato eseguito secondo le linee guida internazionali FAO "Fish passes – Design, dimensions and monitoring."(DVWK, 2002) e secondo quanto indicato nel testo "Elver and eel passes. A guide to the design and implementation of passage solutions at weirs, tidal gates and sluices. The Eel Manual– GEHO0211BTMV-E-E, pubblicato dall' Agenzia per l'ambiente del Governo Inglese.

6.5.1 Passaggio di rimonta a bacini successivi

La scala di rimonta dell'ittiofauna è stata sistemata in destra orografica al fine di sfruttare le rocce esistenti per realizzare il passaggio. Tale soluzione permette di realizzare un'opera che ben si inserisce nel contesto ambientale e consente di mantenere capacità dissipative consone alle specie target (Vairone).

6.6 Dimensionamento del passaggio di rimonta a bacini successivi

Di seguito sono illustrate le grandezze dimensionali e le equazioni di predimensionamento

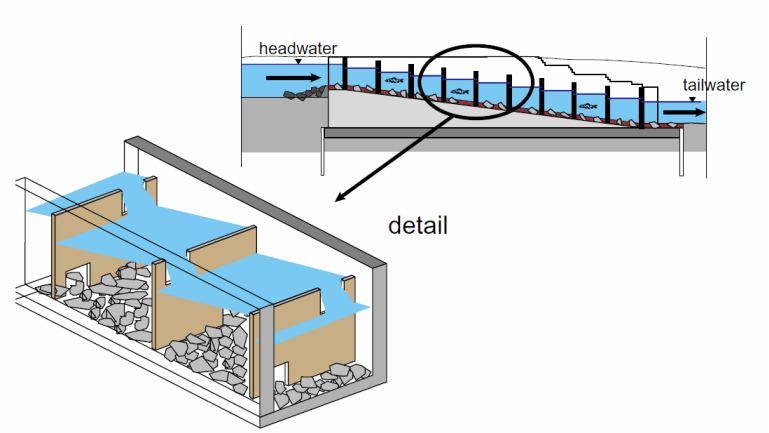


Figura 19 Schema di Funzionamento “fishing ramp” passaggio di fondo per l'ittiofauna (tratto da DVWK, 2002).

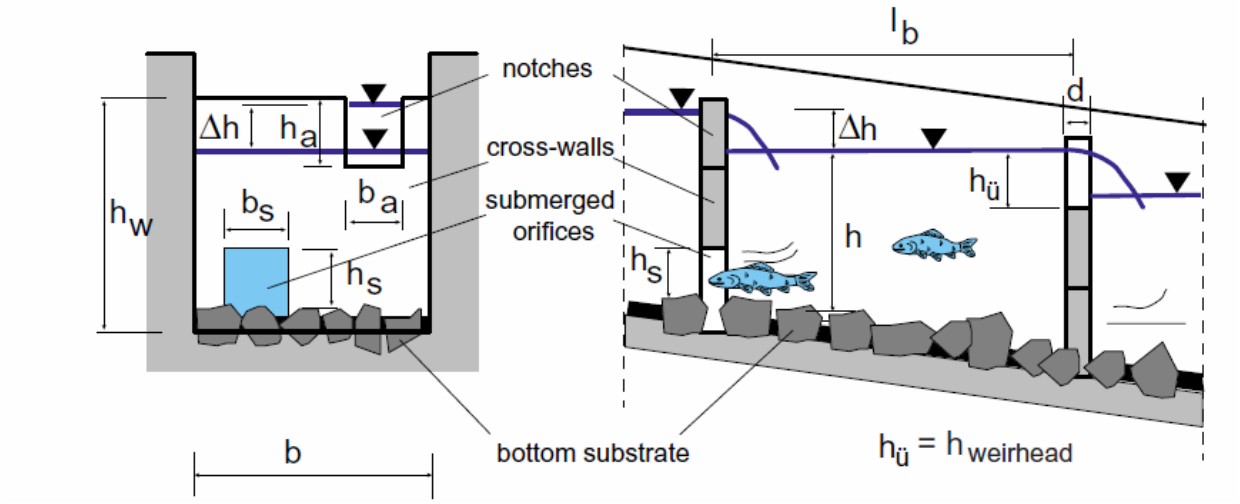


Figura 20 Grandezze caratteristiche del singolo bacino di calma

Dove *b* è la larghezza del fondo, l_b è la lunghezza del singolo bacino come indicato in figura, $\Delta_{h\text{-}tot}$ è il dislivello monte-valle della traversa da superare, Δ_h il dislivello del singolo bacino, n è il numero di vasche necessario al superamento del dislivello della traversa stimato secondo :

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

L è la lunghezza totale del passaggio, h_s e b_s sono rispettivamente l’altezza e la larghezza del passaggio sul fondo e *d* è lo spessore tra un bacino e l’altro, p_{media} è la pendenza media valutata secondo la relazione:

$$I = \Delta h / l_b$$

E infine P_v è una misura dell’energia effettivamente dissipata nel volume d’acqua della singola vasca:

$$P_v = \frac{\rho g \Delta h Q}{b h_m (l_b - d)}.$$

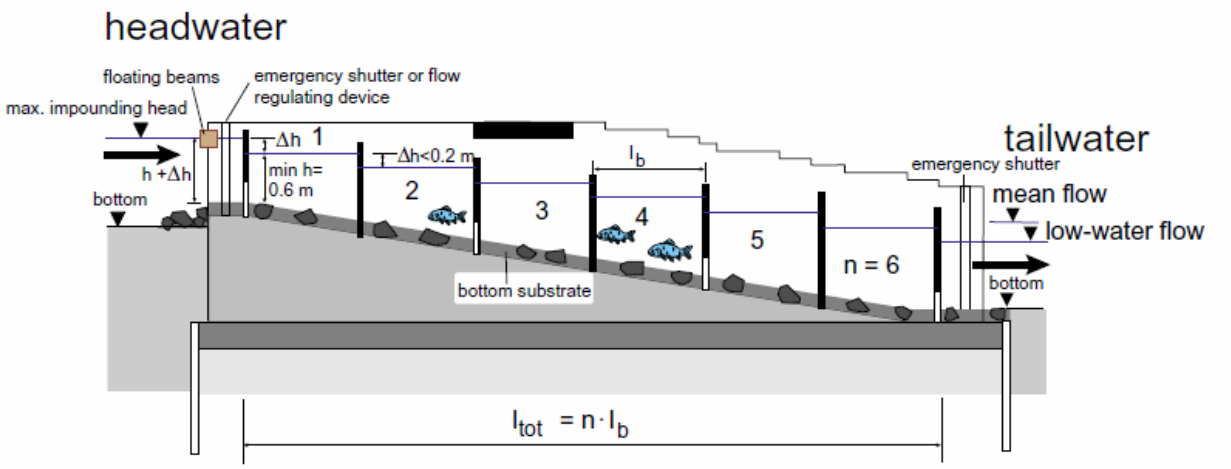


Figura 21 Esempio di profilo e grandezze caratteristiche di un passaggio di rimonta dell'ittiofauna a bacini successivi.

