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	15/02/2016	PRIMA_EMISSIONE			
01					
02					
03					
04					

TAVOLA	TITOLO ELABORATO	SCALA
RC-02-C	**QUADRO PROGETTUALE**	**-**

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.

1 PREMESSA....3
2 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE....3
2.1 IPOTESI PROGETTUALI....5
2.2 SOLUZIONE ADOTTATA....11
2.3 Demolizione e ricostruzione della traversa esistente....12
2.4 Realizzazione della centralina idroelettrica....13
2.4.1 Opera di derivazione....14
2.4.2 Canale di adduzione....14
2.4.3 Sgrigliatore automatico....15
2.4.4 Dimensionamento grigliato....16
2.4.5 Locale Turbina....18
2.4.6 Turbina adottata....18
2.5 Canale di restituzione....20
2.6 Realizzazione Cavidotto interrato e cabina di consegna....20
2.7 Realizzazione passaggi rimonta fauna ittica....22
2.7.1 Passaggio di rimonta a bacini successivi....22
2.8 Dimensionamento del passaggio di rimonta a bacini successivi....23
2.8.1 Dimensioni dei bacini di calma....24
2.8.2 Salto ammissibile tra i peli liberi....25
2.8.3 Dimensionamento delle luci di passaggio da una vasca all'altra....25
2.8.4 Dimensionamento dello stramazzo di tipo Thomson....26
2.8.5 Calcolo delle portate transitanti nel orifizio di fondo....27
2.8.6 Protezione del passaggio di rimonta dell'ittiofauna....28
2.8.7 Passaggio di rimonta per le anguille....28
2.9 Sistemazioni esterne alla centrale....32

1 PREMESSA

Nel presente elaborato vengono prese in esame le soluzioni progettuali individuate nel corso di progettazione delle opere, evidenziando le scelte che hanno indotto alla soluzione adottata.

2 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

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.

2.1 IPOTESI PROGETTUALI

Durante l'iter progettuale sono state prese in considerazione diverse soluzioni tra cui la non realizzazione dell'opera, o "ipotesi zero". Tra le numerose opzioni è stata scelta quella che permette il miglior compromesso tra impatto ambientale e paesaggistico, realizzabilità tecnica e tornaconto economico.
Qualora l'opera non venisse realizzata (**IPOTESI ZERO**) e si mantenesse invariata l'attuale conformazione dell'area in esame, non si determinerebbero certamente impatti negativi, ma si rinuncerebbe ai vantaggi dell'intervento, tra i quali:

1) *soddisfacimento di una domanda di energia crescente;*
2) *produzione di energia mediante ricorso a fonti rinnovabili e metodologie meno inquinanti di quelle attualmente comunemente impiegate;*
3) *possibilità di generare un posto di lavoro permanente per la gestione dell'opera;*
4) *controllo e riduzione delle velocità mediante il ripristino della traversa parzialmente demolita.*

L'ipotesi ZERO, dunque, va considerata e valutata non tanto come alternativa alla realizzazione dell'impianto, quanto piuttosto come termine di confronto rispetto ai diversi scenari ipotizzabili per la costruzione dello stesso. In fase progettuale si è valutata la possibilità di localizzare l'impianto in altre sezioni, sempre in prossimità della traversa esistente, ritenute poi meno vantaggiose:

A. *in sponda sinistra con tratto intubato ;*
B. *in sponda sinistra nel corpo traversa;*
C. *in sponda sinistra con il rifacimento della traversa esistente con realizzazione dell'impianto in calce alla traversa;*

La scelta della localizzazione dell'impianto è ricaduta su sezioni del fiume che presentassero caratteristiche idonee alla realizzazione di opere in alveo,(esistenza di una traversa preesistente, seppur demolita) cercando di ridurre al minimo l'impatto indotto dalla costruzione delle opere stesse, sia in condizioni di deflusso ordinario, sia in caso di piena. Inoltre, si sono valutati aspetti quali l'accessibilità ai mezzi di cantiere e la posizione rispetto ai centri abitati, in modo da evitare situazioni di eventuale pericolo per la vita umana in caso di collasso del corpo diga.

IPOTESI A)

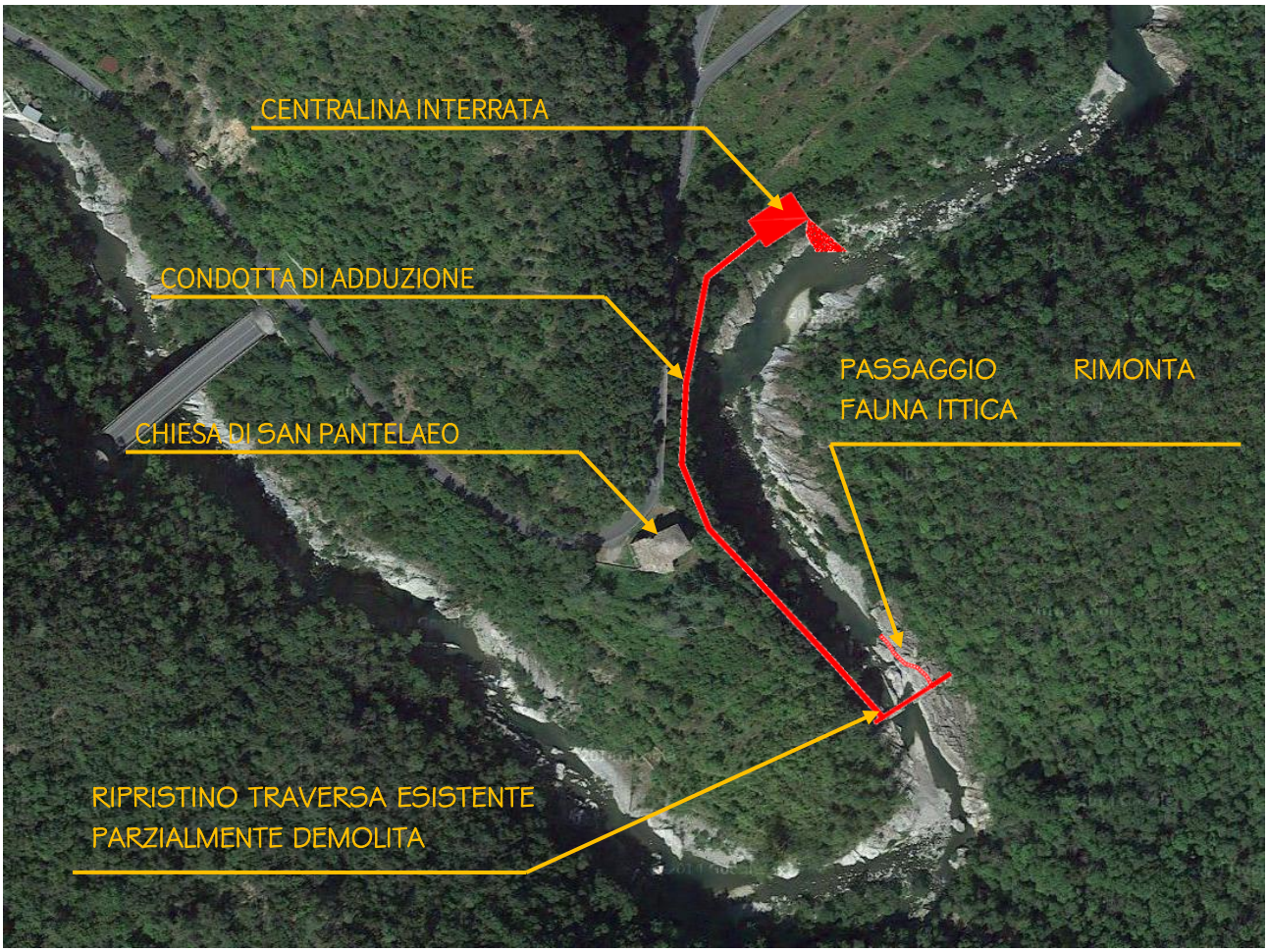


Figura 4 Inquadramento fotoaereo soluzione A (fonte Google earth)

Questa soluzione progettuale prevede di realizzare:

- *ripristino dello sbarramento esistente con realizzazione di derivazione;*
- *tratto intubato;*
- *centralina idroelettrica interrata*
- *cabina di consegna;*
- *restituzione in alveo;*
- *accessi alla presa e alla centrale.*

Tale soluzione permette di valorizzare energeticamente le portate disponibili nel tratto di Torrente Arroscia con salto idraulico lordo di circa 7 m . Dal punto di vista degli scavi il materiale asportato viene completamente riutilizzato in loco per il tombamento della condotta. La centrale è realizzata interrata in prossimità della restituzione. Il Deflusso Minimo Vitale viene lasciato defluire internamente al passaggio di rimonta della fauna ittica, al fine di garantire la continuità eco sistemica tra monte e valle del manufatto ripristinato.
Di seguito si riporta lo scenario di produzione ottenibile in caso di scelta dell'IPOTESI A.

