

VIS S.r.l.

IMPIANTO IDROELETTRICO “BUDRIESSE”



VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

QUADRO PROGETTUALE

Comune Castelnovo Bocca d'Adda (LO)
Data Giugno 2015
File SIA006QPGT



GRUPPO DI LAVORO:



Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura
Università degli Studi di Pavia



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO



GEOLAMBDA
Engineering S.r.l.



STUDIO FROSIO

STUDIO ASSOCIATO DI INGEGNERIA

*Con la collaborazione della dott.ssa Giovanna Fontana,
biologo analista ambientale, per gli aspetti vegetazionali*

Indice

1.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
2.	LIVELLO DI PROGETTAZIONE ESPRESSO DALLA NORMATIVA IN TEMA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE.....	4
3.	GENERALITÀ DEL PROGETTO.....	5
3.1.	Calcolo della portata derivata.....	5
3.2.	Stima dell'energia producibile.....	7
3.3.	Riassunto dei dati caratteristici della derivazione.....	9
4.	DESCRIZIONI DELLE PRINCIPALI SEZIONI DEL PROGETTO.....	9
4.1.	Sbarramento.....	9
4.2.	Opera di presa.....	10
4.3.	Passaggio per i pesci.....	11
4.4.	Canali di carico.....	12
4.5.	Centrale e restituzione.....	12
4.6.	Linea elettrica.....	13
5.	LE ALTERNATIVE CONSIDERATE.....	13
5.1.	Alternative progettuali.....	13
5.2.	Scelta del macchinario idroelettrico.....	14
5.3.	Scelta della tipologia di sbarramento.....	15
5.4.	Scelta della tipologia e configurazione del sistema di sgrigliatura.....	15
5.5.	Scelta della tipologia e configurazione del passaggio per pesci.....	16
5.6.	Configurazione della centrale.....	17
5.7.	Linea di allacciamento alla rete di distribuzione.....	17
6.	TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E SCELTE TECNOLOGICHE.....	17
6.1.	Installazione.....	19
6.2.	Tipi di sistemi di controllo.....	19
6.2.1.	Controllo di livello pneumatico.....	19
6.2.2.	Controlli programmabili.....	19
6.3.	Scudi delle paratoie.....	20
6.4.	Comportamento dello sbarramento in caso di portate di piena.....	20
6.4.1.	Livelli idraulici di funzionamento.....	21
6.4.2.	Gestione dello sbarramento e regolazione del livello di monte.....	21
7.	COSTI PREVISTI.....	23
7.1.	Costo degli interventi.....	23
7.2.	Costi di esercizio.....	24
8.	LA FASE DI REALIZZAZIONE.....	24
8.1.	Programma cronologico dei lavori.....	24
8.2.	Analisi delle fasi esecutive.....	25
8.2.1.	Fasi di lavoro.....	26
8.3.	Le aree coinvolte.....	28
8.4.	Siti di accumulo e stoccaggio.....	30
8.5.	Taglio di vegetazione esistente.....	30
8.6.	Ture provvisorie in alveo.....	31
8.7.	Opere speciali di fondazione e sostegno degli scavi.....	32
8.8.	Strade per il cantiere e piste provvisionali.....	33
8.9.	Interferenza con la viabilità esistente.....	33
8.10.	Montaggi.....	34
8.11.	Mezzi di cantiere.....	34
8.12.	Quantificazioni di scavi e rinterrì.....	35
8.13.	Quantificazioni dei movimenti di terreno e materiali.....	36
9.	LA FASE DI DISMISSIONE.....	37
9.1.	Fasi di rimozione dell'impianto.....	37
9.2.	Misure di recupero e reinserimento ambientale.....	38
9.3.	Costo degli interventi di dismissione e reinserimento ambientale.....	38
9.4.	Tempistica degli interventi di dismissione e reinserimento ambientale.....	39
10.	LE SCELTE PROGETTUALI PER LA MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI PERMANENTI DELLA CENTRALE.....	39
10.1.	Sbarramento.....	39
10.2.	Opera di presa.....	41

Quadro progettuale

10.3.	Passaggio per i pesci	41
10.4.	Canali di carico	42
10.5.	Centrale e restituzione	43
10.6.	Linea elettrica.....	43
11.	MISURE DI MITIGAZIONE DELLE OPERAZIONI DI CANTIERE.....	44
11.1.	Mitigazione degli impatti sulle acque superficiali e sotterranee.....	44
11.2.	Mitigazione degli impatti sull'atmosfera.....	44
11.3.	Mitigazione degli impatti sul suolo	45
11.4.	Gestione dei rifiuti.....	45
11.5.	Mitigazione degli impatti sulla viabilità.....	45
11.6.	Mitigazione degli impatti paesaggistici.....	46
12.	ALTR FONTI DI PRESSIONI PRESENTI NELL'AMBITO CIRCOSTANTE L'OPERA IN PROGETTO.....	46
13.	ASPETTI ECONOMICI E OCCUPAZIONALI.....	47
13.1.	Sinergie e opportunità economiche territoriali	47
13.2.	L'occupazione prevista	48

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il progetto in esame riguarda l'utilizzazione idroelettrica delle portate del fiume Adda, poco a monte della sua confluenza nel fiume Po, al confine tra le Province di Lodi in sponda idrografica destra e di Cremona in sponda sinistra.

