

DERIVAZIONE IDROELETTRICA SUL FIUME ADDA *a valle del nuovo ponte sulla SS591*

"Piccola derivazione" ai sensi dell'art. 6 del R.D. 1775/1933

Valutazione di impatto ambientale artt. 23-24-25-26 D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Quadro Progettuale

DATA PROGETTO Dicembre 2012	AGGIORNAMENTO Novembre 2013	SCALA	ELABORATO S2
---------------------------------------	---------------------------------------	-------	------------------------

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

PROPONENTE

Capellino
Studio di Ingegneria

STUDIO DI INGEGNERIA
Dott. Ing. ANTONIO CAPELLINO
Via Rosa Bianca, 18
12084 Mondovì - (CN)
☎ 0174/551247
335/6560172
✉ studiocapellino@alice.it



Sis.Co. In.

Dott. Ing. BARTOLOMEO DOMINICI
Via Bucci, 2
10022 CARMAGNOLA - (TO)
☎ 011/9711820
337-221887
✉ ing.dominici@virgilio.it



Studio Sintesi
Ingegneria e Paesaggio

Dott. Agr. STEFANO ASSONE
Via Mongrando, 41/a - 10153 Torino
☎ 011/6598961
✉ stefano.assone@studio-sintesi.com



 **EDISON**

EDISON S.p.a.
Sede Legale:
Foro Buonaparte, 31 - 20121 Milano
Partita IVA 12921540154
☎ 02/6222.7534
02/6222.8480
www.edison.it
✉ PEC: asee@pec.edison.it

Dott. Arch. DANIELE BORGNA
Via G. Pascoli, 39/6 - 12084 Mondovì (CN)
☎ 339-3131477
✉ arch.borgna@virgilio.it

Geom. ALBERTO BALSAMO
S.S. 28 Nord, 6 - 12084 Mondovì (CN)
☎ 347-4097196
✉ alberto.balsamo@geopec.it

Dott. Ing. ALBERTO BONELLO
Strada di Pascomonti - 12084 Mondovì (CN)
☎ 328-4541205
✉ alberto.bonello@ingpec.eu

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

Sommario

1.	PREMESSA	2
2.	CARATTERI ESSENZIALI DELLE SCELTE PROGETTUALI.....	3
3.	SCELTE PROGETTUALI ALTERNATIVE	5
4.	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'IMPIANTO	9
5.	SINTESI IDROLOGICA.....	11
5.1.	Portate medie.....	12
5.2.	Curva di durata delle portate.....	13
5.3.	Portate derivabili.....	14
6.	TRAVERSA FLUVIALE	16
6.1.	Platea a valle dello sbarramento.....	18
6.2.	Sedimentatore e scarico.....	18
6.3.	Gestione della portata	19
6.3.1.	Rilascio del deflusso minimo vitale	19
6.3.2.	Dispositivi di modulazione della portata	19
6.3.3.	Dispositivi di misura della portata	20
6.3.4.	Distribuzione della portata.....	20
6.4.	Rilascio del deflusso minimo vitale.....	22
6.4.1.	Passaggio artificiale per l'ittiofauna.....	22
7.	CENTRALE IDROELETTRICA.....	23
7.1.	Opera di presa ed adduzione.....	23
7.2.	Edificio e meccanismi di produzione	23
7.2.1.	Canali di derivazione e vasche di carico	24
7.2.2.	Centrale idroelettrica e gruppi di produzione.....	27
7.3.	Canale di restituzione	29
7.4.	Scelta delle turbine da installare	30
8.	CABINA DI CESSIONE DELL'ENERGIA	31
8.1.	Edificio per la cessione dell'energia	31
9.	CONCA DI NAVIGAZIONE	33
10.	OPERE DI RIPRISTINO E MITIGAZIONE AMBIENTALE	36
10.1.1.	Il varco per la fauna terrestre.....	36
10.1.2.	Gli interventi di rivegetazione.....	37
10.1.3.	Componente paesaggistica	39
10.2.	VALUTAZIONI ECONOMICHE	41

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

1. PREMESSA

Il presente Quadro Progettuale, parte dello Studio di Impatto Ambientale, redatto secondo le indicazioni di cui all'art. 22 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. ed all' Allegato VII del medesimo decreto, ai sensi della Legge Regionale della Regione Lombardia del 2 febbraio 2010, n. 5 "Norme in materia di valutazione di impatto ambientale" e del D.P.C.M. 27 dicembre 1988: "Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della Legge 349/86, adottate ai sensi dell'art. 3 del D.P.C.M. 377/88", ha come oggetto la realizzazione di una derivazione idrica finalizzata alla produzione di energia elettrica sul Fiume Adda, nei Comuni di Bertonico (LO) e Ripalta Arpina (CR).

L'opera proposta risulta oggetto della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale di competenza statale ai sensi del D. lgs. 152/2006, poiché la stessa risulta ascrivibile al **punto 13 "Impianti destinati a trattenere, regolare o accumulare le acque in modo durevole, di altezza superiore a 15 m o che determinano un volume d'invaso superiore ad 1.000.000 m³, nonché impianti destinati a trattenere, regolare o accumulare le acque a fini energetici in modo durevole, di altezza superiore a 10 m o che determinano un volume d'invaso superiore a 100.000 m³"** di cui all'allegato II del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. - *Progetti di competenza statale*.

I seguenti capitoli riportano un'analisi dell'opera in progetto e del territorio nel quale essa si colloca, analizzando nello specifico gli aspetti localizzativi e progettuali, al fine di individuare tra le alternative progettuali esistenti quella maggiormente compatibile con le esigenze di tutela e salvaguardia del territorio.

Studio Sintesi Dott. Assone Ing.A.Capellino Ing.B.Dominici	Quadro progettuale	Pag.	2
---	--------------------	------	---

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

2. CARATTERI ESSENZIALI DELLE SCELTE PROGETTUALI

Dal punto di vista morfologico, la modesta pendenza che caratterizza il fiume Adda nella pianura lodigiana e cremonese consente lo sfruttamento idroelettrico quasi esclusivamente con impianti puntuali localizzati in corrispondenza delle briglie e delle traverse fluviali esistenti.

Tuttavia a Bertonico (LO), è presente un'ansa ad "Ω" particolarmente pronunciata e chiusa. Ciò consente di sottendere un tratto di circa 4,5 km con dislivello di circa 2,4 m con un taglio di meandro di appena 200 m.

Questa situazione, unica nel suo genere, permette di valorizzare un ampio salto idraulico con un impianto idroelettrico compatto, come la tipologia di centrali affiancate al corpo traversa, incentivata dalla Regione Lombardia.

La compattezza della centrale in progetto, realizzata a ridosso del rilevato stradale, permette di ridurre al minimo i nuovi carichi antropici sul paesaggio. Inoltre il progetto prevede un impianto idroelettrico totalmente interrato. Unica opera in elevazione è il fabbricato che ospita i dispositivi elettrici per la cessione dell'energia alla rete di distribuzione; volume realizzato all'esterno dell'argine che delimita la fascia fluviale B, in area idraulicamente neutra.

La derivazione in progetto è esercitata garantendo il rilascio del deflusso minimo vitale, definito in 26,408 m³/s. Il progetto prevede inoltre la realizzazione del passaggio artificiale per l'ittiofauna, dispositivo che permette la continuità biologica del fiume, ed il mascheramento della traversa mobile attraverso una vena stramazante, che la nasconde alla vista. Quindi si riducono gli impatti ambientali creati dallo sbarramento esistente.



Figura 1: Planimetria generale dell'area di intervento - situazione esistente.

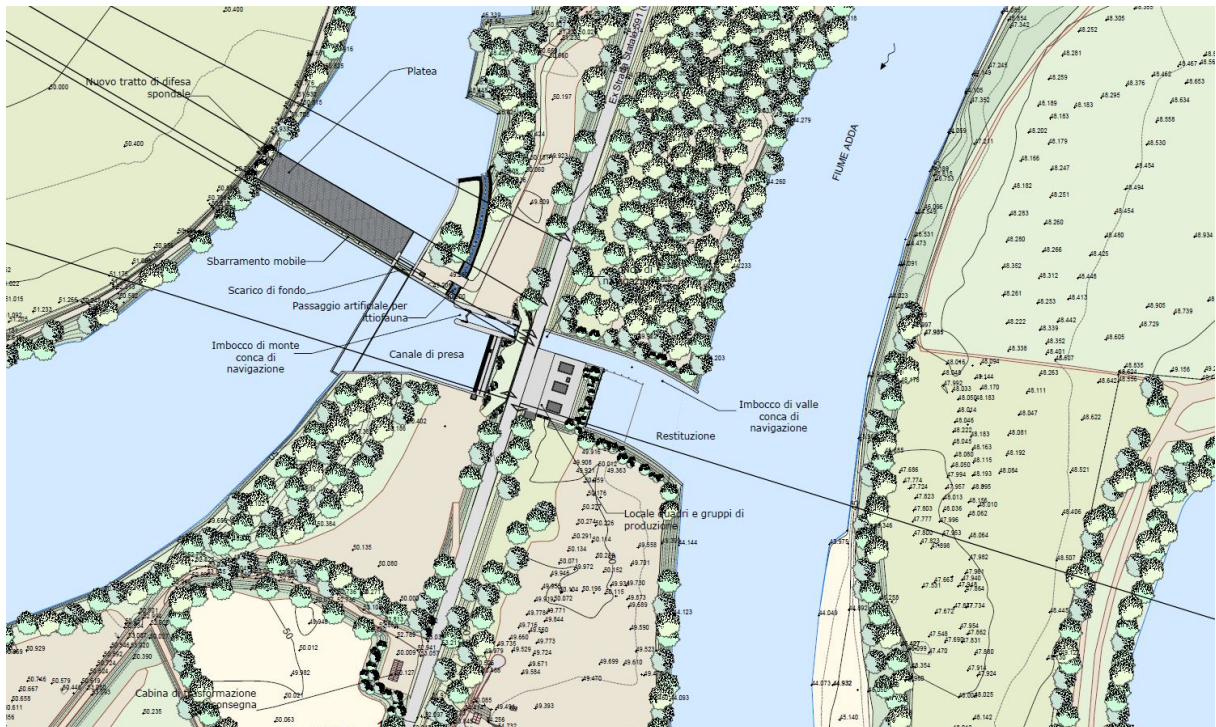


Figura 2: Planimetria generale dell'area di intervento - situazione in progetto

3. SCELTE PROGETTUALI ALTERNATIVE

Durante la fase di studio sono state ipotizzate alcune alternative progettuali prima di giungere alla soluzione adottata.

Punto di partenza dello studio è lo sfruttamento delle condizioni morfologiche dell'alveo ottenendo il miglior rapporto di efficienza con i seguenti punti chiave:

- riduzione dell'impatto ambientale;
- minore interferenza con le infrastrutture esistenti;
- migliore rapporto benefici – costi.

Nel seguito si riporta una breve descrizione delle ipotesi progettuali alternative vagliate in fase di studio e alcune considerazioni in merito.



Figura 3 - Situazione esistente - Ipotesi "0"

SOLUZIONE PROGETTUALE ADOTTATA

Figura 4 – Soluzione in progetto (traversa fluviale colore rosso, impianto colore giallo)

Descrizione: derivazione in sponda destra orografica del fiume Adda, tramite formazione di sbarramento mobile circa 320 m a valle del nuovo ponte della SS 591, fabbricato della centrale totalmente interrato a ridosso del rilevato della sede dell'ex strada statale.

Considerazioni: la soluzione adottata prevede un taglio di meandro di lunghezza molto limitata (circa 160 m), le opere dell'impianto, ad esclusione della cabina di consegna si trovano all'interno della fascia A del PAI.

Conclusioni: la soluzione proposta prevede il posizionamento dell'impianto totalmente interrato che non interferisce con gli argini esistenti, ogni altra collocazione delle opere in fascia B o C del PAI comporterebbe la manomissione, almeno parziale degli argini.

SOLUZIONE "A"

Figura 5 - Soluzione "A" (traversa fluviale colore rosso, impianto colore giallo)

Descrizione: Derivazione in sponda destra orografica del fiume Adda, appena a valle del nuovo ponte della SS 591 con realizzazione di nuova traversa fluviale.

Considerazioni: Aumento del tratto sotteso e del salto utile a fronte di un maggiore costo per la realizzazione delle opere, si prevede la manomissione di 2 tratti di argini esistenti. L'impianto può essere posizionato parzialmente in fascia B del PAI

Conclusioni: La soluzione alternativa A prevede la realizzazione della traversa fluviale necessaria alla derivazione che comporta, in fase di realizzazione ed esercizio possibili interferenze con il ponte recentemente realizzato. L'eventuale rinuncia alla realizzazione della traversa comporterebbe, oltre ad un minor salto utile, la necessità di interventi in alveo periodici al fine di garantire la derivazione.

Il taglio di argine in due punti rischia di mettere in pericolo la sicurezza idraulica dell'intera ansa e delle infrastrutture esistenti. L'impianto di produzione sarebbe realizzato a ridosso di edifici esistenti.

Queste problematiche fanno scartare tale ipotesi.