Durata	Qnat	DMV	Qdisp	Qturb	Potenza	Energia

Q_{10}	17.93	0.300	17.63	6.00	348.3660414	83,607.85
Q_{30}	13.94	0.300	13.64	6.00	348.3660414	167,215.70
Q_{50}	10.25	0.300	9.95	6.00	348.3660414	167,215.70
Q_{60}	7.87	0.300	7.57	6.00	348.3660414	83,607.85
Q_{80}	4.59	0.300	4.29	4.29	249.1978416	143,415.33
Q_{91}	3.35	0.300	3.05	3.05	176.8306026	56,235.75
Q_{130}	1.64	0.300	1.34	1.34	77.80174924	119,167.94
Q_{182}	1.49	0.300	1.19	1.19	69.23194462	91,749.02
Q_{274}	0.67	0.300	0.37	0.37	21.62191897	100,302.67
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

La Soluzione A consentirebbe di avere un salto medio disponibile di circa 6.90 m ed una produzione stimata di circa 1MW.
I principali vantaggi legati alla realizzazione dell'intervento

- *Elevata produzione e miglior sfruttamento della risorsa idrica ai fini energetici*

Gli svantaggi sono individuabili in:

- *Presenza di tratto sotteso lungo 230m*
- *Elevati costi di realizzazione*
- *realizzazione dell'opera di presa tramite il ripristino della briglia esistente parzialmente demolita*

In questa configurazione si ha un tratto di alveo sotteso pari a circa 230 m con la sistemazione della condotta lungo un tratto di versante soggetto a potenziale rischio idrogeologico. Pertanto la maggiore produzione non giustifica il costo molto elevato per la realizzazione dell'intervento, oltreché sono evidenti i maggiori impatti negativi arrecati dalla presenza di un tratto d'alveo sotteso.

IPOTESI B)

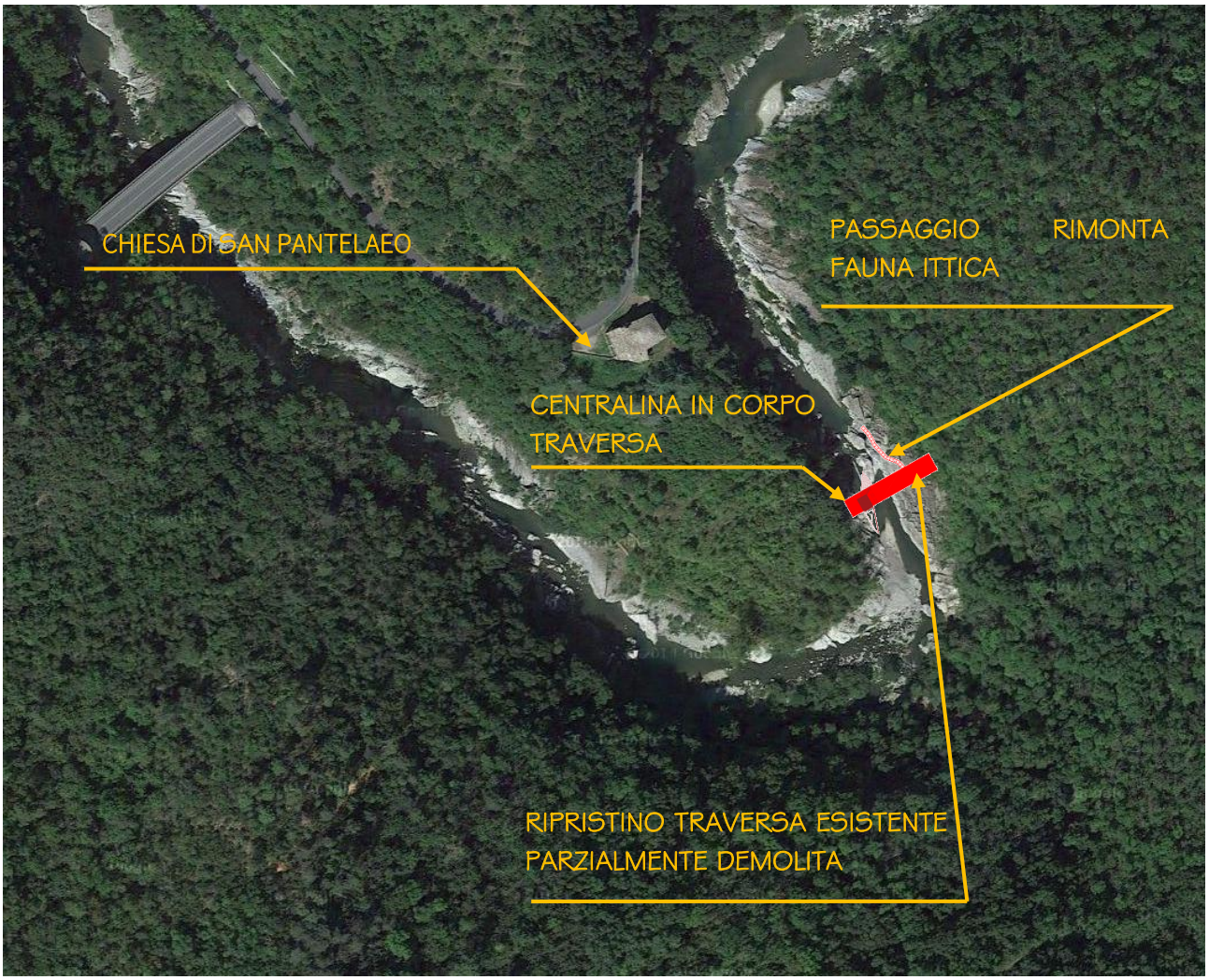


Figura 5 Inquadramento Fotoaereo Soluzione B (fonte : Google earth)

Tale soluzione prevede la realizzazione di:

- *una nuova traversa in parte fissa ed in parte mobile*
- *locale turbine in asse con la traversa*
- *passaggio di rimonta fauna ittica*

Il rilascio delle portate prelevate avviene immediatamente al piede della traversa stessa. Tale soluzione si presenta come quella con i minor impatti in quanto priva di tratto sotteso. La soluzione progettuale individuata nella soluzione B ha un salto idraulico da rilievo pari a 4 m.

Durata	Qnat	DMV	Qdisp	Qturb	Potenza	Energia

Q_{10}	17.93	0.300	17.63	6.00	201.6590688	48,398.18
Q_{30}	13.94	0.300	13.64	6.00	201.6590688	96,796.35
Q_{50}	10.25	0.300	9.95	6.00	201.6590688	96,796.35
Q_{60}	7.87	0.300	7.57	6.00	201.6590688	48,398.18
Q_{80}	4.59	0.300	4.29	4.29	144.2534539	83,019.01
Q_{91}	3.35	0.300	3.05	3.05	102.3621433	32,553.26
Q_{130}	1.64	0.300	1.34	1.34	45.03719203	68,982.89
Q_{182}	1.49	0.300	1.19	1.19	40.07637894	53,110.87
Q_{274}	0.67	0.300	0.37	0.37	12.5163062	58,062.32
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

La produzione ottenibile da tale soluzione è pari a circa 586'117.40 kWh. La soluzione prevede il rifacimento della traversa in misura idonea ad ospitare una turbina "kaplan intubata".
I punti a favore di tale soluzione sono:

- *Ridotte opere strutturali relative alla centrale*
- *Assenza di tratto sotteso*

I punti a sfavore sono:

- *Bassa produzione rispetto alle altre individuate*
- *Realizzazione di un corpo traversa idoneo ad ospitare le macchina idraulica*
- *Problemi di manutenzione dovuto all'interramento dell'opera di presa.*
- *Elevati costi della turbina non compensanti dalla riduzione delle opere*

Le ridotte produzioni generate non giustificano né l'investimento in termini prettamente economici, né un contributo significativo all'importante obbiettivo dell'indipendenza energetica e della riduzione della dipendenza dal combustibile fossile.