Il dimensionamento del singolo bacino è stato effettuato offrendo alle specie obiettivo (Vairone) un adeguato spazio per muoversi, mantenendo una ridotta turbolenza nel bacino. Tale turbolenza è stata quantificata nella potenza volumetrica dissipata. A seconda della specie ittica considerata si considera una potenza da non eccedere, oltre la quale si potrebbero generare correnti tali da impedire l'utilizzo della rampa di rimonta o addirittura stordire il pesce stesso. Tali condizioni assicurano all'interno del bacino una corrente priva di turbolenze. Per facilitare la rimonta della scala sono stati effettuati dei passaggi di fondo in ogni singolo bacino.

6.6.1 Dimensioni dei bacini di calma

Si riportano le equazioni adottate per il dimensionamento dei singoli bacini. La difficoltà di passaggio dei migratori aumenta con la turbolenza e l'aerazione esistente nel bacino di calma. Un indicatore semplice del livello di agitazione nei bacini è la potenza dissipata volumica che si esprime con la:

$$Pv = \frac{\rho * g * Q * \Delta H}{V}$$

Dove:

Pv	potenza dissipata volumica (W/m^3);
ρ	massa volumica dell'acqua (1000 kg/m^3);
g	accelerazione della gravità (alle nostre latitudini g = 9.81 m/s^2);
Q	portata nella gola di passaggio (m^3/s);
ΔH	salto fra i due bacini (m);
V	volume di acqua contenuto nel bacino (m^3);

Questo criterio permette di determinare il volume di acqua minima da contenere dentro un bacino se si fissa il salto e la portata.

Tabella 4Caratteristiche geometriche ed energetiche della scala di rimonta per l'ittiofauna. (Le portate transitanti nel "passaggio alto" e nell'"orifizio di fondo".

DIMENSIONI LONGITUDINALI		
Quota rel. ingresso	135.75	m
Quota rel. rilascio	131.15	m
ΔH	4.6	m
Δh	0.2	m
n°bacini	22	
i_b	0.13	
DIMENSIONI DEL BACINO		
l_b	1.5	m
L_{tot}	39.4	m
i_{scala}	12%	
b	1.4	m
b_s	0.35	m
h_s	0.3	m
b_a	0.7	m
h_a	0.4	m
$b_{a,max}$	1	m
h	1.4	m
d	0.2	m

CALCOLI		
$v_{s,max}$	1.98	m/s
A_s	0.105	m^2
ψ	0.65	
Q_s	0.135	m^3/s
h_w	1.6	m
Q_a	0.163	m^3/s
σ	0.52	
Q_{tot}	0.298	m^3/s
h_m	1.6	
E	173.93	W/m^3

6.6.2 Salto ammissibile tra i peli liberi

La potenza volumica riveste un'importanza fondamentale in quanto da un lato determina l'energia della vena dell'acqua che transita nelle vasche e che deve essere smorzata, in letteratura per pesci di tipo trote e ciprinidi detta energia è stata valutata intorno a 200 $W*m^3/s$.
Questi valori si riferiscono anche a pesci di taglia piccola. L'obiettivo principale è quello di non ostacolare la risalita dei riproduttori, i quali in genere sono di taglia maggiore.
I salti fra bacini sono scelti innanzitutto in funzione della capacità di nuoto e di salto delle specie ittiche. Il passaggio dei migratori sarà tanto più agevolato quanto più è ridotta la differenza di livello fra i due bacini. In questo specifico caso si è adottato un salto di 20 cm tra i singoli bacini

6.6.3 Dimensionamento delle luci di passaggio da una vasca all'altra

Le formule usuali dell'idraulica che danno la portata sopra un soglia (sia spessa che a parete sottile, con e senza contrazione annegata o libera a seconda dei casi) o della foronomia permettono anche di definire con buona approssimazione la portata su una determinata scala per ittiofauna in funzione della sua geometria e del livello dell'acqua a monte ed a valle delle soglie o finestre di sfioro.
La relazione che fornisce il valore della portata attraverso una soglia rettangolare non annegata è:

$$Q = C_d * b * H_1 * \sqrt{2 * g * H_1}$$

Dove:

Q portata smaltita sulla soglia (m^3/s);
b larghezza della soglia sfiorante (m);
H_1 altezza dell'acqua sulla soglia sfiorante (m);
C_d coefficiente di deflusso, variabile a seconda del tipo di soglia.

Il coefficiente di efflusso C_d è usualmente assunto pari a 0.385 per gli stramazzi in parete grossa e pari a 0.410 per quelli in parete sottile.
Anche la rugosità delle pareti costituenti la bocca di sfioro ha il suo effetto soprattutto alle portate ridotte. Questa condizione è favorevole adottarla in quanto consente di ridurre la velocità dell'acqua e di conseguenza aumenta l'altezza dell'acqua sulla soglia sversante. La riduzione della velocità inoltre riduce anche la contrazione della vena d'acqua in particolare sulle pareti laterali.
La portata destinata alla scala di rimonta per l'ittiofauna è gestita da uno stramazzo triangolare di tipo thomson avente larghezza pari a 140cm ed un carico idraulico sullo stesso pari a 55 cm, con un angolo alla base di 90°; queste dimensioni sono tali da consentire il passaggio della portata di 300 l/s. In condizioni normali il salto fra le vasche in successione è di circa 20 cm, in questo modo l'energia dell'acqua smorzata è inferiore a 200 W/m^3. Conviene inoltre evitare fenomeni di cortocircuito dell'acqua, ossia passaggi diretti di un getto a forte velocità da un bacino a quello seguente il che non consentirebbe una sufficiente dissipazione dell'energia del getto di acqua. Perciò è bene che i salti di acqua siano posti ad estremi opposti dei setti di separazione fra le vasche di dissipazione. All'opposto i getti di acqua non devono urtare troppo violentemente le pareti delle vasche in quanto ciò può disturbare il comportamento dei migratori e compromettere così l'efficacia dell'opera.