SOLUZIONE "B"

Figura 6 - Soluzione "B" (traversa fluviale colore rosso, impianto colore giallo)

Descrizione: derivazione del tutto simile alla soluzione adottata ma con minor tratto sotteso.

Considerazioni: L'impianto idroelettrico è del tutto simile a quanto proposto nella soluzione di progetto, solamente posizionato più a valle e quindi con minor tratto sotteso.

Conclusioni: Il minor tratto sotteso comporta anche un minor salto disponibile e un progressivo allungamento dell'impianto a causa della morfologia dell'ansa, ciò comporterebbe maggiori costi di realizzazione e minori introiti dalla vendita di energia prodotta, in un rapporto tale da rendere antieconomico l'impianto stesso.

4. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'IMPIANTO

L'impianto idroelettrico in progetto ad acqua fluente utilizza il salto idraulico formato dall'ansa a valle del ponte della Strada Statale Crema – Codogno. Pertanto la centrale si configura come un taglio di meandro.



Figura 7: dettaglio dell'area di intervento

L'impianto, particolarmente compatto, è situato sulla sponda destra orografica presso il punto di maggiore vicinanza tra il ramo di monte e quello di valle dell'ansa.

Le opere che costituiscono la centrale idroelettrica in progetto sono:

- traversa fluviale;
- opera di presa ed adduzione;
- centrale idroelettrica;
- canale di restituzione;
- edificio per la cessione dell'energia;
- cavidotto interrato;
- conca di navigazione.

Nella figura che segue è illustrata la simulazione della situazione in progetto.



Figura 8: simulazione della situazione in progetto

Ad eccezione del piccolo edificio per la cessione dell'energia alla rete di distribuzione nazionale, tutte le opere che formano l'impianto idroelettrico in progetto sono di tipo interrato o semi-interrato.

Si precisa che l'edificio emergente è ricavato in sponda destra orografica a tergo dell'argine esistente di delimitazione della fascia fluviale B, quindi in un'area idraulicamente neutra, anche durante gli eventi di piena.

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

5. SINTESI IDROLOGICA

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche idrologiche del fiume Adda riferite al bacino imbrifero dell'impianto idroelettrico in progetto che utilizza il salto dell'ampio meandro di Bertonico (LO). In particolare si riportano:

- portate medie
portate e contributi specifici medi mensili ed annui dell'anno medio;
- curva di durata delle portate
curve di durata delle portate e dei contributi specifici dell'anno medio;
- portate derivabili
portate medie mensili derivabili dall'impianto idroelettrico nell'anno medio.

Per la stima delle portate e dei contributi specifici si è ricorso ai dati idrologici misurati dall'ARPA Lombardia poco a monte della briglia del ponte ferroviario della linea Pavia – Cremona.

L'analisi idrologica riguarda sia la portata che stramazza sullo sbarramento fluviale sia quella della derivazione idroelettrica esistente posta in destra orografica.

L'analisi idrologica dettagliata propedeutica ai risultati riassunti nel presente capitolo è contenuta nell'elaborato n° 2 "Relazione idrologica".

5.1. Portate medie

La Tabella 1 ed il Grafico 1 riassumono le portate medie annua e mensili nella sezione di presa della centrale idroelettrica in progetto nel Comune di Bertonico.

Tabella 1: Portate e contributi specifici medi mensili ed annui del fiume Adda nella sezione della presa in progetto

Grandezza	Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Q (m ³ /s)	109,59	92,55	93,96	99,03	109,71	141,33	107,55	65,58	77,93	122,23	117,49	161,66	126,54

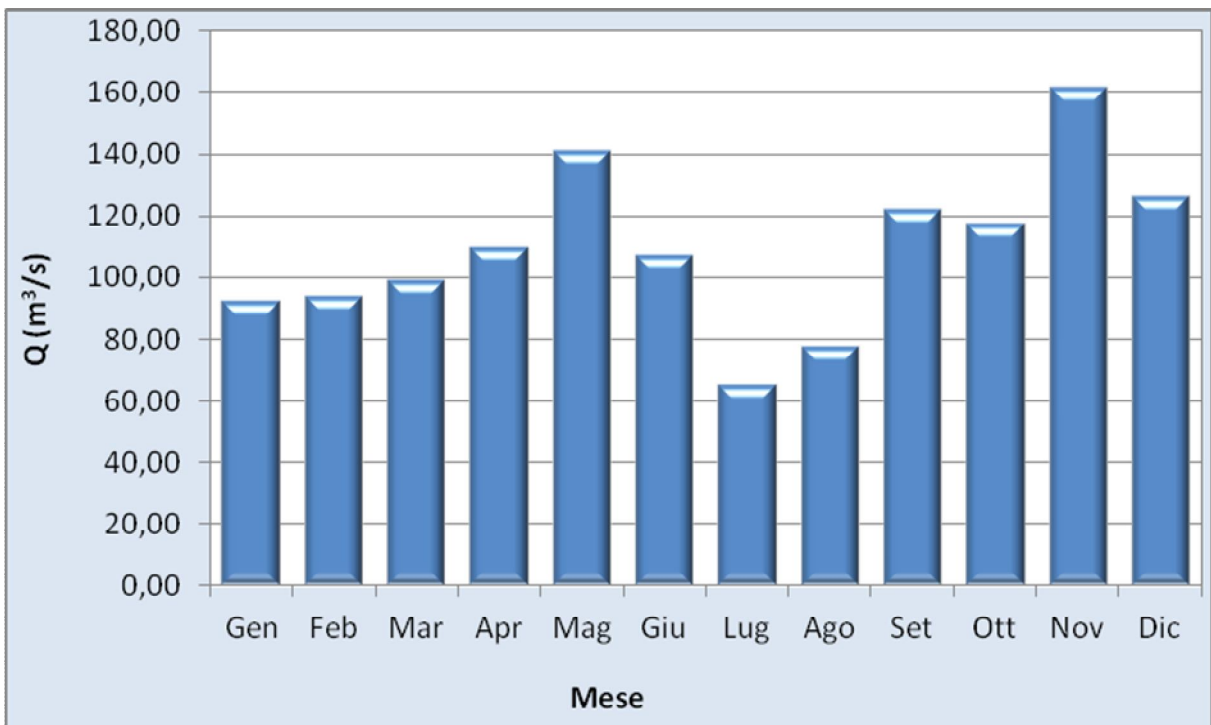


Grafico 1: Portate medie mensili del fiume Adda nella sezione della presa in progetto

5.2. Curva di durata delle portate

La curva di durata delle portate del fiume Adda nella sezione di presa in progetto è stata determinata con lo stesso procedimento utilizzato per le portate medie mensili ed annua.

Tabella 2: Curva di durata delle portate e dei contributi specifici del fiume Adda nella sezione della presa in progetto

Durata	10	91	182	274	355	Minima
Q (m ³ /s)	281,58	133,17	95,29	69,51	34,92	13,35

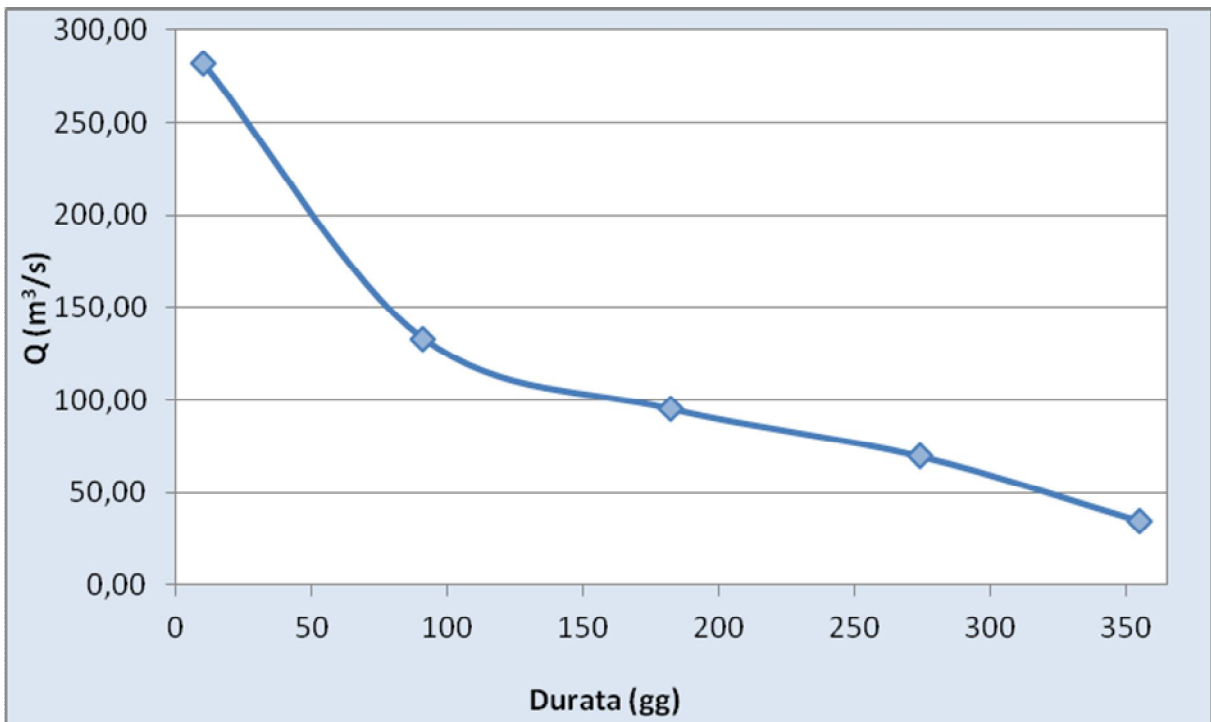


Grafico 2: Curva di durata delle portate del fiume Adda nella sezione della presa in progetto

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

5.3. Portate derivabili

Nel tratto sotteso dell'impianto idroelettrico in progetto non sono presenti derivazioni per le quali sia necessario incrementare i rilasci oltre il deflusso minimo vitale.

La portata di rilascio a valle dello sbarramento è posta pari al valore di deflusso minimo vitale, calcolato in 26,408 m³/s.

L'intervallo di portate derivabili dall'impianto idroelettrico in progetto è:

- $Q_{max} = 150,000 \text{ m}^3/\text{s}$ portata massima d'esercizio;
- $Q_{min} = 10,000 \text{ m}^3/\text{s}$ portata minima d'esercizio.

Il prelievo è regolato automaticamente dal sistema elettronico di gestione dell'impianto, che agisce sul passo delle pale del rotore e del distributore delle tre turbine Kaplan.

Per portate disponibili nel fiume minori di 36,408 m³/s, pari alla somma delle portate minima d'esercizio e del DMV, il rilascio a valle della presa è totale. Per disponibilità maggiori è rilasciato il solo deflusso minimo vitale, fino al raggiungimento di 176,408 m³/s, somma della portata massima d'esercizio e del DMV. Per disponibilità idriche maggiori il prelievo è di 150,000 m³/s, cioè quello massimo possibile, e la restante portata è rilasciata.

L'analisi delle portate derivabili è condotta sulle curve mensili di durata delle portate determinate nell'elaborato progettuale n° 2 "Relazione idrologica".

Dalle curve di durata delle portate si sono ricavati i valori medi mensili ed annui di portata. Di seguito se ne riportano i valori ed i rapporti di prelievo rispetto alla disponibilità nel fiume.