La derivazione e relativa centrale idroelettrica verrà ubicata in sponda destra (Iodigiana) in località Budriesse del Comune di Castelnuovo Bocca d'Adda, immediatamente a valle del canale di scarico in località "Budriesse" del Collettore Adda-Maccastorna (localmente detto anche "Chiavicone").

Le opere fuori alveo in sponda destra insistono su aree in disponibilità del Proponente, mentre le opere in sponda sinistra e in alveo sono su aree demaniali.

2. LIVELLO DI PROGETTAZIONE ESPRESSO DALLA NORMATIVA IN TEMA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

Gli elaborati progettuali allegati allo Studio di Impatto Ambientale sono stati strutturati secondo quanto previsto dall'art. 13.1 del D.M. Sviluppo Economico del 10/9/2010, tenendo inoltre conto di quanto previsto dall'art. 5 comma 1 lett. h) del D.Lgs. 03/04/2006 n. 152 (Testo Unico sull'ambiente) e s.m.i., a cui rimanda la normativa in materia di VIA per la definizione del progetto definitivo. L'articolo citato definisce il progetto definitivo come *"gli elaborati predisposti in conformità all'art. 93 del Decreto n. 163 del 2006 nel caso di opere pubbliche; negli altri casi, il progetto che presenta almeno un livello informativo e di dettaglio equivalente ai fini della valutazione ambientale"*.

Quest'ultimo decreto, cioè il codice dei contratti pubblici, al suddetto art. 93 fornisce la definizione compiuta: *"il progetto definitivo individua compiutamente i lavori da realizzare, nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti nel progetto preliminare e contiene tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio delle prescritte autorizzazioni e approvazioni. Esso consiste in una relazione descrittiva dei criteri utilizzati per le scelte progettuali, nonché delle caratteristiche dei materiali prescelti e dell'inserimento delle opere sul territorio; nello studio di impatto ambientale ove previsto; in disegni generali nelle opportune scale descrittivi delle principali caratteristiche delle opere, e delle soluzioni architettoniche, delle superfici e dei volumi da realizzare, compresi quelli per l'individuazione del tipo di fondazione; negli studi e indagini preliminari occorrenti con riguardo alla natura e alle caratteristiche dell'opera; nei calcoli preliminari delle strutture e degli impianti; in un disciplinare descrittivo degli elementi prestazionali, tecnici ed economici previsti in progetto nonché in un computo metrico*

estimativo, Gli studi e le indagini occorrenti, quali quelli di tipo geognostico, idrologico, sismico, agronomico, biologico, chimico, i rilievi e i sondaggi, sono condotti fino a un livello tale da consentire i calcoli preliminari delle strutture e degli impianti e lo sviluppo del computo metrico estimativo"

3. GENERALITÀ DEL PROGETTO

Il progetto idroelettrico sfrutterà il salto (incrementato dalle opere in progetto) in corrispondenza di una traversa esistente, realizzata negli anni '60 dopo la costruzione della centrale ENEL di Isola Serafini per limitare l'erosione regressiva del fiume Adda: poiché a seguito del taglio di meandro del Po la centrale ENEL spostò i rilasci idrici del Fiume in corrispondenza del tratto artificiale di Fiume (detto "Po Nuovo"), nell'originario sedime ("Po Vecchio") nel quale sfocia l'Adda i livelli idrometrici si ridussero notevolmente innescando sia fenomeni erosivi regressivi sull'Adda, sia abbassando in modo consistente la falda (controllata dal livello idrometrico dall'Adda e dal Po) a danno delle culture tradizionalmente svolte sul territorio. Per contrastare almeno i più evidenti fenomeni erosivi venne quindi realizzata la traversa esistente poco a monte della confluenza dell'Adda in Po.

3.1. Calcolo della portata derivata

Per un calcolo della portata derivata, va innanzitutto precisato che gli art. 14 e 15 del Regolamento regionale 24 marzo 2006 n. 2 prevedono fra i criteri per il rilascio della concessione, che sia "garantito il deflusso minimo vitale (DMV) a valle della captazione" "così come determinato per ciascuna sezione dal corso d'acqua dalla pianificazione di settore e della normativa vigente al momento dell'assunzione del provvedimento".

In realtà la Regione Lombardia, già con la L.R. n. 25 del 26/5/1982, all'art. 19, aveva richiesto agli Enti che rilasciano le concessioni di derivazione d'acqua di predisporre norme disciplinari per prevedere il deflusso continuo d'una quantità di acqua sufficiente a garantire anche in periodi di magra la sopravvivenza e la rimonta dell'ittiofauna. Nel caso specifico, essendo l'impianto realizzato a cavallo di un salto di fondo creato da una soglia preesistente, la presa e la restituzione vengono mantenute praticamente nello stesso punto, senza variazioni del regime idrologico in nessun tratto del corso d'acqua, nel quale continuerà a transitare l'intera portata attualmente disponibile. Di conseguenza perde di significato l'applicazione stessa del Deflusso Minimo Vitale.