6.6.4 Dimensionamento dello stramazzo di tipo Thomson

Lo stramazzo è posto sulla prima vasca in ingresso del passaggio. Il sistema di prelievo delle portate consente di mantenere un battente costante a monte in modo tale da far passare la portata di DMV richiesta, pari a 300 l/s

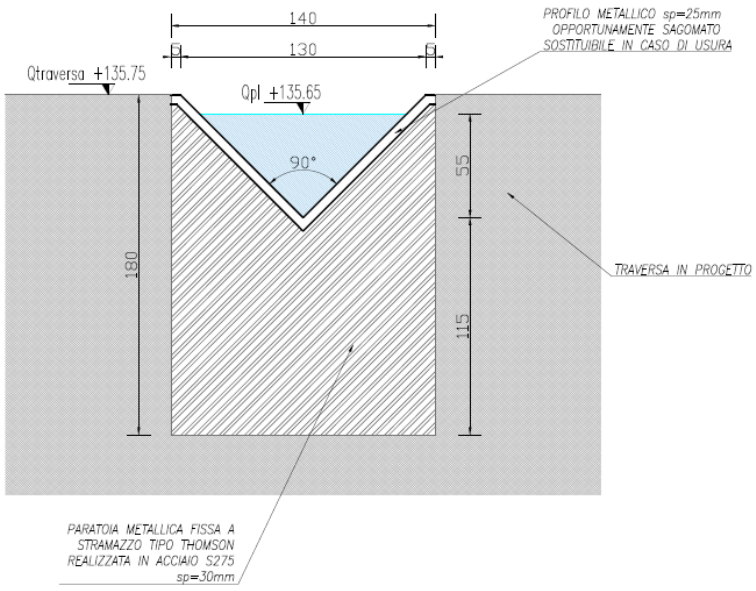


Figura 22 Stramazzo Thomson amovibile di ingresso al passaggio di rimonta per la fauna ittica.

Lo stramazzo triangolare è governato dalla seguente equazione:

$$Q = \frac{8}{15}\mu\, tg\frac{\alpha}{2}\sqrt{2g}\sqrt{H^5}$$

Dove μ è il coefficiente di efflusso ed è stimato per un angolo generico mediante la seguente relazione

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}\left[1 + \left(\frac{h^2 tg(\alpha/2)}{3B(h+w)}\right)^2\right]\left[1 + \frac{0.66}{h^{3/2} tg(\alpha/2)}\right]$$

Dove w è la parte sommersa sotto la gola dello stramazzo ,α è l'angolo al vertice e H è il carico di monte pari a $H = h + \frac{Q^2}{2gB^2(h+w)}$

Al fine di garantire il corretto funzionamento del passaggio di rimonta dell'ittiofauna, utilizzando un angolo al vertice abbastanza stretto è possibile, mantenere un carico di monte sufficientemente elevato sebbene parte dello stramazzo risulti sommerso.

La sommergenza e le portate sommerse Q_s possono essere espresse in funzione di $S = {}^{h_v}/_{h_0}$, ovvero il rapporto tra la profondità di valle e quella di monte secondo la relazione proposta da Hager che interpola i dati sperimentali della letteratura americana:

$$\frac{Q_s}{Q} = (1 - S^{2.5})^{0.385}$$

Al fine di Garantire un corretto funzionamento dello stramazzo in condizioni parzialmente rigurgitate, con un angolo α pari a 90° si è individuato il rapporto S che garantisse un errore sulla misura inferiore al 2.5%, tale rapporto limite coincide con S=0.332.

Tale condizione permette di avere un battente, in condizioni di DMV_{base} corrispondente ad una portata di 300 l/s a monte dello stramazzo pari a 55 cm con una sommergenza di 18.26 cm ed un errore stimato inferiore al 5% come richiesto dalle vigneti normative. In tale condizione non è impedito il passaggio verso la scala di rimonta per la fauna ittica.