IPOTESI C)

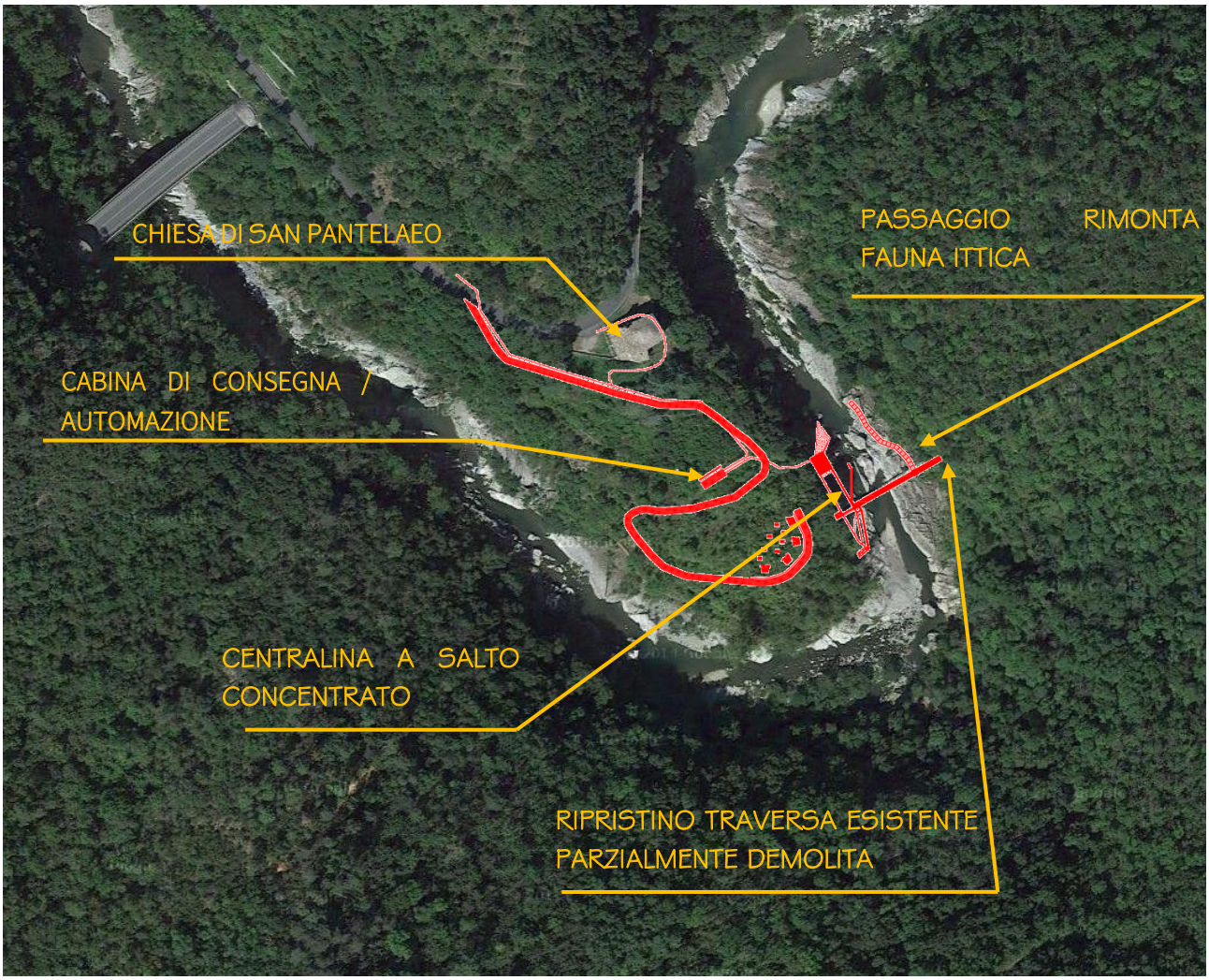


Figura 6 Inquadramento schematico fotoaereo soluzione C (fonte: Google earth)

Questa soluzione progettuale prevede di realizzare:

- *ripristino sbarramento esistente*
- *realizzazione passaggio rimonta fauna ittica con passaggio dedicato alle anguille;*
- *corpo centrale;*
- *cabina di consegna;*
- *opere esterne alla centrale;*

Durata	Q_{nat}	DMV	Q_{disp}	Q_{turb}	Potenza	Energia

Q_{10}	17.93	0.300	17.63	6.00	234.28	56'262.88
Q_{30}	13.94	0.300	13.64	6.00	234.28	112'525.76
Q_{50}	10.25	0.300	9.95	6.00	234.28	112'525.76
Q_{60}	7.87	0.300	7.57	6.00	234.28	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 lorda mediamente attesa da questa soluzione è dunque di 681'361 KWh per un periodo di funzionamento di circa 274 giorni anno ed un fermo di 91 giorni.

Questa soluzione presenta i seguenti vantaggi

- *Opera individuata al fine di minimizzare le opere di scavo*
- *Buona funzionalità dell'intervento con il bilanciamento ottimale costi/ricavi*

i Principali svantaggi sono riconducibili a:

- *Realizzazione ripristino traversa esistente e parzialmente demolita*
- *Breve tratto sotteso*

La soluzione adotta è la C, di seguito sono illustrate brevemente le principali opere a progetto.

2.2 SOLUZIONE ADOTTATA

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 7 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.

2.3 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.



Figura 8 Stato attuale Traversa

La quota imposta dal progetto permette di ottenere una buona produzione di energia elettrica contenendo gli impatti generati dalla ripristino della stessa sullo stato attuale del Torrente, sia in termini di deflusso delle portate che dello stato ecologico ambientale del tratto d'alveo oggetto dell'intervento.

2.4 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*

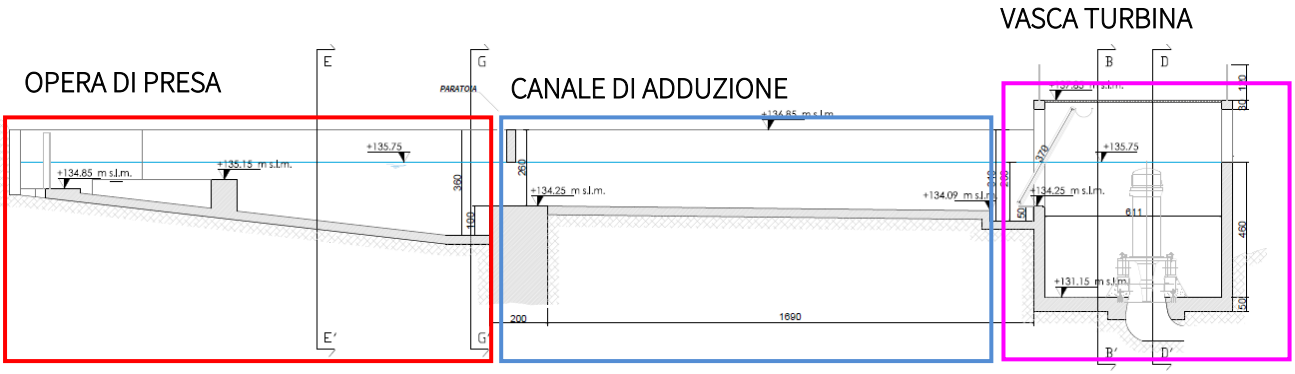


Figura 9 Profilo impianto opere a progetto

2.4.1 Opera di derivazione

L'opera di presa è costituita da un canale a forma trapezoidale, protetto da paratronchi posti a passo 1m al fine di limitare il trasporto solido fluttuante di grandi dimensioni all'interno dell'impianto e 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.
L'opera di presa risulta interrata o coperta dell'acqua e pertanto non presenta particolari impatti visivi.