Quadro progettuale

Ad ogni modo, come illustrato negli elaborati progettuali, si prevede lo sfioro continuo di 2,53 m³/s (corrispondenti a una lama d'acqua di 5 cm) dal ciglio dello sbarramento, nonché il rilascio, sempre in continuo, di ~1,44 m³/s con funzione di richiamo (396 l/s) e alimentazione (1.045 l/s) della scala pesci.

In totale saranno dunque rilasciati circa 4 m³/s dalla traversa; detto rilascio avverrà in continuo nelle condizioni di normale esercizio, mentre perde chiaramente di significato in condizioni di piena, quando lo sbarramento sarà abbassato e l'impianto stesso non sarà in funzione.

Si conferma la scelta, operata in sede di progetto preliminare, di una portata massima derivabile di 120 m³/s, presente in alveo per circa metà anno in base alla curva di durata delle portate.

Rispetto alla domanda di concessione cambia invece la portata media derivata, la quale, fissata la portata massima, dipende dai rilasci previsti; con i rilasci illustrati al paragrafo precedente si ottiene una portata derivabile media annua di 86,72 m³/s.

La tabella seguente riporta, per le varie durate, la portata dell'Adda, quella disponibile (cioè depurata dei rilasci e limitata alla massima derivabile) e quella effettivamente derivata dall'impianto; quest'ultima dipende anche dal salto disponibile, come illustrato in dettaglio negli elaborati progettuali.

Durata	Q Adda	Q disp.	Q der.
<i>giorni</i>	<i>m³/s</i>	<i>m³/s</i>	<i>m³/s</i>
10	260	120	0
30	250	120	60
45	250	120	80
60	250	120	104
91	210	120	120
100	200	120	120
135	148	120	120
150	135	120	120
182	120	116	116
230	100	96	96
274	82	78	78
300	70	66	66
335	60	56	56
355	54	50	50
365	50	46	46
ANNO	132,50	95,60	86,72

3.2. Stima dell'energia producibile

La derivazione in progetto è caratterizzata dalle seguenti portate.

- Portata massima di concessione Q_{max} 120,00 m³/s
- Portata media di concessione Q_{med} 86,72 m³/s

La portata media derivata è stata determinata in funzione del salto disponibile, oltre che della disponibilità idrologica, come illustrato in dettaglio negli elaborati progettuali.

Il sistema di regolazione dello sbarramento mobile manterrà il livello di monte costante a 35,50 m s.l.m. in condizioni di normale esercizio dell'impianto, mentre il livello di valle è fortemente influenzato dalla quota idrometrica del Po, in cui l'Adda confluisce poco a valle dal sito dell'impianto; il valore medio è stato pertanto determinato con una modellazione idraulica, i cui risultati sono riassunti negli specifici elaborati progettuali.

In definitiva si è ottenuto un livello medio di 32,50 m s.l.m. per il pelo d'acqua appena a valle della traversa; di conseguenza il salto nominale è:

$$H_{nom} = 35,50 - 32,50 = \mathbf{3,00 \text{ m.}}$$

La potenza nominale di un'utilizzazione misura la potenza idraulica media teoricamente disponibile nell'anno e dipende esclusivamente dalla portata media e dal salto nominale di concessione. Nel caso in esame risulta dunque pari a:

$$P_{nom} = \frac{Q_{med} \cdot H_{nom} \cdot 1.000}{102} = \frac{86,72 \cdot 3,00 \cdot 1000}{102} = 2.550,59 \text{ kW.}$$

La potenza media effettiva e la producibilità media annua, invece, sono state determinate integrando la curva di durata delle portate d'impianto, moltiplicata per il salto motore netto e il rendimento medio dell'impianto, secondo le espressioni di seguito riportate.

$$P_{eff} = \frac{1}{T} \int_0^T \eta \cdot 9,81 \cdot Q_{der} \cdot H_n \cdot dD$$
$$E = \int_0^T \eta \cdot 9,81 \cdot Q_{der} \cdot H_n \cdot 24 \cdot dD$$

dove:

- Q_{der} = portata derivata dall'impianto, limitata dal valore massimo di 120 m³/s e dalla capacità di derivazione delle turbine in relazione al salto disponibile

Quadro progettuale

- salto netto (H_n) = 95% del salto lordo (H_g) per tener conto globalmente delle perdite di carico che avvengono nelle vie d'acqua dell'impianto;
- $\eta(Q/Q_{max})$ = rendimento stimato, in funzione della parzializzazione della portata nei 4 gruppi, in base ai valori forniti dai costruttori per macchine simili;
- $T = 8.600$ ore = periodo di funzionamento medio annuo, tenendo conto dei possibili fuori servizio dell'impianto.

Da questa integrazione, discretizzata per varie durate D [giorni] delle portate del fiume come rappresentato dalla tabella sottostante, si ottengono i seguenti valori:

- P = potenza media effettiva = 2.300 kW
- E_{gen} = producibilità media annua (ai morsetti del generatore) $\cong 19.920.000$ kWh
- E_{con} = energia (media annua) consegnata in cabina a ENEL $\cong 19.325.000$ kWh

Si precisa che l'energia consegnata a ENEL è stata determinata a partire da quella resa ai morsetti del generatore, considerando una perdita del 2% nel trasformatore e dell'1% nel cavo interrato che porta alla cabina.