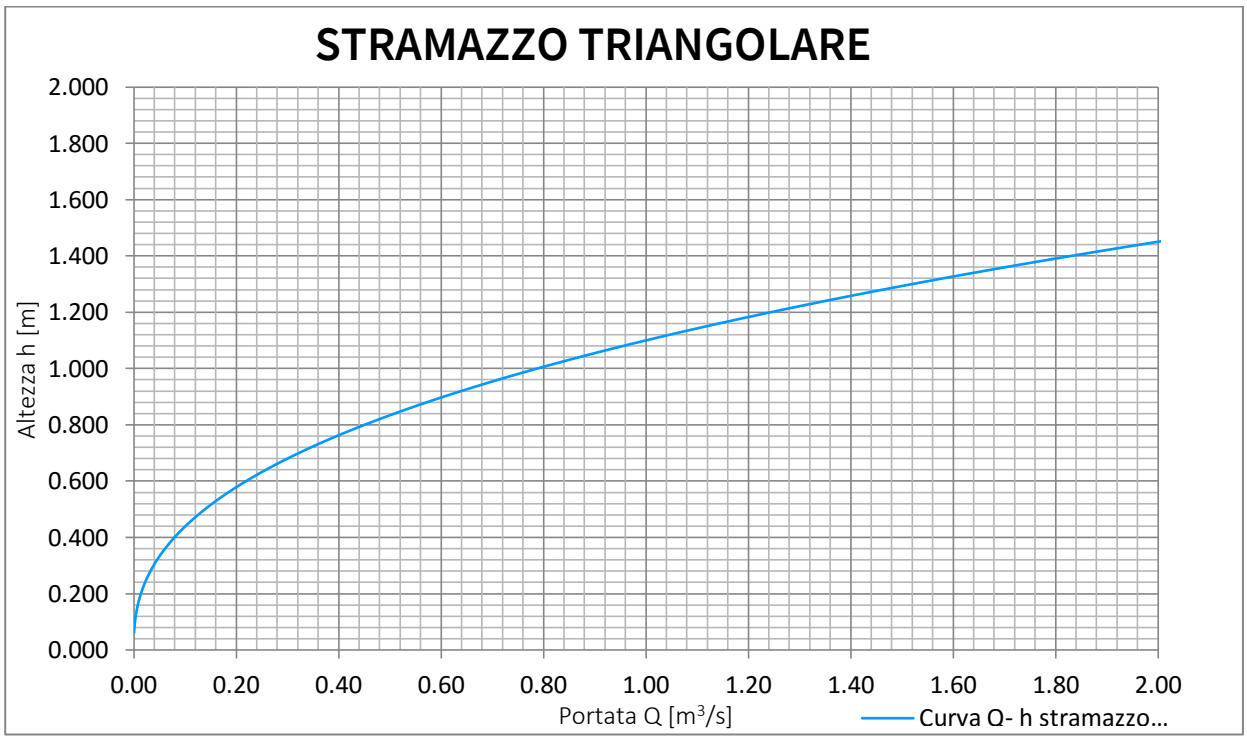


Figura 23 Scala delle portate e limiti di sommergenza standard caratteristici del misuratore a progetto

6.6.5 Calcolo delle portate transitanti nell'orifizio di fondo

Parte della portata transiterà nell'orifizio di fondo mentre la restante parte stramazzerà tra un bacino e l'altro. Il calcolo della portata transitante nel passaggio di fondo è stata valutata mediante l'equazione seguente:

$$Q_f = \varphi \cdot H_s \cdot b_s \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$$

Dove Q_f è la portata al fondo pari a 135 l/s, **φ** è un coefficiente di deflusso pari a 0.65, H_s e b_s sono rispettivamente l'altezza pari a 0.35 m e la larghezza pari a 0.30 m del passaggio al fondo e **Δ**h è il salto tra le vasche. La restante quota di portata pari a 165 l/s transita nella feritoia superficiale tra un bacino e l'altro.

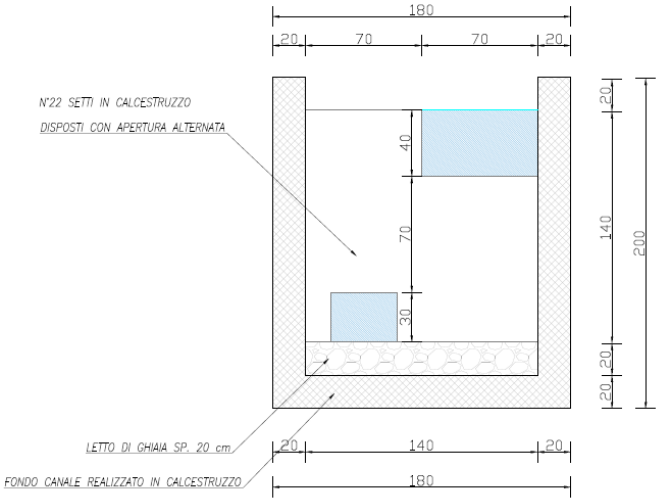


Figura 24 Dettaglio del setto di separazione dei bacini del passaggio di rimonta dell'ittiofauna

6.6.6 Protezione del passaggio di rimonta dell'ittiofauna

Vista la conformazione della sezione idrografica la scala di risalita è stata posizionata sulla sponda destra. La configurazione individuata risulta limitatamente esposta al passaggio delle piene in quanto naturalmente protetta dagli affioramenti rocciosi esistenti. Al fine di proteggerla adeguatamente il paramento verso fiume, quando non risulta incassato nella roccia è opportunamente protetto mediante la posa di massi cementati con peso 2.5ton per una larghezza di circa 1.5 m. Infine è prevista la sistematica pulizia del passaggio dopo ogni evento di piena.

6.6.7 Passaggio di rimonta per le anguille.

Il dimensionamento del passaggio di rimonta per le anguille è dedicato alle cieche, ovvero gli stati giovanili delle anguille. Le indicazioni presenti in questo paragrafo sono dedotte dal testo "Elver and eel passes" che si basa principalmente sulle analisi effettuate da Solomon and Beach 2004. Il flusso che attraversa il passaggio deve essere molto ridotto rispetto alla portata che transita sull'ostacolo da superare. L'ubicazione dell'ingresso a valle e dello sbocco di monte sono dunque elementi progettuali critici in quanto il passaggio non deve permettere alle anguille di essere trascinate giù dalla corrente che transita sulla traversa. La posizione ideale per l'ingresso del passaggio è dove i pesci tendono a riunirsi, normalmente, al piede dell'ostruzione. Questa spesso può essere determinata mediante l'osservazione diretta in sito (monitoraggi con trappola portatile) o di prima approssimazione si può considerare in prossimità di spigoli o pareti dove si creino condizioni di moto quasi fermo. Si ritiene utile comunque realizzare un monitoraggio una volta realizzato l'impianto e adottare un passaggio eventualmente riposizionabile. Può anche succedere che le anguille si riuniscano in più di una posizione al di sotto della traversa, i tal caso può essere necessario più di un passaggio, o più di un ingresso ad un singolo passaggio. Sperimentalmente si è evidenziato che la posizione ottimale di ingresso può essere all'interno di un'area molto piccola; Salomone e Beach (2004).

6.6.7.1 Tipologia di Rampa

La tipologia di rampa adotta è del tipo *Substrate Ramps* ovvero Rampa con substrato. Esistono di questa famiglia di rampe, tre sotto tipologie i cui vantaggi e i limiti di strutture a rampa con substrato sono indicati in nella tabella seguente. La tipologia dei substrati adottati sono numerosi ed realizzati in differenti materiali compresi i materiali naturali, pennelli, stuoie, geotessili, fibre polimeriche o materiali con comportamento rigido quali forme plastiche e modanature in calcestruzzo. Un certo numero di substrati naturali sono stati utilizzati in passato, questi includono piccoli rami degli alberi o sottobosco, erica, paglia e fieno (sciolti o tessuti in corde o trecce), pietre e trucioli di legno; tuttavia, gli studi di Salomone e Beach (2004) hanno concluso che substrati di materiali naturali (ad eccezione delle pietre in determinate circostanze) sono solo di interesse storico e non hanno posto in passaggi moderni).