Tabella 3: Portate medie mensili ed annue

Durata (gg)	Portata disponibile (m ³ /s)	Portata derivabile (m ³ /s)	Portata rilasciata (m ³ /s)	Rapporto
Gen	92,547	66,139	26,408	71,5%
Feb	93,978	67,570	26,408	71,9%
Mar	99,034	72,626	26,408	73,3%
Apr	109,706	80,355	29,351	73,2%
Mag	141,334	94,170	47,164	66,6%
Giu	107,553	76,608	30,945	71,2%
Lug	65,576	39,824	25,752	60,7%
Ago	77,930	51,045	26,884	65,5%
Set	122,227	88,389	33,838	72,3%
Ott	117,494	89,128	28,365	75,9%
Nov	161,662	108,910	52,753	67,4%
Dic	126,543	92,342	34,202	73,0%
Anno	109,589	77,215	32,375	70,5%

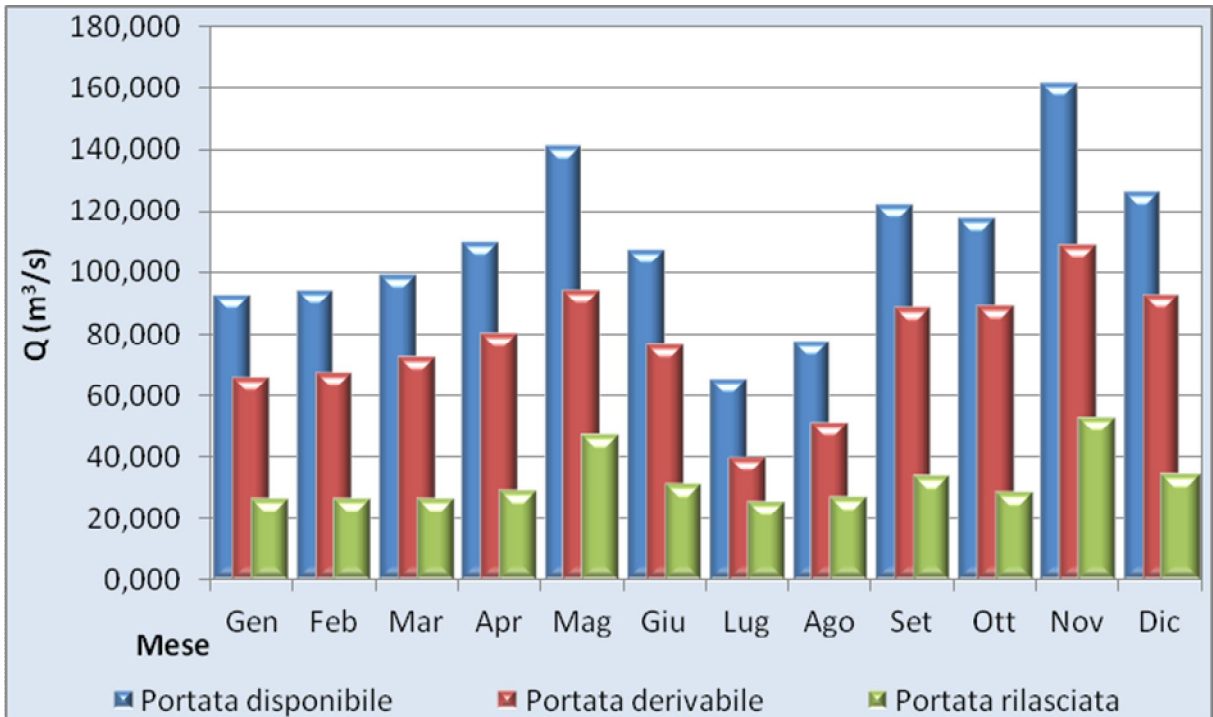


Grafico 3: Portate medie mensili

Nell'anno medio l'impianto deriva la portata massima d'esercizio 35 gg/anno e per 314 gg/anno la centrale produce energia idroelettrica con portate comprese tra quella minima (10,000 m³/s) e quella massima d'esercizio (150,000 m³/s). Quindi la centrale idroelettrica in progetto rimane mediamente inattiva per 16 gg/anno.

6. TRAVERSA FLUVIALE

L'impianto idroelettrico in progetto deriva una porzione della portata del fiume Adda a valle del ponte della Strada Statale Crema – Codogno.

A tale scopo è costruito uno sbarramento appena a valle della derivazione per mantenere costante il livello piezometrico nella sezione di presa.

La necessità di mantenere il carico idraulico elevato è conciliata con le esigenze di sicurezza idraulica prevedendo uno sbarramento di tipo mobile. Infatti, durante gli eventi di piena parte dello sbarramento è abbattuto sul fondo per favorire il deflusso idraulico.

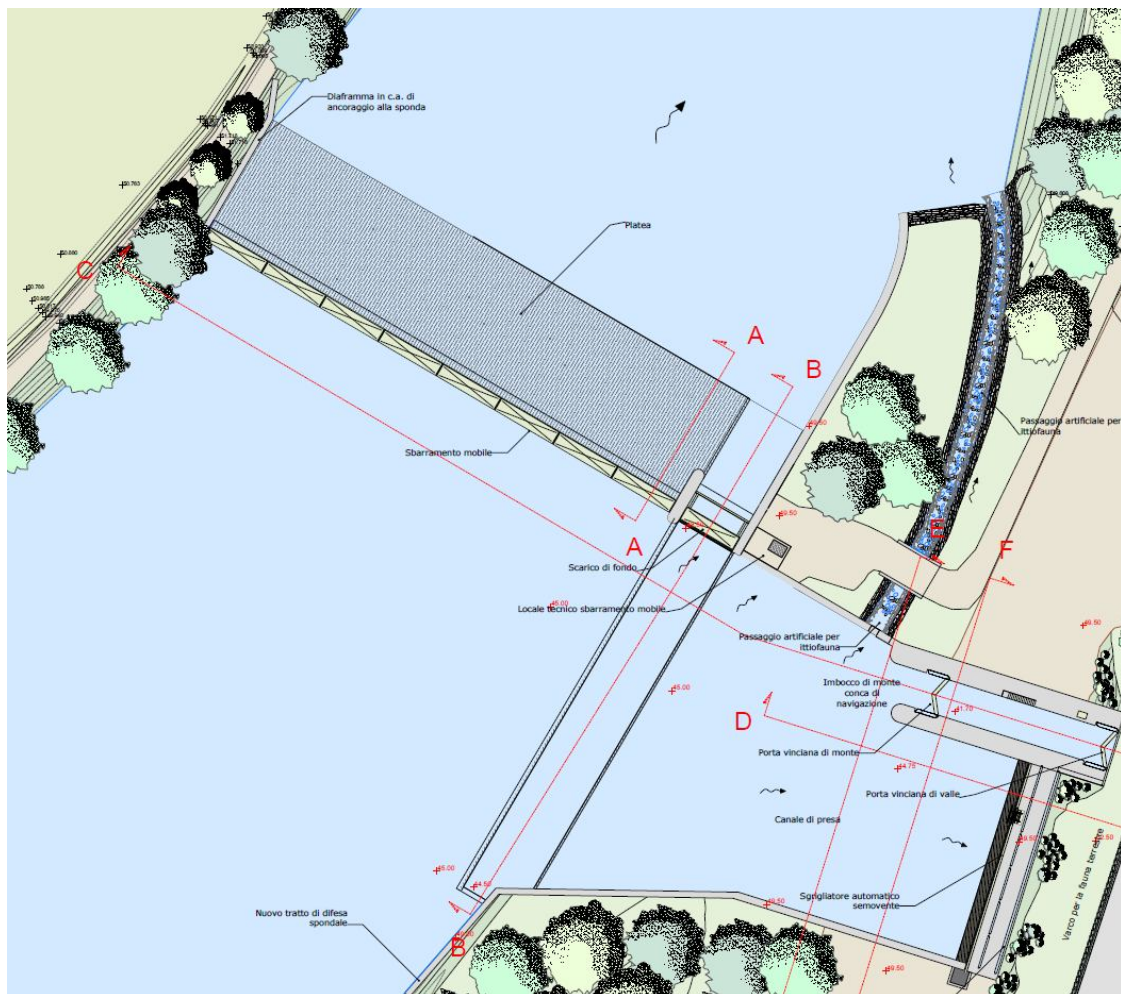


Figura 9: Planimetria della traversa in progetto

La struttura fissa della traversa è costruita in cemento armato a vista e prevede fondazioni profonde su diaframmi a formare sia i taglioni di monte e di valle sia una chiusura laterale degli stessi.

La soglia della traversa è a quota 45,50 m s.l.m. ed i muri di sponda si elevano a 48,50 m s.l.m. in sinistra orografica e 49,50 m s.l.m. in destra; a valle dello sbarramento è presente una platea per la dissipazione dell'energia cinetica della corrente.

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

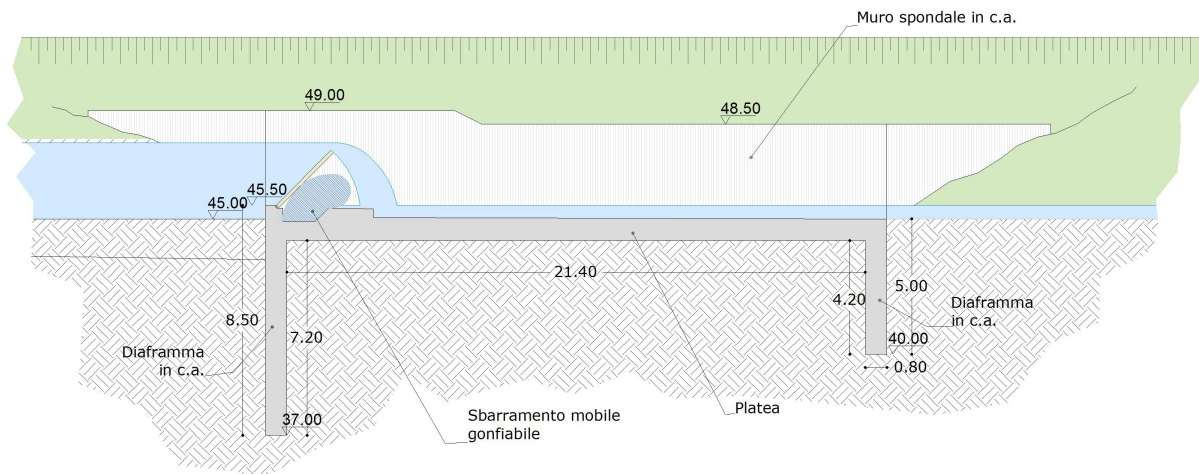


Figura 10: Sezione della traversa in progetto

Presso la sponda destra orografica è previsto il passaggio artificiale per l'ittiofauna, costituito da un canale di by-pass in massi ciclopici intasati con calcestruzzo. Ordinariamente il carico idraulico è mantenuto artificialmente alla quota di 47,81 m s.l.m. modulando opportunamente sia lo sbarramento mobile sia la derivazione idroelettrica principale. Questa condizione permette una corretta alimentazione sia del passaggio artificiale per l'ittiofauna, che è fisso, sia dell'impianto idroelettrico. Il passaggio artificiale per l'ittiofauna termina nella prima rientranza nella sponda destra a valle dello sbarramento. Un breve tratto di scogliera raccorda lo sbocco della rampa per l'ittiofauna col muro spondale in progetto.

Lo sbarramento mobile è composto da una batteria di 8 paratoie a ventola più una paratoia composta (base a settore e sormonto a ventola) che regola anche le cacciate del sedimentatore. La batteria di paratoie si estende per tutta la larghezza della traversa ed è interrotta da un unico pilone che isola lo scarico del sedimentatore. Complessivamente la batteria principale di paratoie si estende per una larghezza di 88,00 m e lo scarico di fondo del sedimentatore è largo 10,00 m; il pilone di separazione è largo 2,00 m.

La batteria di paratoie è movimentata attraverso una serie di cuscini elastomerici tubolari riempito con acqua.

Nella condizione ordinaria le paratoie sono inclinate di circa 45° rispetto la verticale e mantengono il carico idraulico alla quota di progetto di 47,81 m s.l.m., che è anche la quota di massima ritenuta. In condizione di riposo, invece, sono abbattute fino ad essere orizzontali e complanari alla soglia fissa di cemento armato.

Le pompe per l'azionamento dei cuscini elastomerici e dei pistoni oleodinamici sono contenute in un apposito locale interrato previsto in sponda destra orografica nell'area compresa tra la traversa ed il passaggio artificiale per l'ittiofauna.

Lo sbarramento fluviale genera a monte un invaso di circa 660 000 m³, definito rispetto alla condizione di magra attuale. L'invaso si estende lungo il corso del fiume Adda a ritroso per circa 4,8 km. Esso coinvolge anche il fiume Serio, per circa 2,2 km dalla confluenza.

Studio Sintesi Dott. Assone Ing.A.Capellino Ing.B.Dominici	Quadro progettuale	Pag.	17
---	--------------------	------	----

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

6.1. Platea a valle dello sbarramento

A valle della traversa fluviale è realizzata una platea per dissipare l'energia cinetica della corrente che defluisce sullo sbarramento. Sebbene per la portata di piena, il rigurgito di valle impedisca la formazione di un risalto idraulico diretto, con portate minori il deflusso che stramazza sulle paratoie a ventola è bene che sia rallentato prima di restituirlo all'alveo naturale.

La platea è completamente in cemento armato a vista ed il fondo è previsto con una leggera pendenza circa a quota 45,00 m s.l.m. e si estende longitudinalmente per 19,00 m.

Anche le pareti laterali sono in cemento armato. Quella sinistra presenta il coronamento a quota 48,50 m s.l.m. ed è il proseguimento in elevazione del diaframma di fondazione presenti sul lato della platea. In destra la platea è divisa dalla depressione dello scarico del sedimentatore da un piccolo muro che si eleva di soli 0,30 m.

6.2. Sedimentatore e scarico

A tergo della traversa fluviale, in corrispondenza dell'imbocco del canale di adduzione in destra orografica, è ricavato un sedimentatore. Esso è costituito da una platea di fondo inclinata verso lo sbarramento fluviale. Il fondo del sedimentatore si abbassa progressivamente di 1,00 m fino a 43,50 m s.l.m. in corrispondenza della traversa. Il sedimentatore è largo 10,00 m e si estende in lunghezza (parallelamente all'asse del fiume) di circa 65 m.

La platea è depressa rispetto al fondo dell'alveo del fiume, che mediamente è a quota 45,00 m s.l.m. Quindi il sedimentatore è completato con pareti in cemento armato che raccordano la platea al fondo dell'alveo.