Durata	Q' Po¹	Q Adda	Q disp.	Q der.	h valle	h monte	Hg	Hn	P gen.	E gen.
<i>giorni</i>	<i>m³/s</i>	<i>m³/s</i>	<i>m³/s</i>	<i>m³/s</i>	<i>m s.l.m.</i>	<i>m s.l.m.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>kW</i>	<i>kWh</i>
10	2.310	260	120	0	36,28	36,28	0	0	0	0
30	1.260	250	120	60	34,88	35,50	0,62	0,59	292	137.821
45	980	250	120	80	34,43	35,50	1,07	1,02	696	383.887
60	700	250	120	104	33,91	35,50	1,59	1,51	1.349	860.575
91	340	210	120	120	33,07	35,50	2,43	2,31	2.329	2.561.991
100	300	200	120	120	32,97	35,50	2,53	2,40	2.425	3.076.278
135	100	148	120	120	32,23	35,50	3,27	3,11	3.135	5.661.265
150	100	135	120	120	32,09	35,50	3,41	3,24	3.269	6.816.548
182	100	120	116	116	31,84	35,50	3,66	3,48	3.416	9.392.075
230	100	100	96	96	31,58	35,50	3,92	3,72	3.081	12.876.959
274	100	82	78	78	31,34	35,50	4,16	3,95	2.648	15.621.736
300	100	70	66	66	31,23	35,50	4,27	4,06	2.306	17.034.270
335	100	60	56	56	31,12	35,50	4,38	4,16	1.985	18.671.560
355	100	54	50	50	31,08	35,50	4,42	4,20	1.808	19.523.481
365	100	50	46	46	31,02	35,50	4,48	4,26	1.688	19.921.239

¹ Si intende la portata defluente nel ramo del Po sotteso dalla centrale idroelettrica di Isola Serafini; proprio in questo ramo, infatti, si immette l'Adda; la notevole differenza di livello tra le portate (tra loro simili) con durata di 10 e 30 giorni è dovuta proprio alla notevole differenza delle corrispondenti portate nel fiume recettore, da cui la suddetta centrale deriva fino a 1.000 m³/s, rilasciando un DMV di circa 100 m³/s.

3.3. Riassunto dei dati caratteristici della derivazione

Dati nominali di concessione

▪ Portata massima	120,00 m ³ /s
▪ Portata media	86,72 m ³ /s
▪ Salto nominale	3,00 m
▪ Potenza nominale	2.550,59 kW

Potenza ed energia producibili

▪ Potenza massima	~3.400 kW
▪ Potenza totale installata	4.500 kVA
▪ Producibilità media annua ²	19.325.000 kWh pari a circa 3.615 TEP

4. DESCRIZIONI DELLE PRINCIPALI SEZIONI DEL PROGETTO

4.1. Sbarramento

Lo sbarramento in progetto sul fiume Adda, a valle dello scarico a fiume del Collettore Adda-Maccastorna (localmente detto anche "Chiavicone"), consiste in una traversa trascinabile formata da una soglia fissa di calcestruzzo armato, situata a ridosso di quella esistente e avente la sua stessa quota di 32,50 m s.l.m., sulla quale sarà ancorato un elemento flessibile (detto *gommone*) e completamente abbattibile costituito da una struttura tubolare in tessuto gommato riempito d'aria e protetto a monte da scudi di acciaio, con quota di ritenuta di 35,50 m s.l.m.; tale parte mobile, che si eleva di 2,95 m sopra la soglia fissa, è suddivisa in tre campate da 42,50 m, più una luce sghiaiatrice larga 5 m in destra idraulica, per una larghezza complessiva della traversa di circa 135 m.

In condizioni di normale esercizio, sopra la ventola sarà mantenuta una lama d'acqua sfiorante di 5 cm; pertanto il livello di ritenuta sarà 35,50 m s.l.m. come nel progetto per concessione.

La sopraccitata luce sghiaiatrice sarà preceduta da un breve canale sommerso (avente la funzione di raccogliere e convogliare il materiale che si depositerebbe davanti alle luci di presa) con fondo a quota 32,00 m s.l.m.; sarà mascherata da una paratoia piana alta 2,50 m, sormontata da ventolino abbattibile largo 4,00 e alto 1,00 m, che permetterà di far defluire il materiale spinto a valle dallo sgrigliatore descritto in progetto.

Sul ventolino sarà lasciata defluire una portata continua di circa 400 l/s, corrispondente ad una lama d'acqua di 15, cm allo scopo di attrarre l'ittiofauna verso l'imbocco di valle della scala pesci.

² S'intende l'energia immessa in rete.