La soluzione adottata prevede l'installazione di ciuffi di setole in materiale polimerico.

Ciuffi di setole di vari materiali sono stati utilizzati per creare substrati la risalita delle anguille per molti anni. I primi riferimenti risalgono a O'Leary (1971) e Tesch (1977), che utilizzarono delle spazzole per un passaggio per le anguille sull'Elba già nel 1964. Al principio spesso venivano utilizzati teste di scopa disposte in una matrice adatta, ormai però vengono realizzati in una gamma di materiali polimerici idonei, per dimensioni e distanze scelti in base alla situazione e alle dimensioni delle anguille che devono transitare. Tipica è la gamma di tappeti setole commercializzati dalla società "Fish Pass" in Francia. Questi sono in genere tappeti di polipropilene di dimensioni di 1.000 millimetri x 400 millimetri con ciuffi di setole lunghi circa 70 mm. Ogni gruppo comprende circa 25 setole. La spaziatura delle setole in ciuffi viene variata in base alle dimensioni di anguille presenti e si considera come distanza minima variabile tra 14 o 21 mm. I tappeti possono essere tagliati per il montaggio di particolari configurazioni, e il prezzo corrente da "Fish-Pass" è di € 131 per 1000 x 400 mm per pannello per tutti i tipi di setola e spaziatura.

Tabella 5 tipologie di strutture a rampa con substrato

	Passaggio standard	Passaggio a Trappola	Passaggio assistito da un elettropompa
Vantaggi	Nessun alimentazione d'acqua esterna richiesta. Resistente a danni delle alluvioni. Ridotti interventi di manutenzione. Bassa manovalanza richiesta.	Pompa in genere non necessaria (alimentazione gravità). I migranti sono intrappolati per monitoraggio e distribuzione. Non è vulnerabile a fluttuazioni dei pelo libero. Può essere rimosso alla fine della stagione migratoria. Può essere ricollocata per trovare posizione ottimale.	I migranti possono essere intrappolati per il monitoraggio, o semplicemente possono transitare a monte dell'ostacolo. Non è vulnerabile ai cambiamenti pelo libero. Può essere rimossa alla fine della stagione migratoria Possibilità di ricollocarla in zona più idonea.
Limiti	Maggiore complessità nell'eseguire monitoraggi dei migranti. Molto vulnerabili alle fluttuazioni del livello dell'acqua in testa alla presa	Impianto idraulico dedicato richiesto. Necessità di controllo e manutenzione frequente. Può essere vulnerabile a inondazioni danni e atti vandalici. Facilità di intasamento dell'alimentazione all'ingresso della tubazione.	Installazione di un sistema di pompaggio con impianto idraulico dedicato. Regolare controllo con frequenti interventi di manutenzione. Può essere vulnerabile a inondazioni danni e atti vandalici.

6.6.7.2 Pendenza trasversale e longitudinale della rampa

Il parametro fondamentale per il dimensionamento della rampa è la pendenza longitudinale che normalmente rappresenta un compromesso tra la garanzia di limitata velocità dell'acqua, rendendo così possibile la salita confortevole per le anguille (che suggerisce una bassa pendenza) e la lunghezza dell'impianto so-

prattutto nei siti con grandi salti idraulici (che richiede un elevata pendenza). È probabile che differenti tipi di substrato possano avere differenti intervalli ottimali di pendenza. In letteratura si trovano esempi di sperimentazioni di passaggi con pendenze molto diverse ad esempio quello a servizio della diga di Mosè-Saunders in Canada dopo aver sperimentato pendenze fino a 20°, il passaggio è stato fissato a 12° ed è considerato come "abbastanza piatto per non inibire il movimento, e abbastanza ripido da garantire un adeguato battente della corrente in tutte le sezioni della scala " (Eckersley, 1982). Legault (1993) suggerisce che la pendenza longitudinale per passaggi con substrato non debba superare i 35°. La '"Scala per Anguille" a substrato di Milieu (FR) è progettata per essere installata su pendenze fino a 55°. La diga di Chambly in Canada ha un pendenza di 52° per il suo ciclo principale (per una lunghezza di 9,2 m).
Nel caso in esame si utilizza una pendenza intermedia intorno a 35° di inclinazione del substrato.
La relazione che lega alla pendenza della rampa alla lunghezza del passo è determinata dall' altezza della struttura e dall'angolo della rampa come indicato nella tabella seguente.
Legault (1993) oltre a definire la pendenza massima consigliata, illustrata precedentemente consiglia per il substrato una lunghezza del passo di circa 1,7 volte il dislivello della rampa. Inoltre nei passaggi di elevata estensione è buon uso realizzare aree di riposo, da realizzare nei cambi di direzione; quest'ultime sono in genere piscine, o vasche, o tratti a ridotta pendenza (pianeggianti)con un volume sufficiente per ridurre la velocità del flusso garantito dalla presenza del substrato per fornire ulteriore protezione dal flusso. Anche se in letteratura non sono disponibili indagini per definire i requisiti di efficacia di tali aree di calma, si raccomanda di intervallare i tratti più lunghi con tratti di riposo.

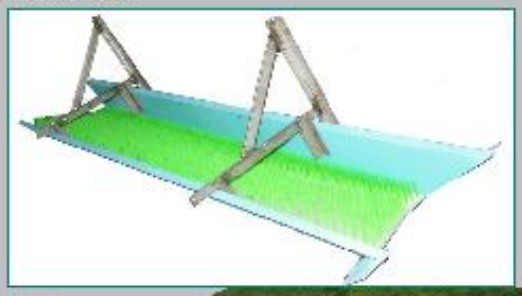
Pendenza	Lunghezza in metri per metro di salto
10°	5.8
15°	3.9
20°	2.9
30°	2.0
35°	1.7
40°	1.4

Usualmente in letteratura sono consigliate larghezze della rampa variabili tra 400mm e 1000mm con una profondità minima di 100 mm con il substrato di setole inclinato a garanzia di un corretto funzionamento con ogni portata. Ne consegue che la soluzione adottata prevede di realizzare una canaletta da 500 mm con il letto di setole inclinate a circa 20°. Come tipologia si adotta un passaggio prefabbricato come quello riportato di seguito a titolo esemplificativo, per consentire la riposizionabilità a seguito di monitoraggi specifici.