Le cacciate d'acqua sono regolate da una paratoia a settore posta in corrispondenza dello sbarramento. Essa presenta sommità a quota 45,50 m s.l.m., come la soglia fissa della traversa fluviale. Inoltre, in analogia al resto dello sbarramento, è sormontata da una paratoia ventola che ne eleva il coronamento fino alla quota di ritenuta di 47,81 m s.l.m., quota di progetto del piccolo invaso a monte dello sbarramento.

Lo scarico del sedimentatore si presenta come un'incisione nella platea di valle dello sbarramento. Anch'esso è in cemento armato e termina a quota 45,00 m s.l.m., come la platea. Il taglione di valle della traversa è continuo anche al di sotto della soglia terminale dello scarico.

Il profilo dello scarico prevede un breve tratto orizzontale in corrispondenza della paratoia a settore e successivamente una rampa con pendenza del 10% per raccordarlo al fondo dell'alveo al termine della platea.

L'adozione di un sedimentatore in corrispondenza dell'imbocco del canale di adduzione consente di evitare la realizzazione di costosi ed invasivi scarichi di fondo in corrispondenza della centrale idroelettrica.

Inoltre tale soluzione garantisce anche la pulizia del fondo alveo a tergo della traversa fluviale.

Studio Sintesi Dott. Assone Ing.A.Capellino Ing.B.Dominici	Quadro progettuale	Pag.	18
---	--------------------	------	----

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

6.3. Gestione della portata

6.3.1. Rilascio del deflusso minimo vitale

L'impianto idroelettrico in progetto rilascia, nel tratto sotteso, il deflusso minimo vitale di 26,408 m³/s.

La portata di deflusso minimo vitale è utilizzata per adempiere al funzionamento del passaggio artificiale per l'ittiofauna e per mascherare la batteria di paratoie a ventola che formano lo sbarramento mobile in progetto.

Attraverso il passaggio artificiale per l'ittiofauna è rilasciata la portata di 0,600 m³/s, che ne garantisce un ottimale funzionamento.

Sulle paratoie a ventola è rilasciata la portata complementare di 25,808 m³/s, che crea una vena sfiorante di circa 27 cm, da verificarsi in fase di collaudo in funzione dei coefficienti di deflusso reali della soglia mobile.

6.3.2. Dispositivi di modulazione della portata

La distribuzione della portata lasciata defluire ed adottata è governata naturalmente dalla geometria del passaggio artificiale per l'ittiofauna ed artificialmente dal sistema di sbarramento mobile, dai distributori e dalle giranti delle turbine Kaplan e dalle paratoie di presa.

La geometria dell'imbocco del passaggio artificiale per l'ittiofauna è tale per cui la portata necessaria al funzionamento del dispositivo idraulico è garantita da un carico piezometrico nel bacino a monte della traversa pari alla soglia di progetto, cioè 47,81 m s.l.m..

Lo sbarramento mobile è regolato per garantire la corretta alimentazione del passaggio artificiale per l'ittiofauna, assicurata con un carico idraulico pari a 47,81 m s.l.m.. Inoltre su di esso defluisce la portata complementare di 25,808 m³/s, a mascheramento della batteria di paratoie che formano lo sbarramento mobile.

Le pale dei distributori e delle giranti delle turbine Kaplan dell'impianto idroelettrico sono regolate in continuo in funzione della portata derivabile. In particolare il sistema elettronico di gestione della centrale è programmato al fine di mantenere costantemente il livello idraulico nel bacino a monte dello sbarramento alla quota di progetto di 47,81 m s.l.m.. Ciascuna turbina è tarata per limitare la portata massima derivabile a 50,000 m³/s, per il totale di 150,000 m³/s.

Le paratoie di presa non sono utilizzate al fine della regolazione della portata utilizzata dalle rispettive turbine idrauliche. Bensì esse sono utilizzate in modalità on-off (cioè completamente aperte o completamente chiuse senza regolazioni intermedie) solamente per l'attivazione e la disattivazione delle singole turbine.

Al fine di limitare il rigurgito verso monte, lo sbarramento mobile è mantenuto alla quota massima per portate disponibili minori od uguali alla somma del deflusso minimo vitale e della portata massima d'esercizio. Per portate maggiori, il sistema è abbassato, per quanto possibile, per permettere lo sfioro della portata che eccede quella predetta, in modo da mantenere il carico piezometrico costantemente alla quota di progetto di 47,81 m s.l.m..

Studio Sintesi Dott. Assone Ing.A.Capellino Ing.B.Dominici	Quadro progettuale	Pag.	19
---	--------------------	------	----

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

6.3.3. *Dispositivi di misura della portata*

L'impianto è dotato di dispositivi automatici di misura continua della portata derivata indipendente per ciascuna turbina.

Essa è determinata all'interno di ciascun canale di carico delle singole turbine attraverso la misura diretta dell'altezza idrometrica e della velocità della corrente.

Nel canale di ciascuna macchina idraulica è installato un misuratore di velocità a corde foniche ed un sensore idrometrico ad immersione protetto da un apposito tubo camicia.

Le due letture, area e velocità, permettono la definizione della portata di ciascuna turbina.

6.3.4. *Distribuzione della portata*

Il progetto dell'impianto idroelettrico prevede il rilascio di una portata minima pari al deflusso minimo vitale, determinato nell'elaborato 2 "Relazione idrologica" in 26,408 m³/s.

Come anticipato precedentemente, il sistema elettronico di gestione automatica della derivazione è programmato per mantenere il livello piezometrico a monte della traversa costantemente alla quota di progetto, 47,81 m s.l.m.

Il carico idraulico a monte della traversa è regolato sia dallo sbarramento mobile sia dalle turbine dell'impianto idroelettrico in progetto.

I dispositivi di rilascio del deflusso minimo vitale sono rappresentati da:

- passaggio artificiale per l'ittiofauna;
- paratoie a ventola che costituiscono lo sbarramento mobile.

Il primo dispositivo rilascia una portata costante di 0,600 m³/s, che ottimizza anche la funzione di passaggio per l'ittiofauna.

Sulle paratoie a ventola è rilasciata la portata complementare di 25,808 m³/s, che crea una vena sfiorante di circa 27 cm, da verificarsi in fase di collaudo in funzione dei coefficienti di deflusso reali della soglia mobile.

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

La successiva Tabella 4 riporta la distribuzione della portata dell'impianto principale in funzione di quella disponibile nel fiume Adda.

I simboli utilizzati hanno i seguenti significati:

- Q_{disp} portata rilasciata sulla traversa;
- $DMV = 26,408 \text{ m}^3/\text{s}$ deflusso minimo vitale;
- $Q_{min} = 10,000 \text{ m}^3/\text{s}$ portata minima d'esercizio;
- $Q_{max} = 150,000 \text{ m}^3/\text{s}$ portata massima d'esercizio;
- Q_{ril} portata rilasciata a valle della traversa;
- Q_{der} portata derivata.

Tabella 4: Distribuzione delle portate

Q_{disp}	Q_{ril}	Q_{der}
$Q_{disp} < (Q_{base} + Q_{min})$ $Q_{disp} < 36,408 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{ril} = Q_{disp}$ $0,000 \text{ m}^3/\text{s} \leq Q_{ril} < 36,408 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{der} = 0,000 \text{ m}^3/\text{s}$
$(Q_{base} + Q_{min}) \leq Q_{disp} < (Q_{base} + Q_{max})$ $36,408 \text{ m}^3/\text{s} \leq Q_{disp} < 176,408 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{ril} = Q_{base}$ $Q_{ril} = 26,408 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{der} = Q_{disp} - Q_{base}$ $10,000 \text{ m}^3/\text{s} \leq Q_{der} < 150,000 \text{ m}^3/\text{s}$
$Q_{disp} \geq (Q_{base} + Q_{max})$ $Q_{disp} \geq 176,408 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{ril} = Q_{disp} - Q_{max}$ $Q_{ril} \geq 26,408 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{der} = Q_{max}$ $Q_{der} = 150,000 \text{ m}^3/\text{s}$

Di seguito si indica la modalità operativa di gestione dell'impianto.

$Q_{disp} < 36,408 \text{ m}^3/\text{s}$

Le turbine sono disattivate, quindi la derivazione è interrotta. Tutta la portata in arrivo è rilasciata nel tratto sotteso attraverso il passaggio artificiale per l'ittiofauna e lo sbarramento mobile. Le paratoie a ventola dello sbarramento mobile sono regolate per mantenere il carico idraulico costantemente pari alla quota di progetto di 47,81 m s.l.m. al fine di alimentare correttamente il passaggio artificiale per l'ittiofauna.

$36,408 \text{ m}^3/\text{s} \leq Q_{disp} < 176,408 \text{ m}^3/\text{s}$

Attraverso il passaggio artificiale per l'ittiofauna e lo sbarramento mobile defluisce la portata pari al deflusso minimo vitale di 26,408 m³/s.

La derivazione è attiva e le turbine sono regolate al fine di mantenere a monte della traversa il carico idraulico di progetto pari a 47,81 m s.l.m..

$Q_{disp} \geq 176,408 \text{ m}^3/\text{s}$

Le turbine sono regolate per limitare la portata idroelettrica al valore limite d'esercizio di 150,000 m³/s.

Lo sbarramento mobile è regolato per limitare l'altezza idrometrica a monte della traversa alla quota di progetto di 47,81 m s.l.m., per quanto possibile.

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

6.4. Rilascio del deflusso minimo vitale

Il valore di deflusso minimo vitale è definito nell'elaborato 2 "Relazione idrologica" in 26,408 m³/s.

Il rilascio del deflusso minimo vitale avviene attraverso la seguente ripartizione:

- passaggio artificiale per l'ittiofauna 0,600 m³/s;
- sbarramento mobile 25,808 m³/s.

6.4.1. *Passaggio artificiale per l'ittiofauna*

Il passaggio artificiale per l'ittiofauna proposto è un canale aggirante l'ostacolo.

Il canale sfrutta una depressione esistente in destra orografica, parallela all'alveo, che termina nella prima rientranza a valle dello sbarramento.

Il canale ha sezione trapezia in massi intasati con calcestruzzo al fine di garantire l'impermeabilità.

La base della sezione è larga 1,50 m e le pareti sono inclinate di 45°. Una serie di massi sono opportunamente disposti a creare deflettori, passaggi verticali e luci sottobattente. Durante la costruzione si provvede a creare i predetti passaggi idraulici al fine di rallentare e variare la corrente. Così il flusso assume una profondità media di 1 m e nel canale si susseguono rapide e tratti lenti.

L'alimentazione del passaggio artificiale per l'ittiofauna è garantita da uno stramazzo rigurgitato ricavato nella parete di raccordo tra il canale di adduzione e lo sbarramento fluviale.

Lo stramazzo si presenta come una bocca nel muro di sponda con intradosso superiore alla quota di progetto del bacino artificiale a monte dello sbarramento (47,81 m s.l.m.). Questa soluzione permette di limitare la portata di alimentazione del canale per i pesci in caso di piena eccezionale.

Lo stramazzo è largo 1,50 m e profondo 0,473 m. La vena fluida libera ha uno spessore di 0,10 m, così quella rigurgitata risulta di 0,373 m. A valle dello stramazzo è realizzata una pozza di raccordo col successivo canale di bypass, in modo che l'ittiofauna possa interrompere la risalita.

La taratura dello stramazzo e la disposizione dei massi per il rallentamento della corrente nel passaggio artificiale per l'ittiofauna devono essere eseguite in fase di collaudo idraulico del dispositivo di rilascio.

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

7. CENTRALE IDROELETTRICA

7.1. Opera di presa ed adduzione

L'impianto idroelettrico in progetto deriva la portata del fiume Adda in sponda destra orografica attraverso un canale di adduzione.

L'imbocco è svasato verso monte per agevolare l'ingresso della portata nell'impianto idroelettrico.

La sezione del canale è rettangolare col fondo in pendenza verso le turbine tra le quote 45,00 m s.l.m. e 44,75 m s.l.m.. La sommità delle sponde presenta un gradino, poiché è a 49,50 m s.l.m. verso la centrale e 49,00 m s.l.m. verso il fiume.

Il canale presenta le pareti ed il fondo in cemento armato a vista. Le pareti sono formate da diaframmi in cemento armato rivestiti con uno strato dello stesso materiale verso il canale, per uniformarne la superficie. Il fondo è costituito da una platea sottile in cemento debolmente armato.

La parete destra del canale di adduzione è prolungata per circa 25 m verso monte lungo la sponda del fiume. Verso monte il diaframma continua con un tratto obliquo interrato che si innesta nella sponda naturale per evitare l'aggiramento della struttura da parte della corrente.

Oltre all'alimentazione dell'impianto idroelettrico, la presa ed il canale di adduzione assicurano l'accesso da monte alla conca idraulica per il supermanto del dislivello idraulico con le imbarcazioni.

Il bacino di sollevamento dei natanti è posto a sinistra, mentre l'imbocco per i gruppi di produzione idroelettrica è a destra. Questa disposizione colloca la conca di navigazione nella parte di canale in cui la corrente è più lenta, tale condizione è replicata anche nel canale di restituzione.