Infine in sponda sinistra sarà predisposto un approdo per le canoe a monte e valle della traversa e sarà installato un semplice sistema con un paranco che consentirà alle piccole imbarcazioni dei pescatori locali di superare lo sbarramento in entrambe le direzioni. La spalla sinistra della traversa sarà raccordata con le sponde esistenti da una scogliera di massi, analoga alle esistenti

4.2. Opera di presa

Sul fianco destro dello sbarramento è prevista la nuova opera di presa, costituita da otto luci larghe 5,00 m con soglia a 32,50 m s.l.m.; queste saranno protette da altrettante griglie a barre orizzontali d'acciaio, con luce libera adeguata alle indicazioni dei costruttori delle turbine, e da altrettante paratoie piane di presa.

Appena a valle delle griglie, tra esse e le paratoie, saranno predisposti i gargami per l'inserimento di panconi provvisori che consentano d'effettuare le manutenzioni alle paratoie di presa e ai gruppi di generazione.

La pulizia delle griglie, che proteggeranno i gruppi idroelettrici dal materiale grossolano trasportato in sospensione dalla corrente, sarà assicurata da uno sgrigliatore mobile, il cui pettine agirà sempre in direzione orizzontale e spingerà il materiale verso la sopraccitata paratoia con ventolino di scarico, evitando così la produzione (ovvero l'estrazione dall'acqua) di rifiuti e la conseguente necessità di conferirli in discarica.

Il pettine per la pulizia della griglia sarà movimentato da una macchina stagna (poiché l'installazione a quota superiore alla massima piena comporterebbe un impatto visivo) predisposta per installarvi - quando è necessario - una pompa per la rimozione del materiale che dovesse depositarsi tra le griglie e i panconi e in particolare negli alloggiamenti dei panconi.

Come ulteriore protezione delle griglie e in generale della presa, si prevede di installare una barriera paragalleggiante - fissata alla spalla dell'opera di presa e della luce sghiaiatrice, per una lunghezza totale di circa 60 m, come rappresentato negli allegati disegni di progetto - per deviare verso la prima paratoia a ventola dello sbarramento (cioè quella in destra idraulica) gran parte del materiale surnatante.

Poiché lo sgrigliatore mobile corre lungo tutta la griglia, quando arriverà all'estremità a monte (dove normalmente sarà alloggiato, al riparo dalle piene) un sistema meccanico a pistoni - semplice e affidabile - spingerà verso il fiume l'ancoraggio della barriera paragalleggiante, evitando interferenze tra i due dispositivi.

Infine nella camera interrata in adiacenza alla luce sghiaiatrice verrà inserito un oblò per il monitoraggio diretto del passaggio dei pesci e sarà predisposto l'attacco per una pompa sommersa

che servirà per pulire tramite flussaggio il passaggio per i pesci e, all'occorrenza, anche l'opera di presa.

4.3. Passaggio per i pesci

In destra idraulica della luce sghiaiatrice, tra questa e la struttura della centrale vera e propria, sarà inserito il passaggio per i pesci, della tipologia *vertical slots*, cioè costituito da bacini separati da setti (realizzati di calcestruzzo) con fessure verticali estese su tutta la loro altezza per consentire un agevole passaggio delle varie specie ittiche presenti, dimensionata sulla scorta di specifico studio sviluppato dell'Università di Milano, Dipartimento di Bioscienze (illustrato nello specifico capitolo).

Tale tipologia è in generale la migliore per la sua capacità di adattarsi alle variazioni di livello (sia di monte sia di valle) e di portata senza ridurre significativamente la propria efficienza e attrattività per la fauna ittica.

Al fine di minimizzare l'estensione longitudinale del manufatto, a tutto vantaggio della continuità fluviale, il primo tratto a monte avrà andamento planimetrico serpeggiante, con bacini realizzati in parte al di sopra del canale di sghiaimento, mentre il tratto di valle sarà rettilineo, con pendenza di fondo costante del 7%.

Per quanto riguarda il dimensionamento del passaggio, il dislivello idraulico di progetto è pari a 4,50 m, risultante dalla differenza tra il livello di normale ritenuta di 35,50 m s.l.m. a monte e il livello di magra di 31,00 m s.l.m. a valle; in questo modo si assicura che la potenza dissipata nei bacini sia adeguatamente bassa anche con il massimo dislivello tra il livello idrico di monte e valle.

Per quanto riguarda il richiamo dell'ittiofauna all'imbocco di valle del passaggio, tale importante funzione sarà assolta primariamente dalla restituzione a fiume della portata turbinata, fino a 120 m³/s, in adiacenza al suddetto imbocco di valle.

Oltre a ciò, come già accennato, sarà rilasciata in continuo una lama d'acqua sfiorante di 15 cm sul ventolino, di larghezza $b = 4,00$ m, per attenuare l'effetto di disorientamento della fauna ittica causato dallo sfioro diffuso dal ciglio dello sbarramento; in questo modo sarà sempre garantita una portata di richiamo pari a 0,396 m³/s.

Infine, per monitorare l'efficacia del manufatto, si prevede un alloggiamento dotato di oblò per l'osservazione diretta e di sistema d'acquisizione e trasmissione dei dati.