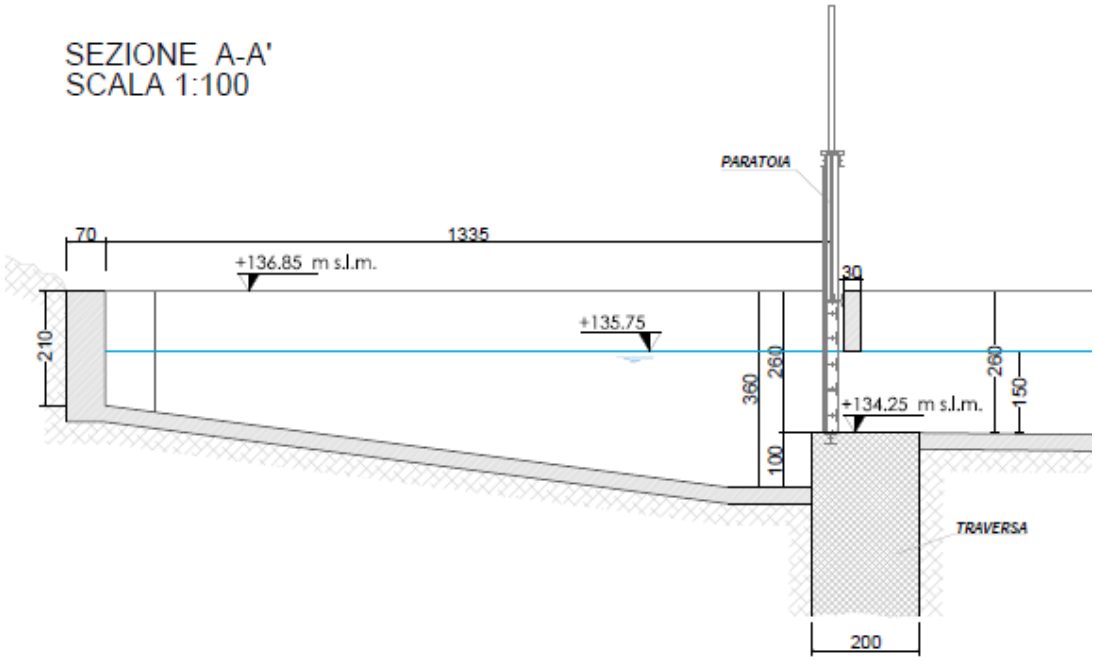


Figura 10 Sezione longitudinale opera di derivazione

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 di progetto pari a 6m^3/s.

2.4.2 Canale di adduzione

Il breve tratto di adduzione (circa 16.9 m) ha una pendenza di circa 1% e sezione costante di dimensioni interne pari a 4.8m. 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 è rivestita in pietra locale con il metodo "*opus ligure* ".

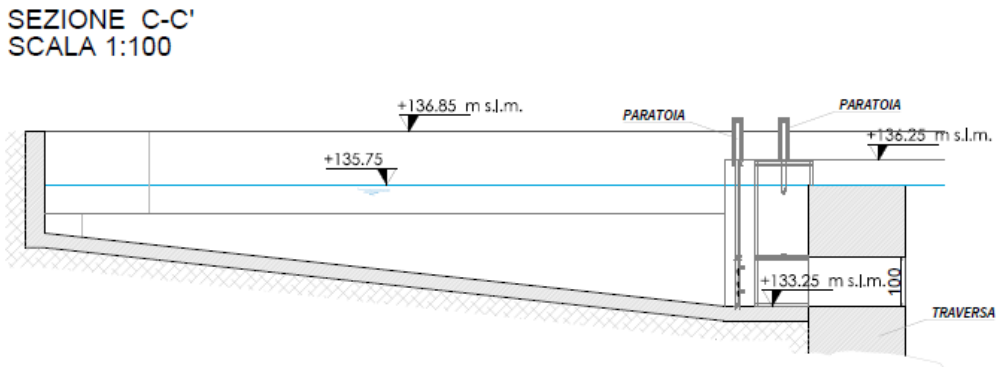


Figura 11 Canale dissabbiatore

2.4.3 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.

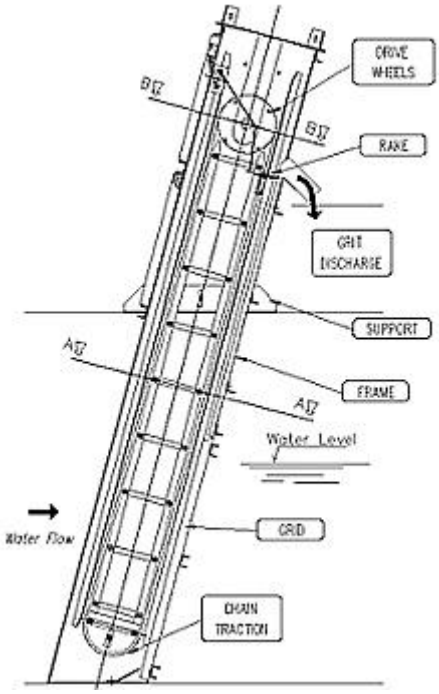


Figura 12 Esempio di sgrigliatore a catene immerse (fonte:http://www.ecomacchine.it/documentazione/2-grigliatura.html)

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 1 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.

2.4.4 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.

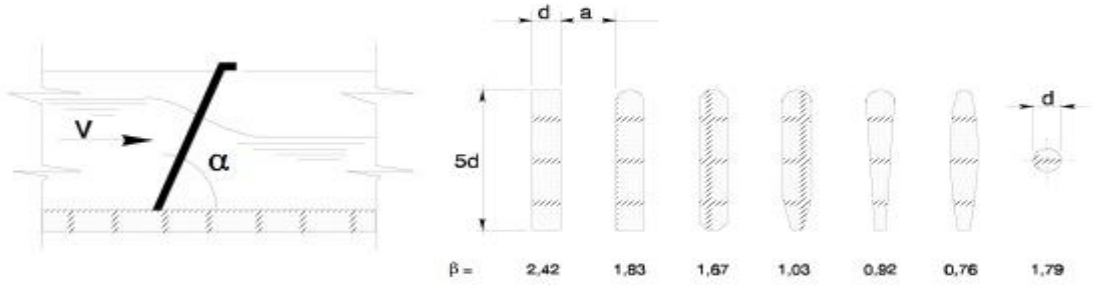


Figura 2-13 Schema per la valutazione dei coefficienti e schema indicazione grandezze.

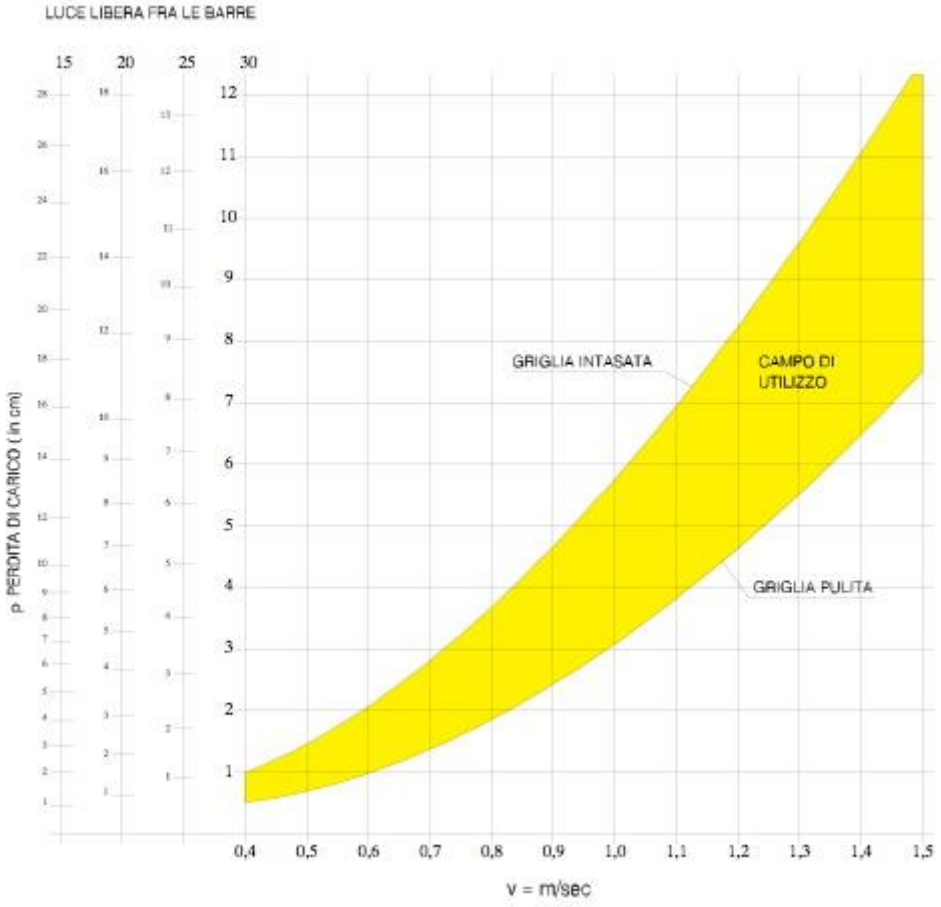


Figura 2-14 tabella campi di utilizzo griglie. Valori indicativi delle perdite di carico attraverso griglie di diversa luce libera di passaggio con inclinazione di 60°

Tabella 2 Verifica nella sezione ristretta delle perdite di carico associate alla griglia.