7.2. Edificio e meccanismi di produzione

L'intero impianto idroelettrico è posizionato in sponda destra orografica, particolare cura è stata impiegata per rendere l'intervento il più possibile compatibile con le esigenze ambientali ed idrauliche del sito.

Le opere dell'impianto sono progettate e realizzate con l'intento di minimizzare le modifiche alla sezione idraulica preesistente ed al profilo attuale del terreno.

La centrale idroelettrica è posta in corrispondenza del rilevato della ex Strada Statale Crema – Codogno.

Studio Sintesi Dott. Assone Ing.A.Capellino Ing.B.Dominici	Quadro progettuale	Pag.	23
---	--------------------	------	----

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

7.2.1. *Canali di derivazione e vasche di carico*

La portata è prelevata dal canale di adduzione sul lato di monte attraverso tre canali indipendenti, uno per ciascuna turbina idraulica, con sezione scatolare interrata. Di fronte agli imbocchi dei canali è presente un'unica griglia per il filtraggio della portata. Ciascun canale è munito di due paratoie per la chiusura della derivazione, poste a tergo della griglia di pulizia del flusso. Tra le due paratoie di ciascun canale è presente un setto di sostegno, il quale, come le pareti del canale, è dotato di gargami per l'inserimento di panconi.

La griglia è mantenuta pulita da un dispositivo automatico semovente dotato di braccio meccanico ad azionamento oleodinamico. In particolare il dispositivo pulisce la griglia attraverso un pettine raschiato sulla stessa dal basso verso l'alto. All'apice della griglia è presente una canaletta che raccoglie il materiale sollevato dal dispositivo di pulizia ed alcuni getti d'acqua in pressione provvedono a spostare i rifiuti verso destra. In fondo alla canaletta è presente un cassone con fondo grigliato per la raccolta del materiale sgrigliato, sotto al quale è presente una caditoia per lo scarico dell'acqua. Il dispositivo sgrigliatore è di tipo semovente, così un unico macchinario è sufficiente a pulire la griglia per l'intera larghezza di 34,20 m. Lo spostamento del dispositivo avviene su due rotaie a raso, ricavate nel solaio che le sostiene, in modo che la via di corsa possa essere adoperata anche da mezzi meccanici per la manutenzione dell'impianto o l'eventuale rimozione di materiale troppo pesante od ingombrante per essere rimosso dallo sgrigliatore. Il solaio presenta sei botole in corrispondenza dei gargami per l'inserimento dei panconi.

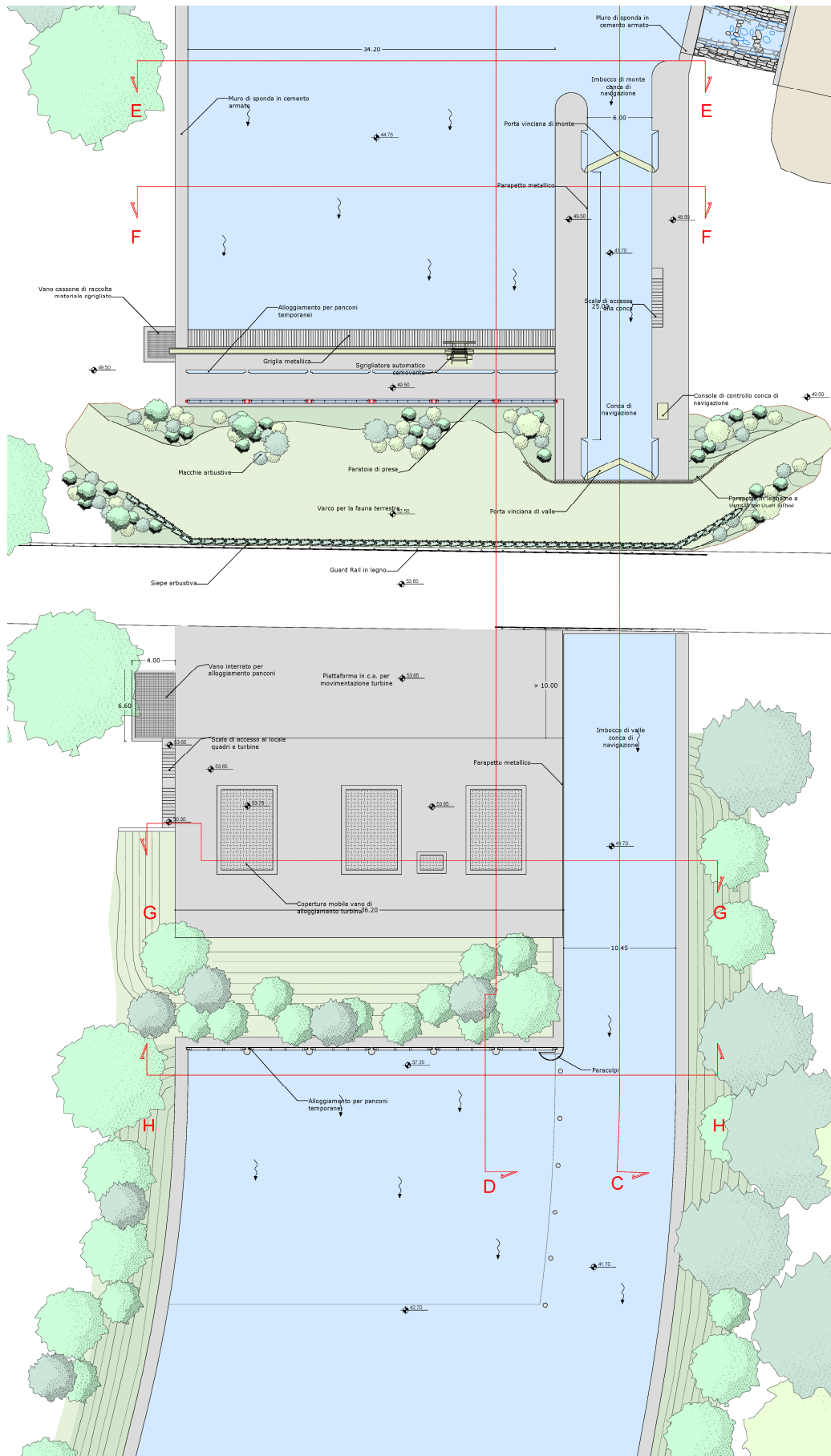
Ciascuno dei canali è largo 11,00 m, come le tre vasche di carico delle turbine idrauliche. Le vasche di carico sono interrate al di sotto della ex Strada Statale Crema – Codogno e l'intradosso del solaio è complanare a quello che sorregge la via di corsa dello sgrigliatore. I due solai predetti sono separati e nelle fenditure che si creano sono alloggiate le paratoie per la chiusura dei singoli gruppi di produzione. In particolare le singole paratoie sono utilizzate esclusivamente con comportamento ON-OFF, cioè completamente aperte o totalmente chiuse. Infatti, esse servono solamente a disattivare la produzione del singolo gruppo turbina generatore, poiché la regolazione della portata è gestita attraverso il distributore e la girante della macchina idraulica.

Sia le paratoie a monte sia il locale turbine a valle della ex Strada Statale sono posti ad una distanza maggiore di 10 m dal ciglio della carreggiata.

Ciascuna vasca di carico è munita di un condotto di aerazione che si sviluppa orizzontalmente sul solaio dei bacini stessi. I tre condotti hanno tracciato parallelo alla stata soprastante e sono interrati al di sotto del piazzale compreso tra la carreggiata ed il solaio del locale turbine.

I condotti sboccano nella parete destra del canale di accesso alla conca di navigazione da valle. L'ingresso ai condotti dall'esterno è impedito da grigliati metallici.

Studio Sintesi Dott. Assone Ing.A.Capellino Ing.B.Dominici	Quadro progettuale	Pag.	24
---	--------------------	------	----



Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

Figura 11 : Planimetria dell'impianto

7.2.2. Centrale idroelettrica e gruppi di produzione

I gruppi di produzione sono ospitati in un edificio completamente interrato posto a valle della ex Strada Statale in sponda destra orografica del fiume Adda.

Il locale di produzione ha pianta rettangolare, che internamente è lunga 34,20 m e larga 16,50 m.

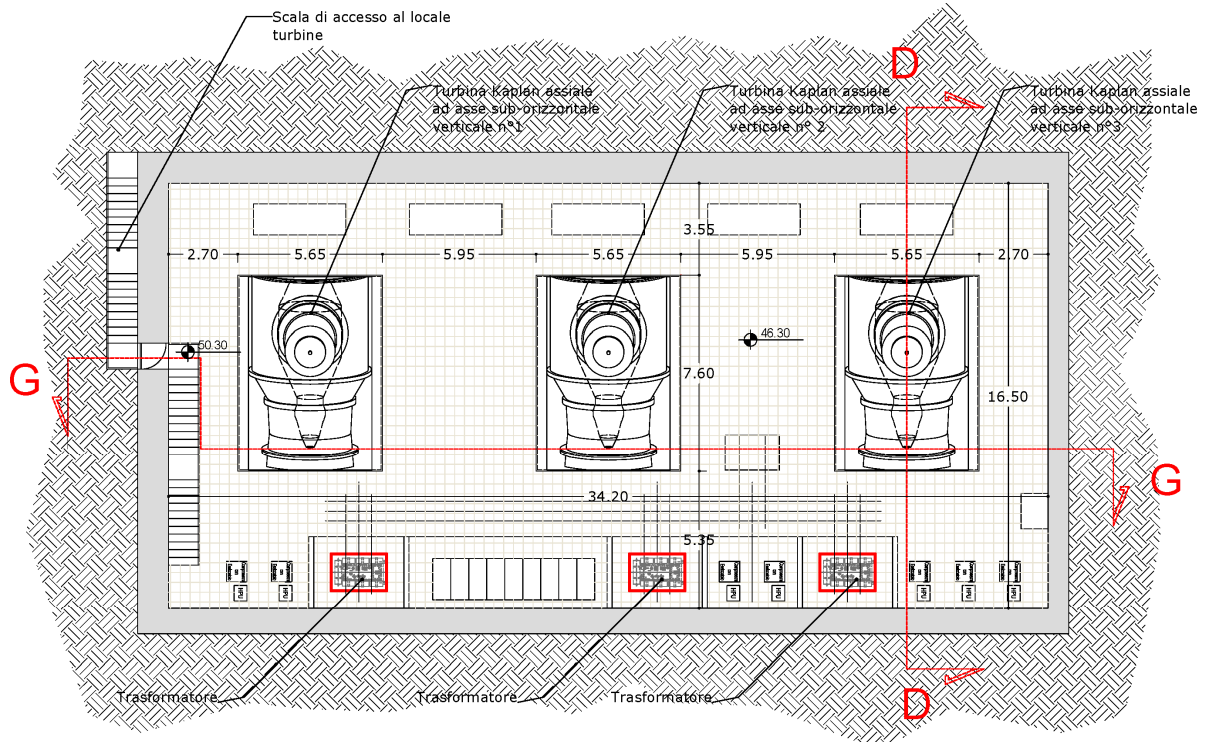


Figura 12: Pianta del locale turbine

Il pavimento della stanza di produzione è a quota 46,30 m s.l.m. e l'estradosso del solaio di copertura è complanare alla strada, a quota 53,65 m s.l.m..

I gruppi di produzione sono allineati lungo una direttrice parallela alla strada ed i rispettivi canali di carico e di scarico sono pertanto ortogonali alla stessa.

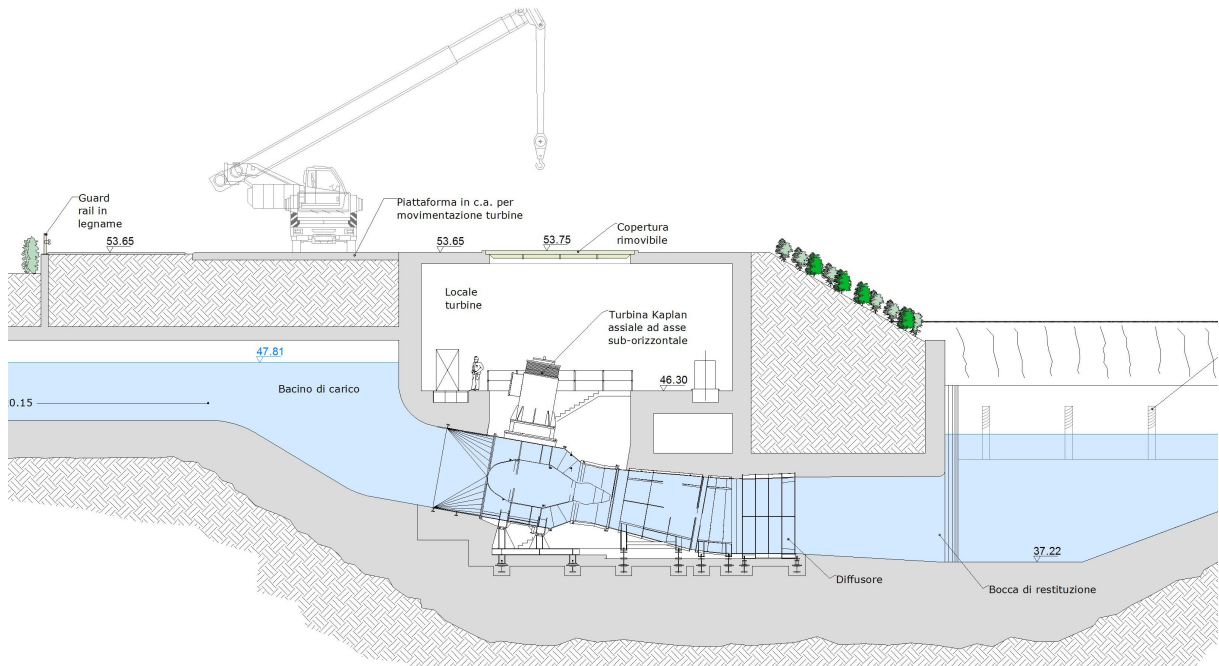


Figura 13: Sezione laterale del vano turbine

I gruppi di produzione sono formati da turbina, moltiplicatore di giri e generatore sincrono. Sopra ciascuno di essi il solaio di copertura è interrotto ed è presente una chiusura metallica removibile per permettere la movimentazione dei macchinari attraverso un'autogrù.