4.4. Canali di carico

In destra idraulica della traversa, appena a valle dell'opera di presa, hanno inizio i quattro canali di carico, mantenuti separati per consentire di intervenire su un gruppo idroelettrico alla volta. I canali sono larghi 8,00 m ed intervallati da pile da 40 cm, per una larghezza totale di 33,20 m. La canalizzazione è lunga circa 55 m lungo l'asse centrale; il fondo è posto a quota 32,50 m s.l.m. per i primi 35 m - sempre lungo l'asse centrale - di lunghezza. A questo punto inizia il tratto rettilineo che porta al locale interrato, dove sono alloggiati i gruppi idroelettrici; qui, come rappresentato nei disegni di progetto, il fondo degrada prima fino a quota 32,30 m s.l.m., poi scende fino a 26,40 m s.l.m., quota determinata dall'ingombro e in generale dalle esigenze di installazione delle turbine.

L'intera canalizzazione di carico sarà coperta con una soletta di calcestruzzo armato posta a quota inferiore al piano di campagna e quindi completamente ricoperta da terreno vegetale inerbito, salvo la modesta area di 4 botole metalliche necessarie per eventuali manutenzioni interne. Pertanto non sono necessarie altre griglie a valle di quelle poste a protezione della presa, proprio perché la camera è completamente tombata e quindi non v'è alcun rischio d'ingresso di materiale a valle delle griglie di presa.

4.5. Centrale e restituzione

La centrale idroelettrica è ubicata in adiacenza all'opera di presa, in sponda destra del fiume Adda: l'accesso avviene da monte e da valle tramite la strada sterrata arginale.

L'edificio di centrale ha dimensioni indicative di 15 x 41 m in pianta, è totalmente interrato e ospita i gruppi di produzione.

E' prevista l'installazione di quattro gruppi generatori compatti ad asse orizzontale, ciascuno costituito da una turbina Kaplan "pit" (a pozzo) biregolante accoppiata tramite cinghia piana a un generatore sincrono trifase. In fase di appalto e trattativa con i fornitori potranno essere scelte altre tipologie, ma ciò non influenzerà l'ingombro della centrale né la sua configurazione visibile fuori terra.

In centrale sono alloggiati i quadri di controllo e comando dei gruppi generatori e dell'intero impianto, i trasformatori e le centraline di comando. Sarà inoltre installato un carroponete da 16 t per la movimentazione dei gruppi e dei suddetti accessori, che saranno calati in centrale tramite un'unica botola ricavata sulla copertura.

L'accesso all'edificio della centrale è garantito attraverso un piccolo corpo superiore d'acciaio CORTEN, unica struttura sporgente dal piano campagna, costituito da una torretta profilata

Quadro progettuale

idraulicamente per offrire il minimo ostacolo al flusso delle piene, la quale integra anche i camini di ingresso ed espulsione dell'aria.

I deflussi derivati dall'impianto saranno restituiti al fiume Adda immediatamente a valle della traversa tramite un brevissimo canale di restituzione di calcestruzzo, lungo solo 10 m circa; il canale partirà dalla quota di fondo di 26,40 m s.l.m. al termine del diffusore della turbina e risalirà - con un allargamento planimetrico per compensare la riduzione della sezione bagnata - fino alla quota di fondo di 28,70 m s.l.m. allo sbocco.

In corrispondenza dello sbocco del canale di restituzione sarà realizzata una scogliera di massi.

4.6. Linea elettrica

L'energia prodotta sarà immessa nella rete di distribuzione a 15 kV, a cui la centrale sarà collegata tramite una linea elettrica interrata.

La linea di collegamento con la rete ENEL uscirà da un pozzetto sito all'estremità N-W della centrale, da dove avrà origine la tubazione interrata (costituita da un tubo corrugato di plastica di diametro 160 mm) che sottopasserà il precipitato scarico del "Collettore Adda Maccastorna" e, seguendo la soluzione condivisa con i tecnici di AIPO, sovrappasserà l'argine; al fine di evitare qualsiasi scavo nel corpo arginale, sarà eseguito un rinfianco su entrambe le scarpate, sia lato fiume sia lato campagna, con il terreno di risulta degli scavi.

La tubazione passacavi sarà coperta con un rinterro compattato di spessore minimo 1 m sulle scarpate dell'argine e con un tubo d'acciaio imballato nel calcestruzzo sulla sommità, per consentire il transito anche di carichi pesanti senza danni al manufatto; proseguirà quindi fino all'area dove sarà realizzata la nuova cabina di consegna, in località Cascina Risi nel Comune di Maccastorna.

5. LE ALTERNATIVE CONSIDERATE

5.1. Alternative progettuali

Nella fase di progettazione definitiva sono state analizzate varie alternative progettuali, di seguito descritte, suddividendole per maggiore chiarezza d'esposizione in base alla problematica o alla componente dell'impianto interessata.

In generale le scelte progettuali sono basate su considerazioni tecniche ed economiche, mirate a ridurre gli impatti complessivi del progetto, cioè essenzialmente gli ingombri globali, le opere civili richieste, gli scavi ed i costi di realizzazione e gestione.

5.2. Scelta del macchinario idroelettrico

La decisione in argomento è prioritaria per l'intera progettazione dell'impianto, poiché influenza gli scavi, le dimensioni e il layout della centrale, oltre che alcuni aspetti legati al funzionamento idraulico dei vari tipi di macchinari.