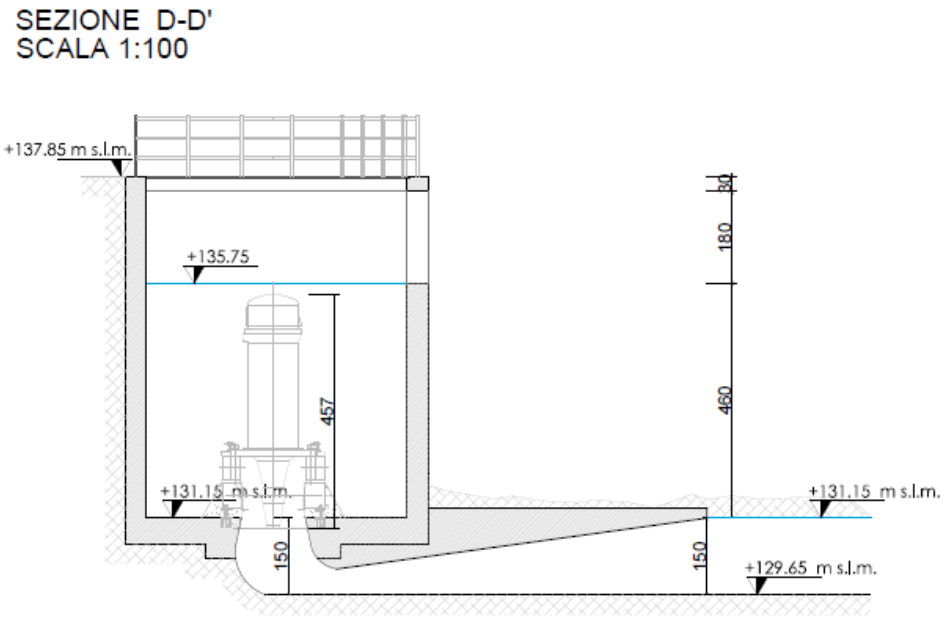
GRIGLIA		
α	60	°
b	25	
S	5	mm
K	2.42	
Q	6	m^3/s
B_0	4800	mm
h	3	m
η	0.7	

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.

2.4.5 Locale Turbina

Il locale turbina è costituito da una vasca rettangolare di dimensioni ridotte in quanto la tipologia di macchina adottata è di tipo Kaplan ad asse verticale di tipo sommergibile. Le pareti a vista sono rivestite in pietra locale con il metodo *"opus ligure"* al fine di dare continuità al tratto di canale.



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

2.4.6 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*

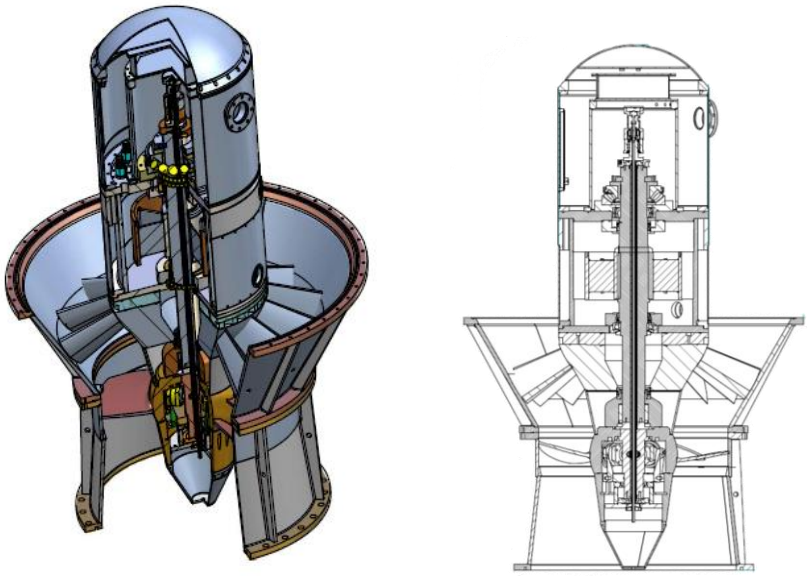


Figura 2-15 Spaccato turbina a bulbo con generatore a motore sincrono a magneti permanenti

2.4.6.1 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.

2.4.6.2 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 consente 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.

2.5 Canale di restituzione

Al fine di contenere gli scavi in roccia il canale di restituzione è di tipo a gomito stretto e si raccorda al fondo dell'alveo in modo tale da rimanere sempre coperto dall'acqua

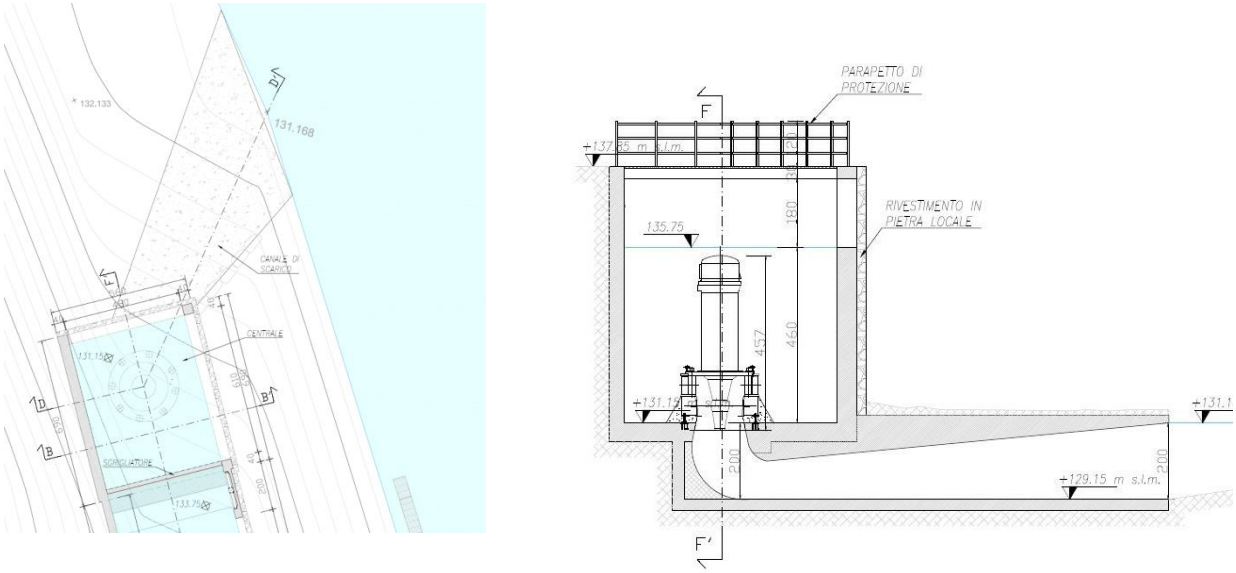


Figura 16 Canale di restituzione.

2.6 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.