Il diffusore di ciascuna turbina si estende verso il fiume e termina in una parete verticale planimetricamente ortogonale all'asse degli scarichi.

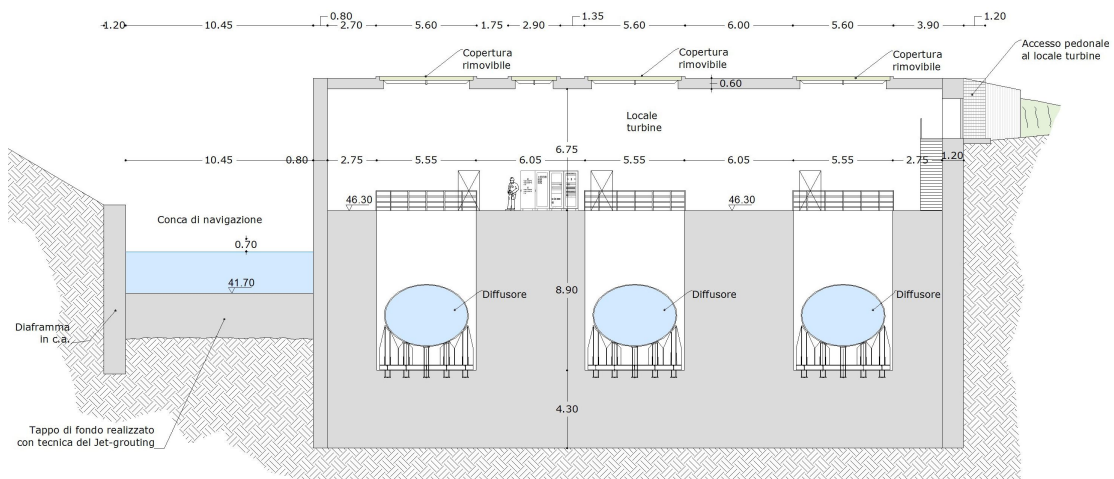


Figura 14: Sezione trasversale del locale turbine

Sopra ai diffusori è previsto un riempimento in terra che raccorda il solaio di copertura del locale produzione al predetto muro di contenimento, a quota 49,00 m s.l.m.. Lo sbocco di ciascun diffusore è diviso in due bocche da un setto munito di gargami per permettere l'installazione di panconi di chiusura. Ciò permette di

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

ottenere due bocche di 5,20 m di luce e quindi utilizzare i medesimi panconi previsti per la presa.

L'edificio della centrale ospita anche i quadri elettrici ed i trasformatori di tensione.

All'interno della stanza, oltre ai quadri elettrici di protezione e gestione, trova posto anche una scrivania con PC, per la visione e la gestione in tempo reale dei parametri di funzionamento dell'impianto idroelettrico.

L'accesso pedonale alla centrale idroelettrica avviene sul lato Sud attraverso una scala esterna che raggiunge la porta d'ingresso a quota 50,35 m s.l.m.. Un'ulteriore scala metallica interna permette di raggiungere il piano di calpestio della centrale.

La soglia della portata d'ingresso non è raggiunta dalla portata di piena, tuttavia, a maggior sicurezza è comunque prevista l'installazione di una porta stagna.

7.3. Canale di restituzione

Il canale di restituzione, come l'adduzione, è unico sia per la conca di navigazione sia per lo scarico idroelettrico.

Ha una larghezza complessiva di 45,45 m e presenta andamento planimetrico curvilineo. Infatti esso diparte dalla centrale nella direzione degli assi degli scarichi e devia a destra per agevolare il deflusso nel fiume Adda.

Il canale ha le pareti in cemento armato con fondazione a diaframma. Il fondo, invece, è in terreno naturale. Non sono previsti accorgimenti antierosione, poiché sia il canale della conca di navigazione sia gli scarichi delle turbine idrauliche terminano con un diaframma – taglione che preserva la struttura dall'eventuale abbassamento localizzato del fondo.

7.4. Scelta delle turbine da installare

Per ampliare l'intervallo di portate utilizzabili e diluire il rischio dell'investimento si installano tre turbine. Al fine di ridurre l'onere economico, soprattutto della progettazione e della componentistica di ricambio, si adottano due turbine identiche. Ciascuna delle turbine installate nell'impianto idroelettrico in progetto è in grado di operare con portate comprese nel seguente intervallo:

$$- Q \in [10,000; 50,000] \text{ m}^3/\text{s}.$$

La grandezza che indica il tipo di turbina da adottare è la velocità specifica che si calcola con la formula:

$$\omega_s = \omega \cdot \frac{\sqrt{Q}}{(g \cdot h_u)^{3/4}} = 2\pi \cdot n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{(g \cdot h_u)^{3/4}}$$

dove:

- $n = 2,083$ giri/s velocità di rotazione di regime della turbina, pari a 125 giri/min;
- Q portata massima;
- $g = 9,81$ m/s² accelerazione di gravità;
- $h_u = 3,59$ m caduta utile.

Sostituendo i valori nell'espressione si ottiene:

$$\omega_s = 2\pi \cdot 2,083 \cdot \frac{\sqrt{50,000}}{(g \cdot 3,57)^{3/4}} = 6,40 \text{ rad/s}$$

Di seguito si riporta la tabella 11.3 del libro "Fondamenti di macchine – Signum scuola - Torino - 1997".

*Tabella 5: Velocità specifiche
caratteristiche di ogni tipo di turbina (rad/s)*

Tipo di turbina	Velocità specifica		
	Limite inferiore	Valore centrale	Limite superiore
Pelton a un getto	0,03	0,07	
Pelton a tre getti		0,1	0,35
Francis lenta	0,25	0,6	
Francis normale		1,1	
Francis veloce		1,6	2,5
Kaplan a otto pale	1,7	2,5	
Kaplan a sei pale		3,2	
Kaplan a cinque pale		3,8	
Kaplan a quattro pale		4,3	6
A elica	4,6		10

Tenuto conto della tabella, si decide di installare tre turbine Kaplan biregolabili ad asse suborizzontale con distributore assiale e girante a quattro pale.

8. CABINA DI CESSIONE DELL'ENERGIA

8.1. Edificio per la cessione dell'energia

L'edificio per la gestione dell'impianto, e la trasformazione e cessione dell'energia alla rete di trasmissione è ubicato al di fuori dell'alveo di piena, dove l'argine destro del fiume Adda incontra il rilevato dismesso della Strada Statale Crema – Codogno. Siccome, sia l'argine sia la strada sono rilevati rispetto al piano campagna medio, l'edificio è costruito su di un terrapieno appositamente realizzato. La modifica dell'orografia del terreno non ha ripercussioni sul deflusso idraulico del fiume Adda poiché posto all'esterno dell'alveo di piena individuato dalla fascia fluviale B del P.A.I..

La pavimentazione, costituita da una platea in cls e dotata dei necessari vani e passacavi, è prevista lievemente rialzata rispetto al piano di campagna circostante, posto alla medesima quota della dismessa Strada Statale.

La pianta rettangolare di 4,00 m di larghezza ed 11,10 di lunghezza ospita tre locali, ovvero un locale ad uso esclusivo del gestore elettrico, un locale contatori e un locale "cliente" con quadri elettrici di gestione.

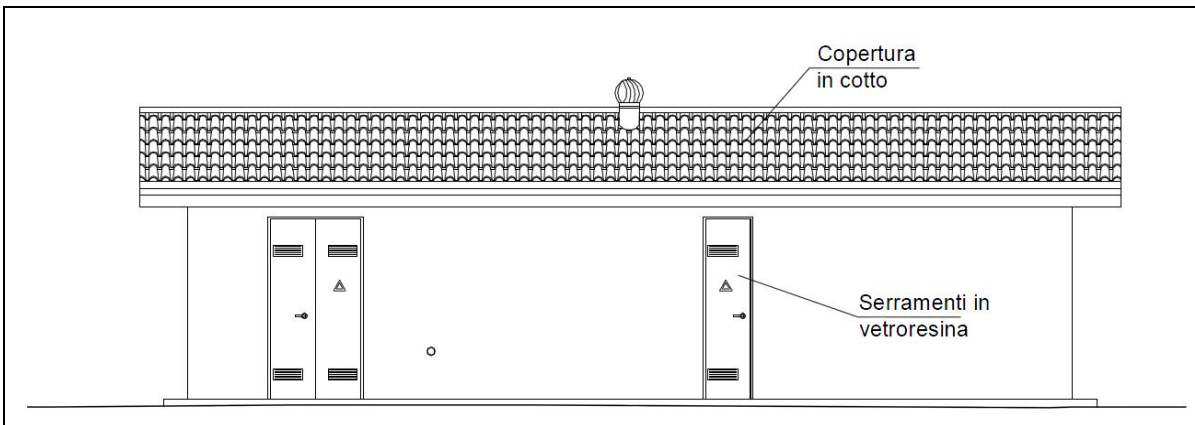


Figura 15: Prospetto della cabina di consegna

I serramenti, come da disposizioni del capitolato adottato dall'ENEL, sono previsti in vetroresina e sono di tipo standard a due ante. Analogo materiale per le griglie di aerazione poste a diverse altezze. È anche prevista la realizzazione di una piccola porzione di muratura in vetrocemento per l'illuminazione del locale ENEL.

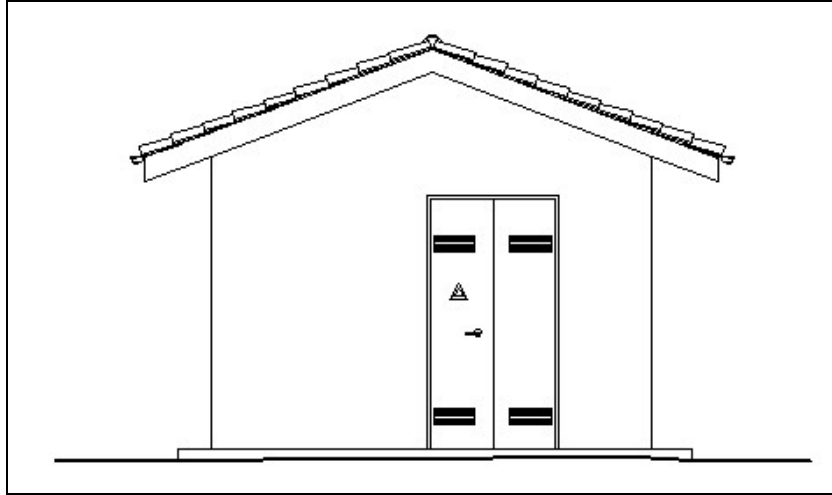


Figura 16: Prospetto della cabina di consegna

La struttura è collegata al volume principale che ospita i gruppi di produzione mediante cavidotti interrati.

9. CONCA DI NAVIGAZIONE

Il fiume Adda è navigabile a tratti in alcuni periodi dell'anno.

I tratti navigabili dipendono dalle infrastrutture presenti, quali ponti e briglie, che in alcuni casi limitano la continuità della navigazione (ponti) ed in altri la impediscono (briglie). Inoltre il trasporto solido del fiume modifica costantemente gli accumuli di sedimenti creando aree con limitazioni alla navigabilità.

I periodi navigabili dipendono, invece, dalla portata del fiume Adda. Infatti, in alcuni casi l'altezza piezometrica della corrente non è sufficiente a consentire la navigazione.

L'impianto idroelettrico in progetto è situato principalmente nel Comune di Bertonico, in un tratto navigabile che si estende dalla briglia della città di Lodi a quella della città di Pizzighettone.

Nel tratto in questione il fiume è attraversato dai ponti della Strada Statale 591 Crema – Codogno e della Tangenziale Est di Lodi, i quali, di recente costruzione, permettono la navigazione senza particolari restrizioni.