TERRAQUA Environmental Solutions

PRE-FABRICATED CRAWLING GUTTER

Pre-fabricated crawling gutters are used to create eel ladders on banks of dams with regulated upstream level. The gutter is covered with brushes with a 45° slope. The top of the crawling gutter is irrigated by the upstream water level. Il could be adapted to each dam configuration : slope(10 to 45 °), width (0,21 or 0,40 m width), resting pool.... Settlement is adapted to each dam. Standard brackets are supply to settle the crawling gutter along a vertical wall.



Reference : CG



Crawling gutter fixed on a manhole at the end of the upstream by-pass channel.



The prefabricated crawling gutter equip a 5,50 m hight dam. The eel pass is supplied with water gravitationally. Its configuration is suited for the dam. The pass is made of prefabricated components, the gutter is directly settled on the dam with 2 resting pool.

Material :

Polyester and stainless steel

Terraqua Environmental Solutions
Weston Yard, Albury, Surrey, GU5 9AF
www.Terraqua-es.co.uk - info@terraqua-es.co.uk - 01483 205641

Figura 25 Scheda tipologia di passaggio

La sezione del profilo prefabbricato rispetta le seguenti condizioni di portate garantendo ridotte velocità. Si suppone quindi di lasciar defluire un battente di circa 3 cm che consente di avere una velocità di imbocco (supposto di adottare uno stramazzo in parete grossa) pari a

$$v = \frac{1}{\sqrt{3}}\sqrt{2gh_0} = 0.577\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.03} = 0.443\ m/s$$

Che forniscono una portata di transito pari a

$$Q = \mu h b\sqrt{2gh} = 0.385 \cdot 0.02 \cdot 0.5\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.03} = 0.00443\frac{m^3}{s} = 4.4\ l/s$$

6.7 Sistemazioni esterne alla centrale

Per quanto riguarda la sistemazione esterna all'intervento si prevede:

- Realizzazione accesso permanente per le operazioni di manutenzione, con ripristino parziale pista esistente
- Realizzazione accesso pedonale, con ripristino di antica mulattiera
- Piantumazione specie autoctone nella zona limitrofa alla centrale.
- Pulizia delle fasce sottosanti la chiesa di San Pantaleo.
- Realizzazione di un area Pic-nic in prossimità del piccolo invaso
- Realizzazione punto di allaccio per fornire alimentazione elettrica esterna alla chiesa di San Pantaleo

Per quanto riguarda la realizzazione e il mantenimento dell'accesso alla zona soprastante la centrale si prevede di sistemare ed adeguare la pista esistente mantenendola ad un sezione minima di 2.8m. Le principali operazioni per la realizzazione del ripristino, prevedono la pulizia della sede stradale esistente dalla vegetazione e la regolarizzazione del fondo. Sarà necessario realizzare opportunamente delle canalette per lo scolo dell'acqua al fine di non generare fenomeni erosivi localizzati. Il distanziamento di tali manufatti dipende sia dalle caratteristiche che governano la formazione del deflusso (precipitazioni, caratteristiche idrologiche del versante e posizione della strada sul versante), che da quelle della strada (pendenza, resistenza del substrato, tipologia di piano stradale). La distanza tra gli elementi dovrebbe essere tale da garantire il corretto deflusso del volume prodotto sulla sede stradale, da limitare l'erosione del fondo stesso ed evitare la formazioni di solchi, ma al contempo garantire un transito sufficientemente confortevole.
Il committente si rende disponibile a definire nel dettaglio con le amministrazioni competenti tutti i progetti relativi alle opere indicate.

7 GESTIONE OPERATIVA DELLE PORTATE DERIVATE

Al fine di garantire il corretto funzionamento dell'impianto e nella salvaguardia del corretto utilizzo dei passaggi di rimonta della fauna ittica si prevede di modulare le portate secondo i flussi funzionali principali:

- dispositivi di rilascio del deflusso minimo vitale;
- impianto idroelettrico a progetto.

Poiché l'impianto presenta un tratto sotteso ridotto, la portata di DMV non ha funzionalità di salvaguardia eco sistemica ma essenzialmente è necessaria al corretto funzionamento delle strutture di continuità ecologica, pertanto i flussi richiesti risultano:

- passaggio artificiale per l'ittiofauna "classico" 0.300 m^3/s;
- passaggio artificiale specifico per le anguille 0.004 m^3/s eventualmente regolati a mezzo di elettropompa nel periodo di migrazione.

L'attivazione dell'impianto avviene per portate superiori alla portata minima in alveo pari a 0.600 m^3/s (Q_{DMV} + Q_{min}). La portata non derivata risulta sempre pari ad almeno 0.304 m^3/s. La centrale è dotata di una turbina idraulica di tipo Kaplan sommersa biregolante a giri variabili. La turbina idraulica, nel complesso valorizza portate comprese nell'intervallo:

- Q_{min} = 0.300 m^3/s portata minima d'esercizio;
- Q_{max} = 6.00 m^3/s portata massima d'esercizio.

La paratoia piana posta a monte della macchina idraulica concorre alla regolazione del flusso idraulico, la turbina biregolante, ha il compito di gestire la modulazione delle portate nel range di esercizio variando sia la geometria che i giri al fine di mantenere sempre elevato il rendimento.

Questa condizione garantisce il regolare funzionamento del passaggio artificiale per l'ittiofauna e la corretta alimentazione della turbina idraulica dell'impianto.

8 PRODUZIONI

In virtù dell'aumento del rilascio di DMV adottato risulta necessario aggiornare i valori di produzione stimati per l'impianto a progetto.

8.1 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DERIVATE E POTENZA NOMINALE.

A seguito dell'aggiornamento della portata di Deflusso Minimo Vitale e del conseguente adeguamento dei passaggi di rimonta della fauna ittica di seguito è stato necessario rivalutare le portate prelevate.
Data l'adozione di una turbina Kaplan biregolante a giri variabili che permette di mantenere di avere rendimenti elevati anche con basse portate, l'intervallo di funzionamento di progetto è:

Tabella 6 Portate di progetto Turbina

Q_{max}	6.00	m^3/s
Q_{min}	0.300	m^3/s

8.1.1 Calcolo della portata media derivata

Si riporta in forma tabellare e grafico i dati relativi alle portate prelevate e derivate nell'anno medio ricavato a partire dalla serie storica di dati di portata misurati a Pogli.