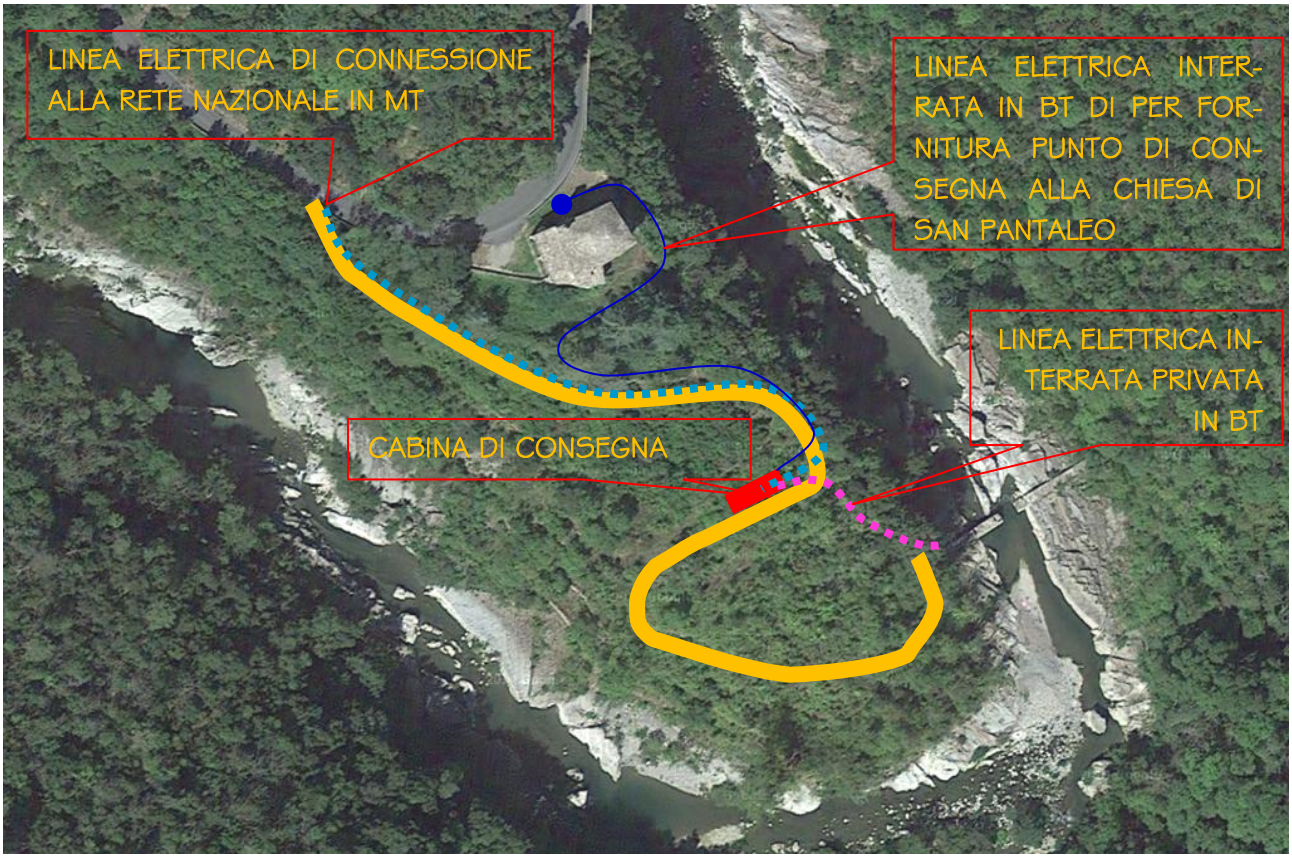


Figura 17 Fotoarea localizzazione linee interrate e cabina di consegna.

Data la morfologia del terreno, rispetto alla soluzione individuata precedentemente (cabina interrata) si prevede di realizzare la cabina fuori terra secondo quanto indicato nella convezione stipulata tra il comune di Ranzo e il proponente.

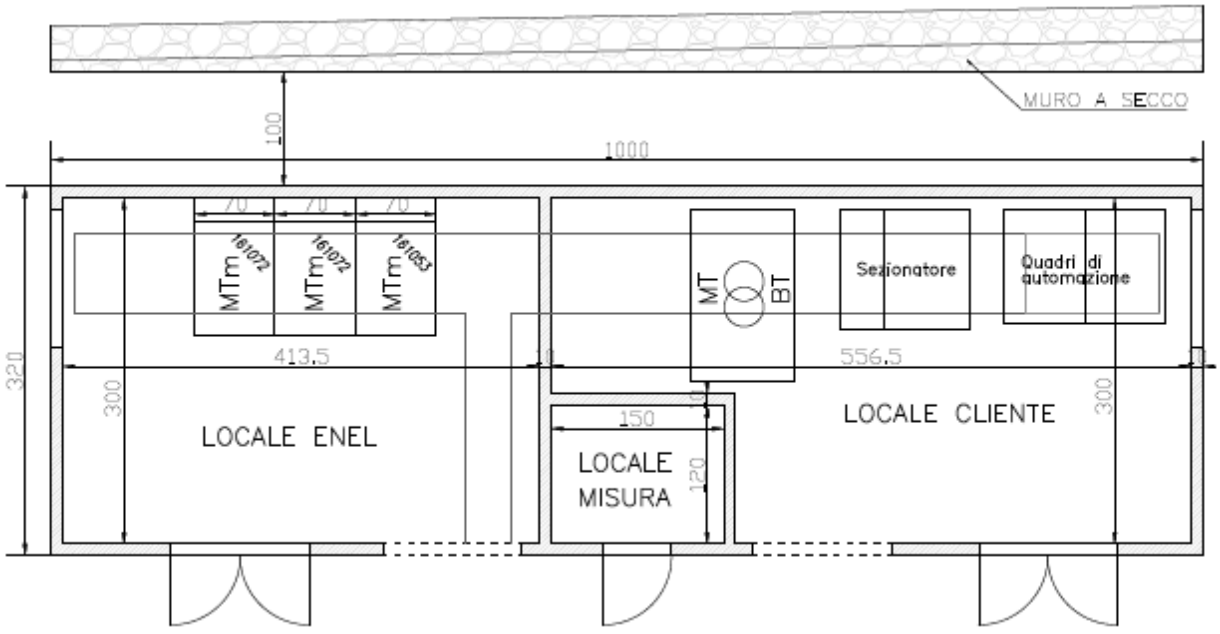


Figura 18 Pianta della cabina di trasformazione

La cabina sarà realizzata prefabbricata, rivestita in pietra a spacco naturale del tipo *"Opus ligure"* di seguito si riportano i prospetti.

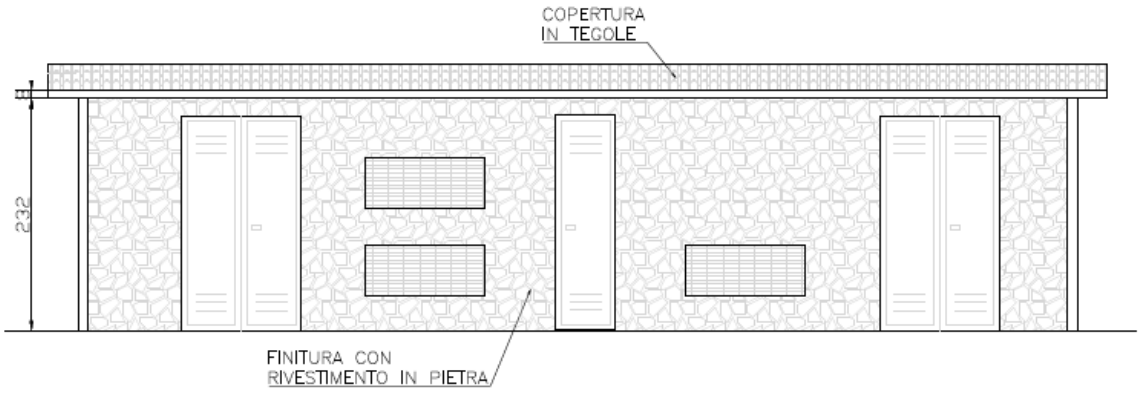


Figura 19 Prospetto frontale (SUD-EST)