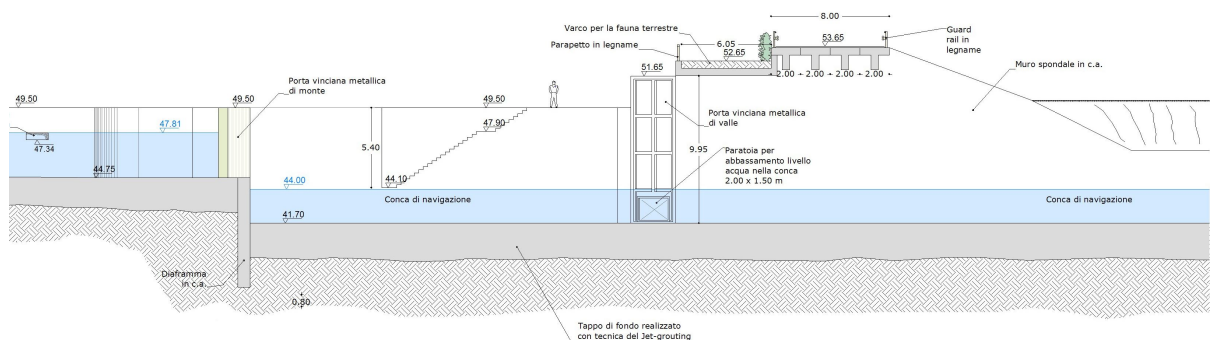


Figura 17: sezione longitudinale della conca di navigazione

Valutata, come indicato, la navigabilità del fiume nel tratto interessato dall'impianto idroelettrico, il progetto prevede la realizzazione di una conca di navigazione per mantenere la continuità del servizio.

La conca permette alle imbarcazioni di superare il dislivello tra i canali di adduzione e di scarico. E' stata scartata l'ipotesi di realizzare la conca per il superamento della traversa fluviale poiché nel tratto sotteso il livello piezometrico è inferiore ad 1 m in condizioni ordinarie.

La conca è un bacino con la porta di monte verso il canale di adduzione e quella di valle verso il canale di scarico dell'impianto idroelettrico. Inoltre la vasca comunica idraulicamente con i canali di adduzione e di scarico attraverso valvole che ne regolano i deflussi.

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

La conca funziona sia per il sollevamento sia per l'abbassamento delle imbarcazioni sfruttando semplicemente il principio dei vasi comunicanti:

- sollevamento
l'imbarcazione accede alla conca da valle attraverso la rispettiva porta, che successivamente è chiusa;
è aperta la valvola di monte in modo che l'acqua entri nella conca per il principio dei vasi comunicanti fino a raggiungere il livello di equilibrio, pari a quello del canale di adduzione;
è aperta la porta di monte e l'imbarcazione esce nel canale di adduzione, attraverso il quale raggiunge il fiume;
- abbassamento
l'imbarcazione accede alla conca da monte attraverso la rispettiva porta, che successivamente è chiusa;
è aperta la valvola di valle in modo che l'acqua defluisca dalla conca per il principio dei vasi comunicanti fino a raggiungere il livello di equilibrio, pari a quello del canale di scarico;
è aperta la porta di valle e l'imbarcazione esce nel canale di restituzione, attraverso il quale raggiunge il fiume.

Alla luce di quanto indicato è evidente la semplicità di funzionamento e soprattutto la necessità minima di energia per l'azionamento. Infatti molte di queste conche hanno funzionamento manuale, poiché sfruttano l'energia potenziale dell'acqua.

Le valvole di riempimento e svuotamento della conca sono costituite da paratoie piane con tenuta sui quattro lati. Quella di monte è posta sulla parete della banchina che separa la conca di navigazione dal canale di adduzione. All'interno della banchina è presente un pozzetto che raccorda altimetricamente i fondi del canale e della conca. La valvola di valle è installata direttamente all'interno della porta.

Per quanto riguarda gli accessi alla conca idraulica, essi sono regolati da due porte vinciane, che permettono di aprire completamente il passaggio scomparendo nelle apposite nicchie ricavate nelle pareti del bacino.

Per facilitare la navigazione nello stretto passaggio, tutti gli spigoli che possono venire a contatto con le imbarcazioni sono arrotondati con un raggio di curvatura di 1,5 m.

Anche lo spigolo della centrale idroelettrica presso la restituzione, in adiacenza all'ingresso di valle della conca di navigazione è arrotondato. In questo caso, l'impossibilità di ridurre la sagoma in cemento armato, per la presenza degli scarichi delle turbine, rende necessaria l'installazione di un parabordo in acciaio, arrotondato come indicato in precedenza. Il castello metallico è fissato alla parete in cemento armato, aggettante, al di sopra del livello idrometrico di magra assoluta del fiume (valutato in 42,20 m s.l.m.). Complessivamente il parabordo è alto 4,00 m, con la sommità a quota 46,20 m s.l.m., come la banchina di valle della conca di navigazione. Inoltre nel canale di restituzione sono presenti una serie di pali verticali che imboccano le imbarcazioni verso la conca di navigazione.

Le dimensioni della conca di navigazione permettono il transito di imbarcazioni larghe 5 m, lunghe 24 m e con un pescaggio di 1,5 m.

Studio Sintesi Dott. Assone Ing.A.Capellino Ing.B.Dominici	Quadro progettuale	Pag.	34
---	--------------------	------	----

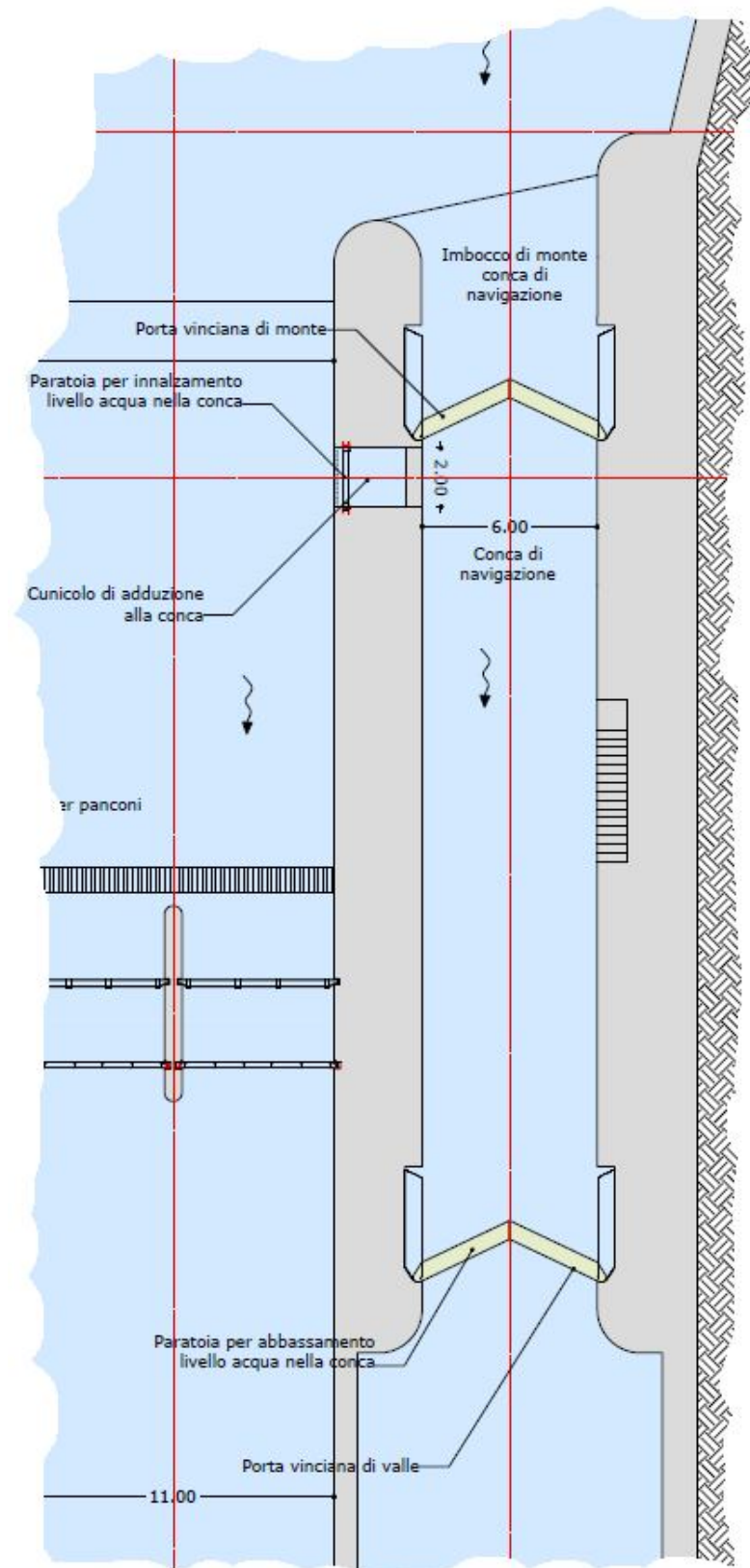


Figura 18: pianta della conca di navigazione

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

10. OPERE DI RIPRISTINO E MITIGAZIONE AMBIENTALE

Per contenere al minimo l'interferenza tra l'opera oggetto del presente studio e la componente ambientale - paesaggistica sono stati previsti una serie di accorgimenti e soluzioni progettuali specifiche.

10.1.1. *Il varco per la fauna terrestre*

Per quanto concerne la fauna terrestre, il progetto prevede la realizzazione di un varco idoneo a mantenere la connessione ecologica con la porzione di territorio (costituita dal meandro) che si viene a creare a seguito della realizzazione delle opere in progetto (in particolare dei canali di adduzione e scarico).

Considerando la tipologia dell'impianto, infatti, è verosimile che l'area del varco rappresenti il principale elemento di connessione, in particolare per i piccoli mammiferi, rettili ed anfibi nonché parte dell'entomofauna, altrimenti rappresentato esclusivamente dal vecchio sedime stradale.

Dal punto di vista tecnico, il varco è rappresentato da una passerella di 6 metri di larghezza posta 1 m al di sotto della sede stradale sul lato di monte della stessa. Lungo lo strapiombo su acqua, verrà realizzato un parapetto pieno in legname. Al fine di aumentarne "l'attrattività" e dissuadere la fauna ad attraversare la strada (peraltro attualmente abbandonata ed utilizzata solo occasionalmente dai mezzi agricoli), si prevede la realizzazione di mascherature che fungano da invito per la fauna stessa.

Il gradino esistente tra la passerelle ed il manto stradale (1 m) verrà mascherato tramite una siepe arbustiva. La passerella, completamente inerbita, verrà ulteriormente vegetata tramite l'utilizzo di macchie arbustive (con prevalenza di *Crataegus monogyna* e *Rosa canina*) in particolar modo in corrispondenza dei due accessi.

È noto come siepi, macchie arbustive e manto erboso, oltre che alla funzione di mascheramento, svolgono un ruolo ecologico molto importante fungendo da fasce ecotonali: in un contesto come quello in esame, caratterizzato da un'attività agricola fortemente antropizzata, si può ritenere come il varco (seppur in misura contenuta) possa offrire al contempo condizioni di habitat ottimali per molte specie di piccoli mammiferi, uccelli, rettili ed insetti, che utilizzano permanentemente le siepi e /o la copertura erbacea, svolgono le loro funzioni vitali e riproduttive.

Studio Sintesi Dott. Assone Ing.A.Capellino Ing.B.Dominici	Quadro progettuale	Pag.	36
---	--------------------	------	----

10.1.2. *Gli interventi di rivegetazione*

Al termine degli interventi si procederà al ripristino di tutte le aree interessate, anche solo temporaneamente, dal cantiere: tutte le aree in cui è presente vegetazione arboreo-arbustiva (es. le aree in corrispondenza della traversa fluviale, dell'opera di presa, lungo il sedime della vecchia S.S., in corrispondenza della restituzione nonché le zone di stoccaggio dei materiali, le zone di manovra dei mezzi, ecc.) verranno rivegetate. Sono previsti interventi di inerbimento, messa a dimora di alberi e arbusti, realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica.

Tutte le aree interessate dai lavori di recupero ambientale saranno sottoposte alle necessarie lavorazioni e al riporto di terreno agrario; tali superfici saranno quindi inerbite con un miscuglio erbaceo plurispecifico, distribuito mediante la tecnica della semina a spaglio o localmente tramite veicolo liquido (idrosemina).