Tabella 7 Portate derivate di progetto.

Durata	Q_{Pogli}	$Q_{San\ Pantaleo}$	Q_{DMV}	Q_{disp}	$Q_{der.}$	$Q_{ril.eff}$
[gg]		[m^3/sec]	[m^3/sec]	[m^3/sec]	[m^3/sec]	[m^3/sec]
Q_{10}	21.860	17.925	0.300	17.625	6.000	11.925
Q_{30}	17.000	13.940	0.300	13.640	6.000	7.940
Q_{50}	12.500	10.250	0.300	9.950	6.000	4.250
Q_{60}	9.600	7.872	0.300	7.572	6.000	1.872
Q_{80}	5.600	4.592	0.300	4.292	4.292	0.300
Q_{91}	4.080	3.346	0.300	3.046	3.046	0.300
Q_{130}	2.000	1.640	0.300	1.340	1.340	0.300
Q_{182}	1.820	1.492	0.300	1.192	1.192	0.300
Q_{274}	0.820	0.672	0.300	0.372	0.372	0.300
Q_{284}	0.720	0.590	0.300	0.290	0.000	0.590

Dato che la concessione di derivazione è attiva per tutto l'anno (01/01-31/12) per 365 giorni l'anno la portata media di progetto è stata calcolata come:

$$Q_{der_media} = \frac{\sum Q_i}{n} = 1.99\ m^3/s$$

dove i Q_i sono le portate calcolate negli intervalli di assegnata durata ed n è pari a365 giorni

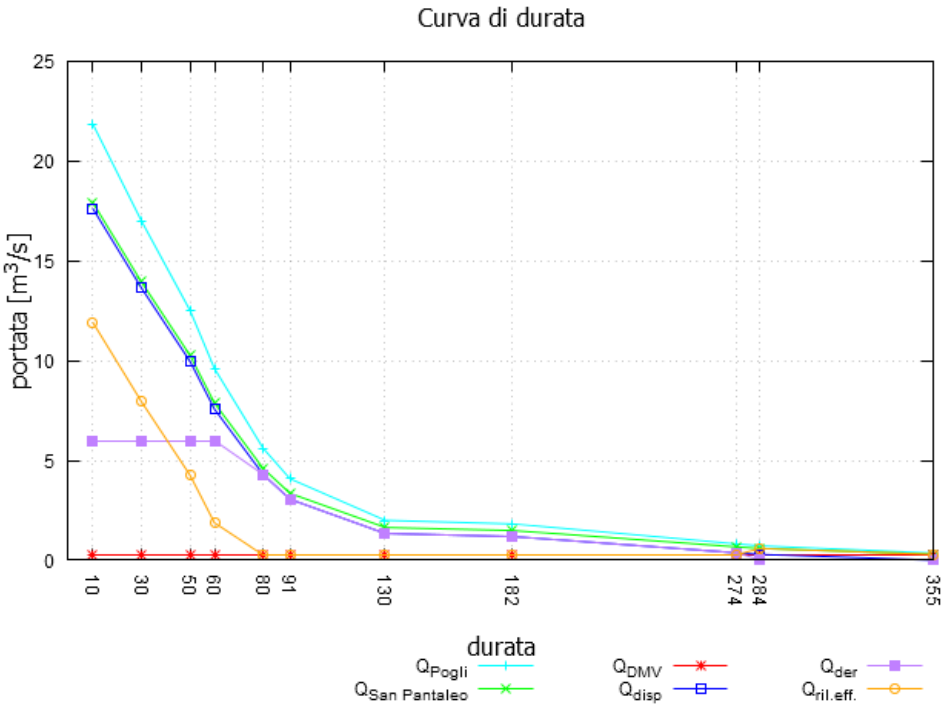


Figura 26 rappresentazione della FDC dell'impianto

La potenza nominale dell'impianto è valutata secondo la relazione:

$$P_{nom} = \frac{Q_{der_media} * H}{102} = \frac{1.99 * 1000 * 4.60}{102} = 89.75\ kW$$

8.2 POTENZA INSTALLATA E POTENZA RESA

La potenza installata dipende dalla portata massima derivabile e dal salto motore massimo ad assegnata portata, la Q_{max} = 6000 l/s pari alla portata massima di concessione ed il salto medio utile pari a 4.60 m:

$$P_{\max} = \frac{Q_{\max} * H}{102} = \frac{6000 * 4.60}{102} = 270.59 \quad kW$$

La potenza massima resa ai morsetti del trasformatore dipende dalla portata massima derivabile, dal rendimento dell'impianto, delle macchine e dal salto motore.

Per quanto concerne il rendimento, le caratteristiche tipiche di turbine della taglia richiesta indicano valori medi dell'ordine del 92 %. Il rendimento del generatore elettrico può essere stimato in circa il 98% mentre al trasformatore del 95%.

Ne risulta complessivamente un rendimento di macchina elettro-idraulico del 86.60 %.

La potenza massima resa non dipende dagli scenari di utilizzo, ma solo dalla portata massima derivata e si deduce dalla relazione:

$$P_{\max} = \frac{Q_{\max} * H}{102} * \eta = \frac{6000 * 4.60}{102} * 0.92 * 0.95 * 0.98 = 231.78 \quad kW$$

La potenza installata alla turbina risulta pertanto essere pari 290 KW.