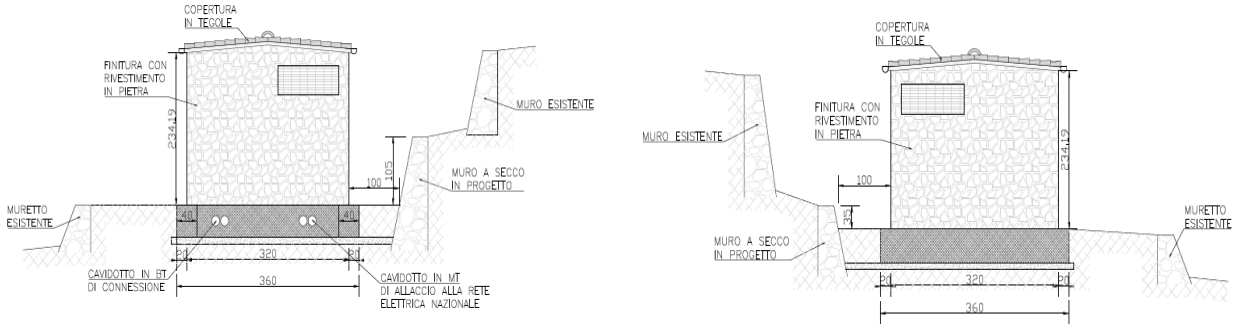


Figura 20 Prospetti laterali

A tergo della struttura sarà necessario realizzare un muretto a secco di sostegno del terreno.

2.7 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 dal Agenzia per l'ambiente del Governo Inglese.

2.7.1 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.
Date le notevoli dimensioni della soluzione precedentemente adottata, che avrebbe interferito con gli scarichi delle macchine e non avrebbe permesso l'unificazione dei rilasci, si è proceduto ad un nuovo dimensionamento riducendo le dimensioni dei bacini, ma al contempo diminuendo il salto tra i singoli bacini. Il dimensionamento della bocca di ingresso permette il transito della portata di progetto, mentre la misura di tale valore viene effettuata mediante uno stramazzo triangolare, parzialmente sommerso, in modo tale da consentire l'utilizzo della stessa dalla fauna ittica.

2.8 Dimensionamento del passaggio di rimonta a bacini successivi

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

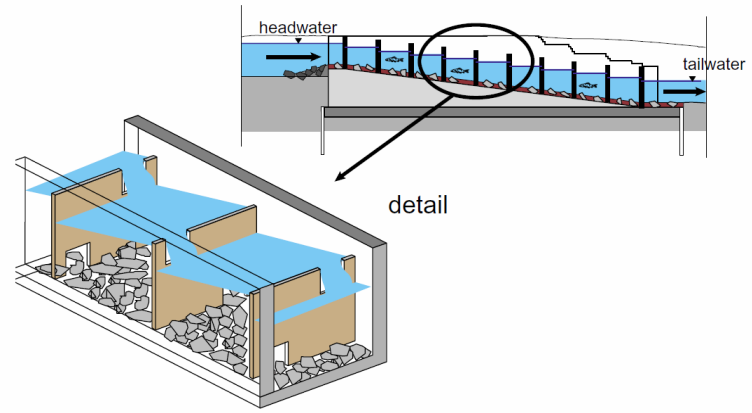


Figura 21 Schema di Funzionamento "fishing ramp" passaggio di fondo per l'ittiofauna (tratto da DVWK, 2002).

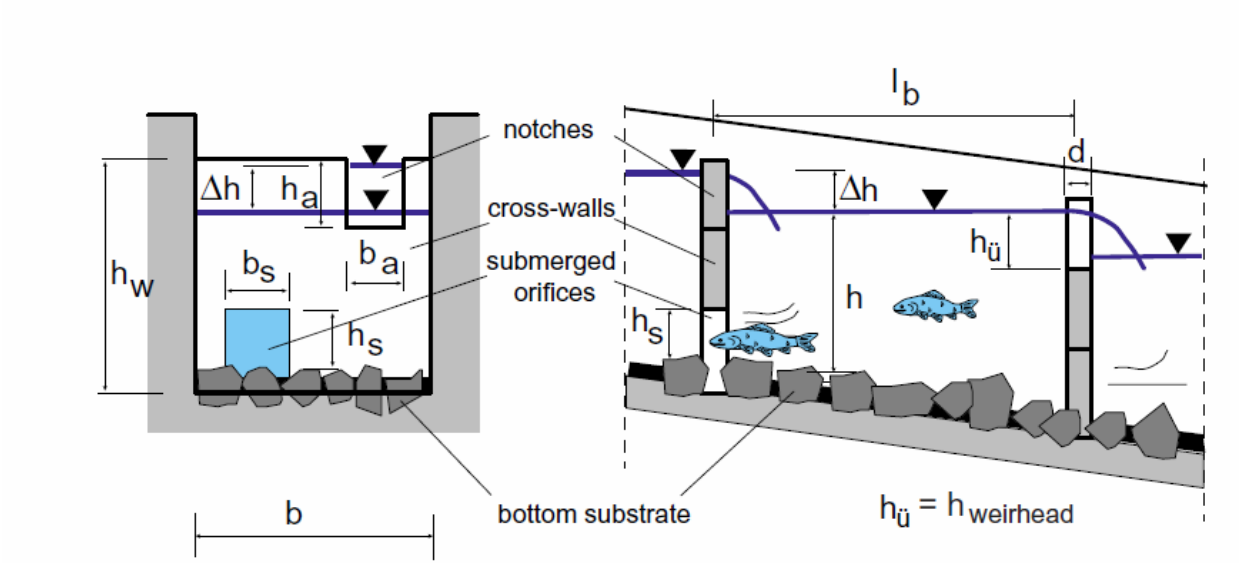


Figura 22 Grandezze caratteristiche del singolo bacino di calma

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:

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

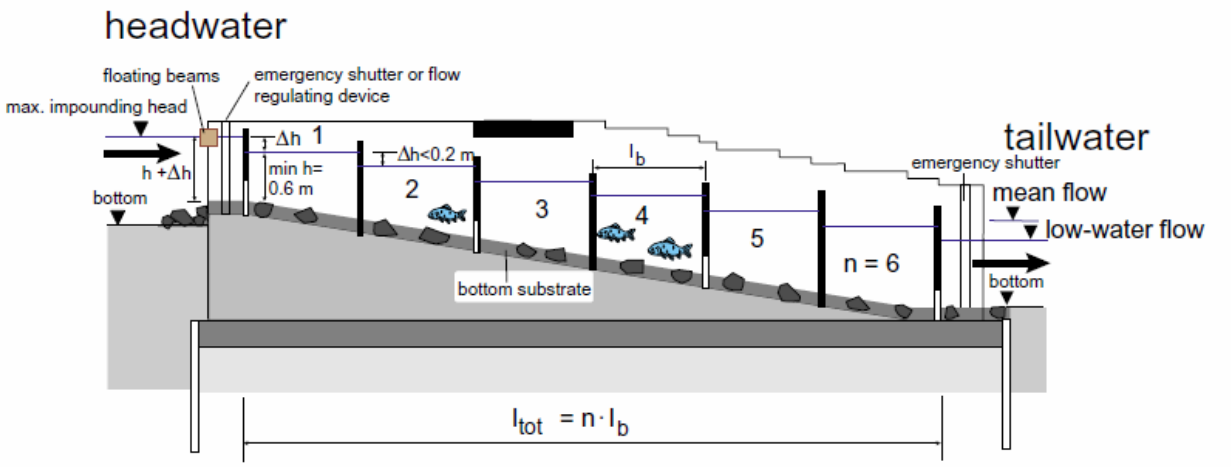


Figura 23 Esempio di profilo e grandezze caratteristiche di un passaggio di rimonta dell'ittiofauna a bacini successivi.

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. In generale viene considerata una soglia di 150 W/m^3, che solo nel caso di zone prettamente salmonicole può essere portata a 200 W/m^3 (Larinier 1992a). 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.

2.8.1 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 3Caratteristiche 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	150.4	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

è

2.8.2 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 150 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.

2.8.3 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 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.