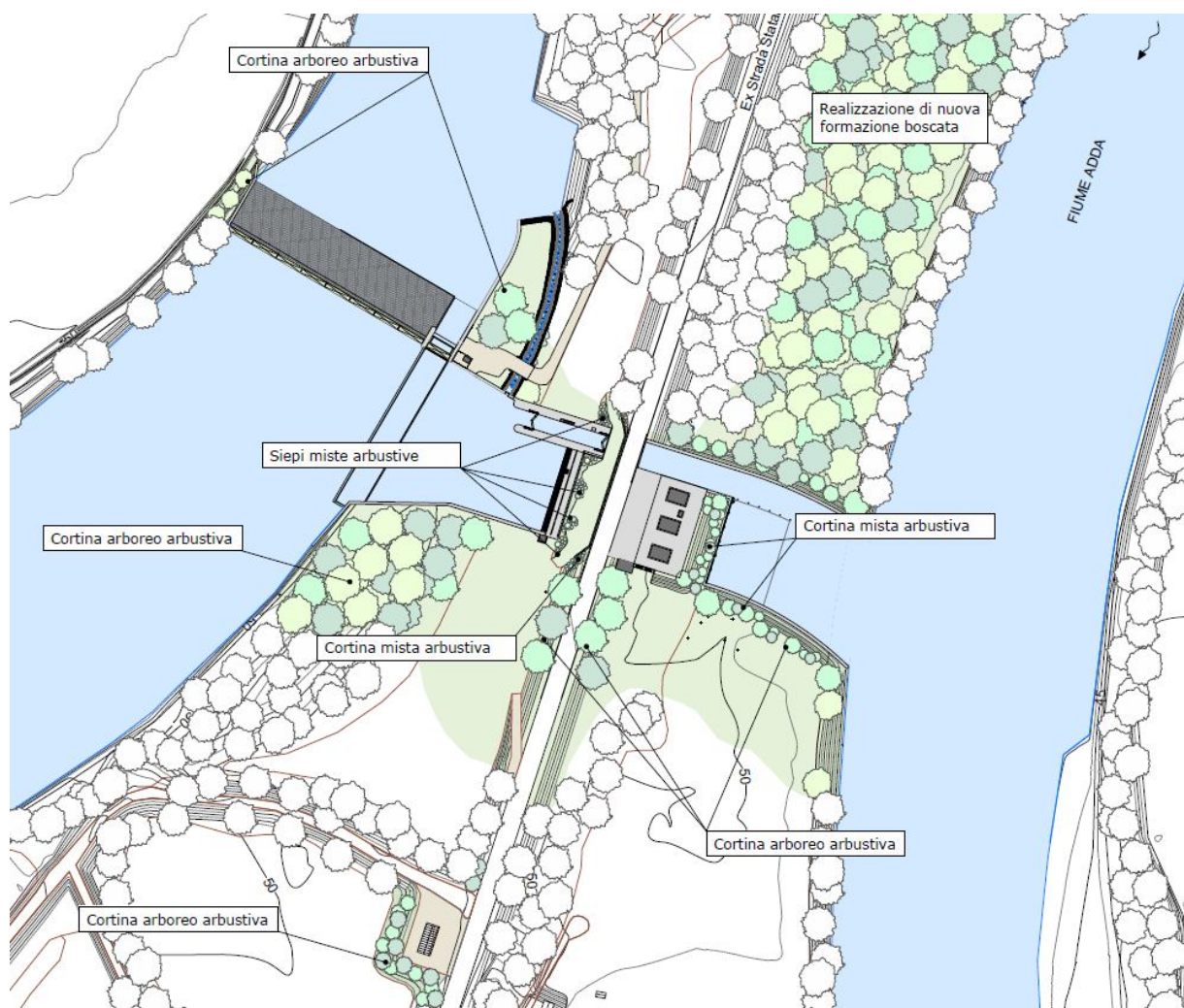
La copertura vegetale costituita da un cotico erboso continuo rappresenta una valida protezione fisica del suolo: provoca, attraverso l'aumento della scabrosità superficiale, la diminuzione della velocità delle acque di ruscellamento, migliora inoltre la resistenza al taglio degli strati superficiali del terreno, grazie all'azione di armatura dovuta alle radici, nonché riduce i rischi di dissesto, mediante l'azione di drenaggio e pompaggio dell'acqua nel suolo attraverso la traspirazione. La stessa, inoltre, esercita una valida azione di contrasto alla diffusione di specie avventizie e/o infestanti, esotiche, trasportate dal vento e provenienti dalle colture agrarie (aspetto non poco rilevante data l'ubicazione del sito).

Miscuglio adatto per prati stabili in ambienti di pianura, a basse quote.

<i>specie</i>	%	<i>specie</i>	%
<i>Festuca rubra</i>	20	<i>Trifolium repens</i>	5
<i>Festuca ovina</i>	15	<i>Anthyllis vulneraria</i>	2
<i>Phleum pratense</i>	6	<i>Vicia sativa</i>	3
<i>Dactylis glomerata</i>	5	<i>Vicia villosa</i>	3
<i>Lolium perenne</i>	5	<i>Salvia pratensis</i>	3
<i>Poa pratensis</i>	8	<i>Verbena officinalis</i>	1
<i>Agrostis tenuis</i>	2	<i>Achillea millefolium</i>	3
<i>Lotus corniculatus</i>	7	<i>Ranunculus acris</i>	1
<i>Medicago sativa</i>	3	<i>Sanguisorba minor</i>	2
<i>Medicago lupulina</i>	2	<i>Plantago lanceolata</i>	1
<i>Trifolium pratense</i>	3		

Quale misura ulteriore di mitigazione si prevede di effettuare l'impianto di specie ripariali arbustive (*Salix purpurea*, *S. eleagnos*), in corrispondenza delle porzioni superiori dei tratti di scogliera in massi, previste per brevi tratti in prossimità della traversa fluviale e del canale di restituzione, e di specie arboree, nelle zone immediatamente retrostanti a questi, allo scopo di ricostituire la fascia di vegetazione spondale e, ammorbidendone le geometrie, diminuendone l'artificialità, limitare la visibilità dei manufatti.

Verranno impiegate sia talee legnose (diametro 1,5-2 cm, lunghezza variabile da 0,5 a 1,5 m, a seconda della localizzazione) sia piantine radicate (soggetti in contenitore o fitocella, di altezza pari a 60-80 cm).



Pur prevedendo l'impiego di specie autoctone, il contributo alla riqualificazione dell'area sotto il profilo naturalistico derivante dalla posa delle talee sarà minimo, data l'esiguità dello sviluppo lineare dei tratti in scogliera.

In tutte le aree di cantiere interessate dalla presenza della vegetazione, peraltro di superfici molto contenute se si considera anche la compattezza dell'impianto in

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

progetto, verrà ricostituita la fascia di vegetazione arborea presente che verrà presumibilmente danneggiata durante le operazioni di cantiere. A tal fine verranno messi a dimora diversi individui appartenenti alle specie: *Acer campestre*, *Populus alba*, *Salix alba*.

Al fine di mascherare i manufatti e gli edifici di nuova realizzazione, la maggior parte dei quali già interrati e/o semi-interrati e collocati in zone poco visibili dal territorio circostante sia per la presenza della vegetazione lungo le sponde del fiume e delle fasce di vegetazione lungo il sedime della strada, sia per la particolare morfologia del territorio (si ricorda a tal proposito come nel tratto in esame, il fiume presenta argini rilevati sia in destra sia in sinistra orografica), verranno messi a dimora **nuclei arboreo-arbustivi** nonché individui isolati appartenenti alle seguenti specie: *Acer campestre*, *Salix alba*, *Quercus robur*, *Populus sp.*, tra le arboree, *Euonymus europaeus*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, tra le arbustive, impiegando piante a pronto effetto (CFR 18-20 cm, altezza 3,5-4 m per gli alberi e 3 ramificazioni e altezza 1,2-1,5 m per gli arbusti).

Oltre agli interventi puntuali fin qui descritti (opere di mitigazione), in considerazione della valenza paesaggistica e soprattutto fruitiva, nonché delle potenzialità naturalistiche del contesto fluviale, il progetto propone anche una serie di interventi a scala più ampia (opere di compensazione) atti a riqualificare il contesto territoriale interferito sotto il profilo ambientale.

Tra questi, la riqualificazione della fascia ripariale presente lungo il tratto sotteso (che come anticipato presenta una lunghezza di 4,5 km) può rappresentare senz'altro un intervento di indubbio interesse soprattutto se si considera la limitata estensione delle superfici, che allo stato attuale, sono occupate da vegetazione naturale (peraltro compromessa anche da un punto di vista della composizione specifica).

In aggiunta a quanto descritto, il proponente si è inoltre dichiarato disponibile ad effettuare ulteriori interventi da concordarsi con gli enti territoriali competenti in sede di conferenza dei servizi.

10.1.3. *Componente paesaggistica*

In merito al progetto, la scelta di realizzare l'opera presso il tratto in esame (taglio di meandro), non compreso in sistemi paesistici di particolare pregio, peraltro in un contesto già particolarmente antropizzato, permetterà di realizzare un impianto particolarmente compatto; inoltre, la scelta di interrare la maggior parte dei manufatti e di realizzare l'unico fabbricato in elevazione secondo le tipologie costruttive locali, contribuirà a contenere ulteriormente gli impatti derivanti dalla costruzione dell'opera nel paesaggio.

Studio Sintesi Dott. Assone Ing.A.Capellino Ing.B.Dominici	Quadro progettuale	Pag.	39
---	--------------------	------	----

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

A quanto visto si aggiunga che il progetto prevede anche un recupero delle aree di cantiere e non interessate da manufatti piste o piazzali mediante: inerbimento delle superfici libere, impianto di essenze arbustive ed arboree autoctone in corrispondenza delle difese spondali e in prossimità degli edifici. Tali interventi garantiranno in breve tempo una buona mitigazione dell'impatto indotto dall'opera, per il ruolo svolto dalla vegetazione nell'occultamento di alcuni manufatti.

Circa l'impatto indotto dalla riduzione del contorno bagnato, il progetto prevede interventi compensativi atti alla riqualificazione della fascia ripariale presente lungo il tratto sotteso; questa, anche con riferimento a quanto esposto nel paragrafo relativo agli impatti sulla componente in esame, svolgerà altresì una importante azione di "schermo visivo" nei confronti del tratto di Fiume in questione.

Onde limitare il consumo della risorsa suolo, particolare cura verrà posta nell'esecuzione dei lavori di scavo e nel trattamento del terreno di risulta.

Relativamente alle aree interessate dalla costruzione di strutture in cls, lo strato più superficiale di suolo, il terreno vegetale, verrà accantonato dopo l'asportazione al fine del suo riutilizzo per le opere di recupero e mitigazione successive alla realizzazione dell'impianto. Qualora fosse necessario un accumulo prolungato (superiore a 2-3 mesi), il terreno verrà stoccato, temporaneamente, all'esterno della zona di lavorazione, in cumuli di altezza inferiore ai 2 m, con falde inclinate di circa 25° rispetto all'orizzontale e all'occorrenza inerbite. Questo potrà, quindi, essere successivamente impiegato per recuperare le superfici di cantiere non interessate dalle strutture dell'opera, ovvero le sponde ed altre aree circostanti, mediante redistribuzione con mezzi meccanici e/o manualmente. Tale accorgimento consentirà di garantire il ritorno della flora batterica e degli agenti fungini di micorrizzazione tipici della stazione, di particolare utilità per la riuscita degli interventi di recupero a verde.

Le aree di cantiere destinate ad essere rinverdate saranno previamente sottoposte a lavorazioni profonde con attrezzi discissori allo scopo di attenuare gli effetti del compattamento dovuto al transito di macchinari e mezzi di cantiere.

Infine la realizzazione di nuovi tratti di difesa spondale, come già sopra riportato, contribuiranno a diminuire i rischi di erosione delle sponde dell'alveo.

Studio Sintesi Dott. Assone Ing.A.Capellino Ing.B.Dominici	Quadro progettuale	Pag.	40
---	--------------------	------	----

Edison Spa	Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591	Provincia di Lodi e Cremona Comuni di Bertonico e Ripalta Arpina
------------	---	---

10.2. VALUTAZIONI ECONOMICHE

QUADRO ECONOMICO RIASSUNTIVO E QUADRO RICAVI – COSTI

a	Produzione totale	kWh/anno	21 793 559,00
b	Potenza nominale dell'impianto	kW	2 998,0
<hr/>			
c	Costo totale realizzazione impianto	€	15 577 554,86
	Investimento unitario rapportato alla potenza nominale per kW (b/c)	€	5 195,98
	Investimento unitario rapportato all'energia mediamente prodotta (a/c)	€	0,7148
<hr/>			
	Importo "Tariffa Omnicomprensiva" per 25 anni (2016 / 2040)	€	70 284 227,78
	Importo totale ritiro energia elettrica per 5 anni (2041/ 2045)	€	8 656 410,69
d	totale ricavi (30anni)	€	78 940 638,46
e	Ricavo medio annuo presunto (d/30)	€	2 631 354,62
	Il ricavo unitario per kWh prodotto è di	€	0,1207
<hr/>			
	Importo anticipo iniziale leasing 20% (2015)	€	3 115 510,97
	Importo totale leasing per 15 anni (2016 / 2030)	€	19 246 897,25
	Canoni governativi calcolati sulla potenza nominale (2015 / 2045)	€	1 772 473,47
	Sovracanoni Enti rivieraschi calcolati sulla potenza nominale (2015 / 2045)	€	648 265,76
	Sovracanoni B.I.M. calcolati sulla potenza nominale	€	-
	Costo manutenzione per 30 anni (2016 / 2045)	€	6 870 958,96
f	Costi di gestione per 30 anni (2016 / 2045)	€	7 483 987,73
g	totale costi (30anni)	€	39 138 094,14
	Costo medio annuo presunto (g/30)	€	1 304 603,14
	Il costo unitario per kWh prodotto è di	€	0,0599