8.3 CALCOLO DELLA PRODUZIONE MEDIA ANNUA

La producibilità media dell'impianto può essere valutata integrando la potenza nel periodo di utilizzo. Numericamente il calcolo è stato eseguito utilizzando il metodo dei trapezi per la valutazione dell'area sottesa dalla curva di durata:

$$P = \begin{cases} P = Q * H * \eta * g & per\ Q_{min} < Q_{disp} < Q_{max} \\ P = P(Q) & per\ \ Q_{disp} > Q_{max} \end{cases}$$

$$E = \int P(t)\, dt$$

Nella seguente tabella sono riportati i valori di potenza ed energia prodotta:

Durata	Q_{nat}	DMV	Q_{disp}	Q_{turb}	Potenza	Energia
Q_{10}	17.93	0.300	17.63	6.00	231.78	56'262.88
Q_{30}	13.94	0.300	13.64	6.00	231.78	112'525.76
Q_{50}	10.25	0.300	9.95	6.00	231.78	112'525.76
Q_{60}	7.87	0.300	7.57	6.00	231.78	56'262.88
Q_{80}	4.59	0.300	4.29	4.29	167.69	96'509.59
Q_{91}	3.35	0.300	3.05	3.05	119.00	37'843.16
Q_{130}	1.64	0.300	1.34	1.34	52.36	80'192.61
Q_{182}	1.49	0.300	1.19	1.19	46.59	61'741.38
Q_{274}	0.67	0.300	0.37	0.37	14.55	67'497.45
Q_{284}	0.59	0.300	0.29	0.00	0	0.00
Q_{355}	0.30	0.300	0.00	0.00	0	0.00
				Q_{media}		Tot
				1.99		681'361.48

La produzione mediamente attesa è dunque di 681'361 KWh per un periodo di funzionamento di circa 274 giorni anno ed un fermo di 91 giorni. Alle produzioni sopra elencate è necessario decurtare una quota pari al 2% dovuto all'alimentazione delle apparecchiature ausiliarie, ottenendo una stima della produzione netta di circa 667'734'.25 kWh.

9 MISURE DI COMPENSAZIONE AMBIENTALE

Come previsto nella convenzione stipulata tra il committente e il comune di Ranzo, è prevista la realizzazione di un punto di connessione alla rete elettrica in BT in prossimità della chiesa di San Pantaleo.

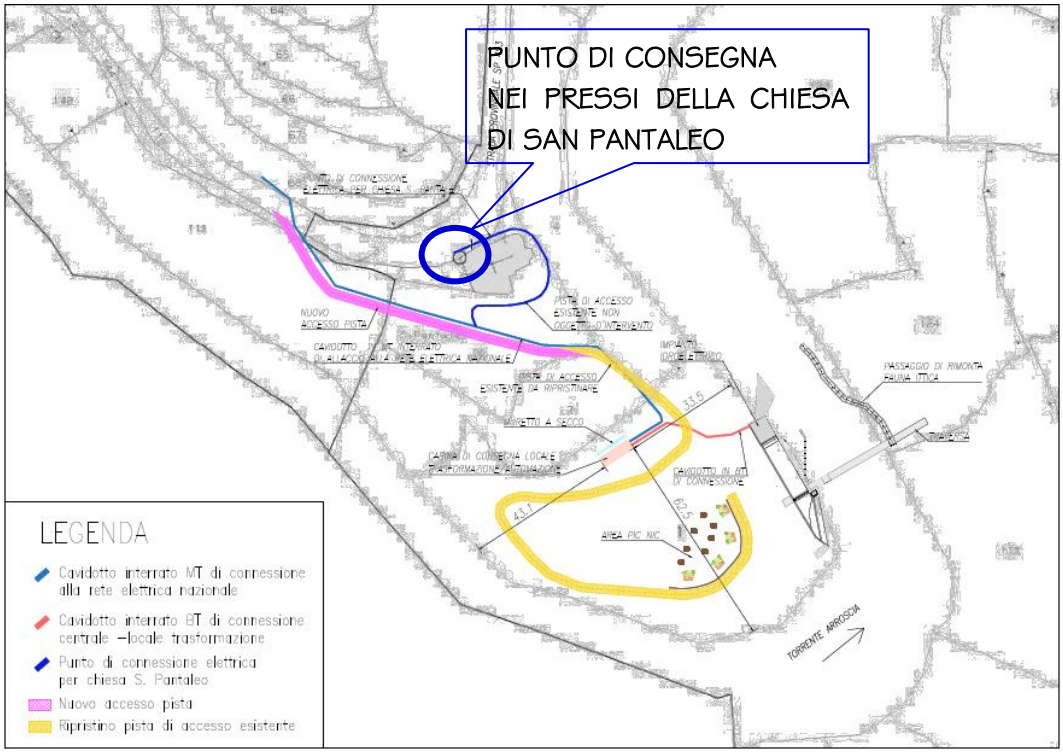


Figura 27 Localizzazione della Punto di consegna da realizzarsi in prossimità della chiesa di San Pantaleo e linea di connessione (blu scuro).

Inoltre è prevista la pulizia delle fasce poste sotto la Chiesa sino a scendere in prossimità della centrale e la realizzazione di un area picnic, in modo tale da rendere fruibile al pubblico le aree antistanti il piccolo invaso che si verrà a generare a seguito della realizzazione dell'intervento.

10 CONCLUSIONE

L'intervento così aggiornato come nelle prescrizioni della determina di assoggettabilità a procedura di VIA n.1816 del 01/07/2011 protocollo n. PG/2011/109260 relativa all'impianto idroelettrico sul Torrente Arroscia, permette di ottenere opere con un minor impatto ambientale, un deflusso minimo vitale idoneo al corretto funzionamento dei passaggi di rimonta della fauna ittica e grazie all'adozione di una turbina ad alto rendimento che consente di mantenere le produzioni attese nella versione originaria.
Pertanto a seguito dell'aggiornamento degli elaborati come indicato nella determina di assoggettabilità a di VIA n.1816 del 01/07/2011 protocollo n. PG/2011/109260 i nuovi dati di concessione variano come riportato nella seguente tabella.

Tabella 8 Confronto tra i dati di concessione presentati e quelli aggiornati, QDMV è la portata rilasciata come deflusso minimo vitale, Qmax è la portata massima di concessione richiesta,Qder_media è la portata media derivata, Qmin è la portata minima di esercizio, ed è scelta in funzione della tipologia di turbina adottata, η è il rendimento globale di impianto e Pnom, la potenza nominale di progetto.

	DATI DI CONCESSIONE ORIGINALI	DATI DI CONCESSIONE AGGIORNATI
Q_{DMV}	0.190 m^3/s	0.300 m^3/s
Q_{max}	6.00 m^3/s	6.00m^3/s
Q_{der_media}	2.06 m^3/s	1.99 m^3/s
Q_{min}	0.40 m^3/s	0.30 m^3/s
η	85%	86%
P_{nom}	92.90 kW	89.75 kW
stima producibilità annua	662'941.44 kWh	667'734.25 kWh