2.8.4 *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

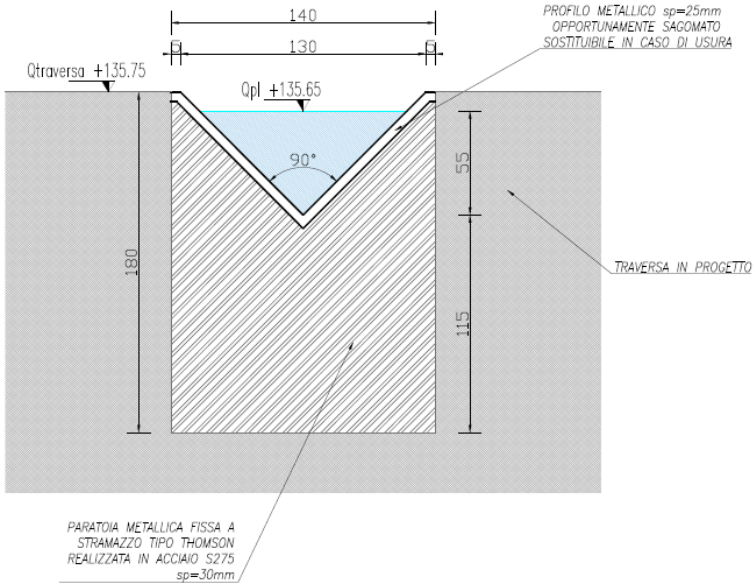


Figura 24 Stramazzo Thomson amovibile di ingresso al passaggio di rimonta per la fauna ittica.

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.

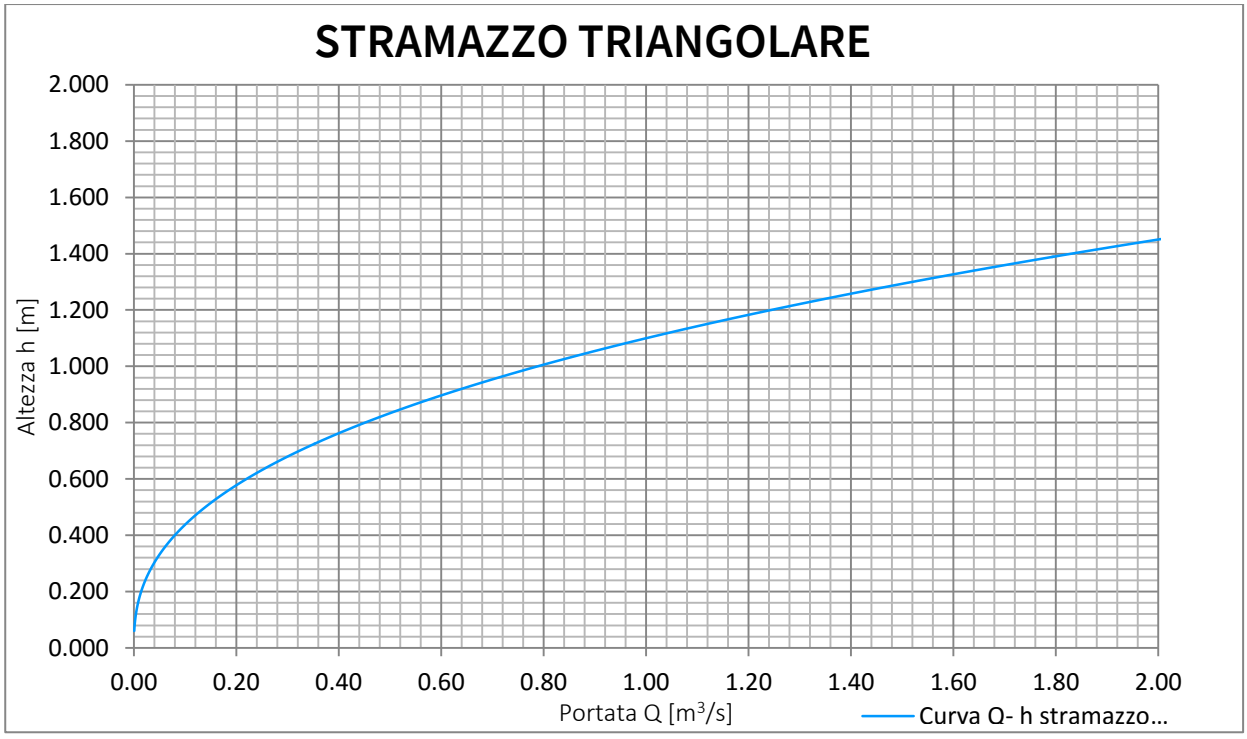


Figura 25 Scala delle portate e limiti di sommergenza standard caratteristici del misuratore a progetto

2.8.5 *Calcolo delle portate transitanti nel orifizio di fondo*

Parte della portata transiterà nel 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 Δh è il salto tra le vasche. La restante quota di portata pari a 163 l/s transita nella feritoia superficiale tra un bacino e l'altro.

2.8.6 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.

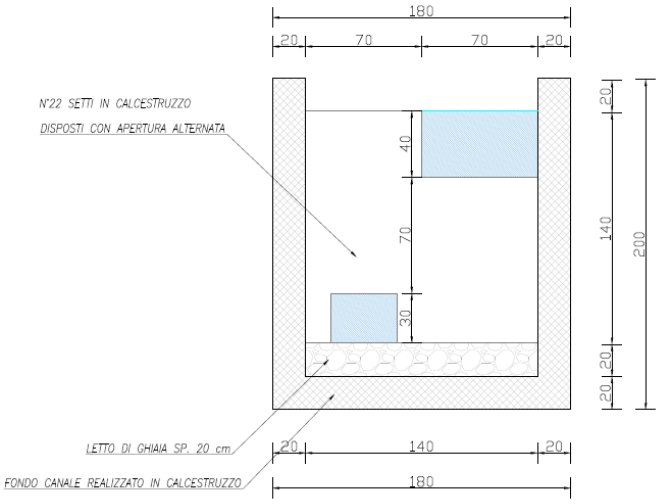


Figura 26 Dettaglio del setto di separazione dei bacini del passaggio di rimonta dell'ittiofauna

2.8.7 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).

2.8.7.1 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 nella tabella seguente.La tipologia dei substrati adottati sono numerosi e 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 tes-

suti 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 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 sono 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 del 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 passa, 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 4 tipologie di strutture a rampa con substrato

	Passaggio standard	Passaggio a Trappola	Passaggio assisto 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.

2.8.7.2 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 limitata velocità dell'acqua, rendendo così possibile salita e confortevole per le anguille (che suggerisce una bassa pendenza) e la lunghezza dell'impianto soprattutto 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 adegua-

to 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 lunghezza del passo è determinata dalla altezza della struttura e l'angolo della rampa; la relazione per una serie di pendenze come indicato nella tabella seguente.
Così come la pendenza di il 35° è la pendenza massima consigliata per il substrato da Legault (1993), la lunghezza del passo dovrebbe essere circa 1,7 volte il dislivello della rampa. Nei passaggi di elevata estensione è necessario realizzare aree di riposo, da realizzare nei cambi di direzione; queste sono in genere piscine, o vasche, o tratti a ridotta pendenza (pianeggianti)con un volume sufficiente per ridurre la velocità del flusso e sono spesso dotati di 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.

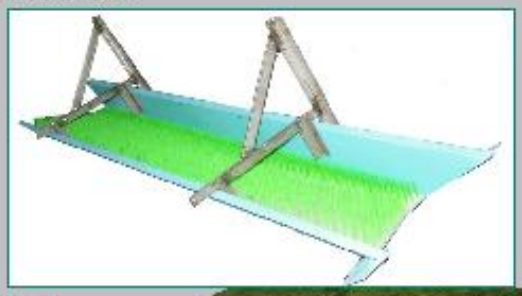
Pendenza	Lunghezza in metri per metro di salto
10°	5.8
15°	3.9
20°	2.9
30°	2.0
35°	1.7
40°	1.4

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. La soluzione adottata prevede di realizzare una canaletta da 500 mm con il letto di setole inclinate a circa 20°. Si adotta un passaggio prefabbricato come quello riportato di seguito a titolo esemplificativo.

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 27 Scheda tipologia di passaggio

La sezione del profilo prefabbricato dovrà comunque rispettare le seguenti misure riportate di seguito.

La portata all'interno del passaggio sarà tale da garantire 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

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

2.9 Sistemazioni esterne alla centrale

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

- *Realizzazione accesso permanente per le operazioni di manutenzione*
- *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 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.