Le considerazioni tecnico-economiche, in base alle quali è stato scelto il tipo di gruppo di generazione, sono a loro volta basate sulla documentazione tecnica fornita dai potenziali costruttori interpellati e sulle base di analoghe esperienze progettuali.

A tal proposito si fa presente che il tipo d'impianto in esame, per le sue caratteristiche di salto e portata, si presta potenzialmente a un'ampia gamma di installazioni, che sono dunque state esaminate e scremate a più riprese, con gli esiti di seguito riassunti.

1. Gruppo Kaplan "tradizionale" ad asse verticale: scartato per gli scavi eccessivi sotto falda necessari per l'installazione del tipico diffusore a gomito
2. Gruppo assiale: sono possibili due tipi di configurazioni
 - Configurazione a bulbo con generatore sommerso: macchina compatta e affidabile, ma di costo elevato. Soluzione che comunque sarà riconsiderata in fase di trattativa finale con i costruttori.
 - Configurazione *pit*, cioè a pozzo, che a sua volta può distinguersi in:
 - ✓ accoppiamento diretto con PMG: tipologia compatta e affidabile, quindi potenzialmente d'interesse; è stata accantonata per il costo eccessivo e per il maggiore ingombro longitudinale rispetto ad altre tipologie esaminate;
 - ✓ accoppiamento tramite moltiplicatore ad assi paralleli: tipologia scartata per l'eccessiva estensione degli scavi profondi a causa del notevole sviluppo longitudinale del gruppo;
 - ✓ accoppiamento tramite moltiplicatore a cinghia: questa tipologia è meno ingombrante della precedente e, ad un attento esame della documentazione tecnica ricevuta, offre soluzioni di buona affidabilità meccanica, con costi e rendimenti globali interessanti.
3. Gruppo con rinvio d'angolo: è una soluzione molto compatta, che consentirebbe una riduzione delle opere civili; tuttavia, l'affidabilità meccanica della coppia conica è dubbia per macchinari della taglia necessaria all'impianto in oggetto.

Quadro progettuale

4. Turbine VLH™ (Very Low Head): il salto dell'impianto in oggetto si colloca al limite del campo di applicazione di questa tecnologia, che arriva al massimo a 4 m; per di più il livello di valle (soggetto anche al rigurgito del fiume Po) è assai variabile, quindi è possibile che il salto netto in alcune condizioni arrivi fino a 4,50 m. Di conseguenza questa tipologia di gruppo, che avrebbe potuto offrire il vantaggio di richiedere opere civili modeste e scavi ridotti, non è adatta al caso in esame.
5. Gruppo sommerso in cassone: interessante soluzione, ma non in produzione nella taglia adatta all'impianto in argomento.

In definitiva s'è scelto di installare n. 4 turbine pit assiali, ciascuna accoppiata tramite moltiplicatore a cinghia a un generatore sincrono a 750 min⁻¹.

5.3. Scelta della tipologia di sbarramento

Premesso che fin da subito - cioè dal progetto di massima per concessione - si è deciso di impiegare uno sbarramento abbattibile, sono stati valutati essenzialmente due tipi di installazione, cioè con paratoie a ventola tradizionali – ovvero comandate da pistoni oleodinamici - o sostenute da cuscini (detti anche gommoni) gonfiati ad aria. Alcune caratteristiche di quest'ultima tipologia, però, hanno subito reso evidente come essa sia più adatta rispetto alle ventole tradizionali per un'installazione di grandi dimensioni come quella in esame.

I vantaggi della soluzione prescelta in sintesi sono i seguenti:

- distribuzione degli sforzi lungo tutta la soglia fissa sulla quale è incernierato il gommone e conseguente riduzione delle opere civili necessarie;
- opere civili di geometria semplificata dall'assenza dei pozzetti di alloggiamento dei pistoni e degli ampi cunicoli per il passaggio dei tubi dell'olio, necessari per la movimentazione delle paratoie a ventola;
- nessuna limitazione alla dimensione delle campate dello sbarramento, se non per eventuali questioni di precisione della regolazione del livello a monte;

nessun pericolo d'inquinamento per il rilascio d'olio.

5.4. Scelta della tipologia e configurazione del sistema di sgrigliatura

In un impianto come quello in progetto, le cui componenti si fondono in un tutt'uno funzionale, le decisioni sulla configurazione e la modalità di funzionamento di una parte influiscono su molte altre e devono quindi tenerne adeguatamente conto.

Quadro progettuale

In particolare il sistema di sgrigliatura è stato accuratamente progettato per garantire la semplicità, economicità e affidabilità di servizio dell'impianto, oltre che per limitarne l'impatto ambientale globale, secondo i seguenti principi:

- efficienza e affidabilità → macchina stagna predisposta per l'installazione di una pompa per la rimozione del materiale depositato tra le griglie e i panconi e in particolare negli alloggiamenti dei panconi;
- sicurezza → la possibilità di chiudere la griglia per i primi 1,50 m di altezza dal fondo, tramite la lamiera che scende scorrendo nei gargami, riduce sostanzialmente l'ingresso di sabbia e di altri materiali grossolani nell'opera di presa, garantendo comunque l'equilibrio a cavallo della griglia della pressione dell'acqua, che può sempre entrare attraverso le barre della griglia a quote superiori;
- riduzione degli ingombri e dei costi dell'installazione → l'estrema sicurezza del sistema consente di installare un solo sgrigliatore;
- minimizzazione dei costi di gestione e manutenzione → la sicurezza del sistema garantisce anche la riduzione delle manutenzioni e dei relativi costi;
- riduzione della produzione di rifiuti → evitando di estrarre dal fiume il materiale trasportato in sospensione, oltre che il surnatante deviato dalla barriera paragalleggianti, si evita una consistente produzione di rifiuti e il conseguente ulteriore sovraccarico delle discariche presenti in zona.

Con riferimento a quanto esposto all'inizio del presente paragrafo, riguardo alle connessioni tra le varie componenti dell'impianto, si fa presente che anche l'installazione della barriera paragalleggianti e la configurazione del sistema "canale - paratoia - ventolino" per lo sghiaimento, nonché la particolare tipologia e conformazione del passaggio per i pesci, sono componenti dell'innovativo sistema progettato per garantire una sgrigliatura e uno sghiaimento efficace e affidabile.

5.5. Scelta della tipologia e configurazione del passaggio per pesci

Come illustrato in precedenza era necessario minimizzare l'ingombro longitudinale e quindi la sottensione d'alveo fluviale; in quest'ottica è stata inizialmente studiata una soluzione "mista" con il primo tratto a monte serpeggiante con bacini separati da setti con fessure verticali (*vertical slots*) ma con il tratto rettilineo a valle realizzato a mo' di rampa rustica di massi, per conferire maggiore naturalità e attrattività all'imbocco e in generale al primo tratto a valle.

Quadro progettuale

Questa configurazione però, pur essendo l'unione di due tipologie consolidate, non dava garanzie sull'efficacia complessiva del manufatto risultante dall'unione delle stesse; pertanto si è deciso di mantenere l'idea del tratto a monte serpeggiante integrato con il canale di sghiaimento, realizzando però il tratto rettilineo a valle della medesima tipologia.

Questa scelta tiene anche conto del fatto che, nel corso dell'iter autorizzativo affrontato dal progetto di massima, è emerso che la tipologia di passaggio a *vertical slots* è ritenuta la più idonea dagli Enti competenti per il caso in esame.

5.6. Configurazione della centrale

L'edificio di centrale è stato progettato anzitutto per ridurre gli ingombri fuori terra, sia per questioni paesaggistiche - ricadendo la zona nel Parco Adda Sud - sia per ragioni di sicurezza idraulica, per cui è fondamentale minimizzare l'occupazione dell'alveo.

Di conseguenza, dopo aver valutato l'alternativa di realizzare una centrale fuori terra o una struttura interrata e completamente sommergibile, è stata scelta quest'ultima opzione, con l'accesso garantito da una torretta che integra anche la funzione di camino d'aerazione.

5.7. Linea di allacciamento alla rete di distribuzione

Una volta definito il punto di connessione alla rete ENEL, sono state valutate alcune soluzioni alternative per la linea di consegna. Dovendo attraversare l'argine maestro in sponda destra, sono state scartate tutte le ipotesi che rischiavano di intaccare in qualche modo la sua integrità e continuità, compreso il sottopasso mediante scavo teleguidato.

Una soluzione accettabile per i tecnici AIPO era la realizzazione di una linea aerea, ma anche questa ipotesi è stata scartata per motivi di sicurezza (trovandosi in un'area golenale) e paesaggistici, ricadendo all'interno del Parco Adda Sud.

In conclusione è stata scelta la soluzione con sovrappasso dell'argine e rinfianco delle scarpate a monte e valle.

6. TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E SCELTE TECNOLOGICHE

La tipologia di sbarramento proposta può essere semplicemente descritta come una fila di scudi d'acciaio supportati sul lato di valle da cuscini d'aria gonfiabili. Controllando la pressione nelle camere d'aria, la quota del pelo acqua nel bacino (mantenuta dagli scudi d'acciaio), può essere

Quadro progettuale

regolata con continuità nel campo di azione del sistema (da tutto gonfio a tutto sgonfio) mantenendo con accuratezza i *set-point* scelti dall'utente.

Le peculiarità che contraddistinguono questa dalle altre tipologie di sbarramento sono:

- l'accurato controllo automatico del livello dell'invaso anche in condizioni di mancanza di alimentazione elettrica;
- il profilo di fondo che fa passare efficientemente i deflussi di piena, il ghiaccio e i detriti;
- la protezione, a differenza degli sbarramenti di gomma, da detriti galleggianti, tronchi, ghiaccio, delle camere d'aria da parte degli scudi d'acciaio che sovrastano la camera d'aria stessa in tutte le posizioni;
- il design modulare che semplifica l'installazione e la manutenzione;
- a differenza delle traverse mobili del tipo "a barre di torsione", gli scudi sono supportati per tutta la loro larghezza da una camera d'aria gonfiabile, pertanto:
 - la distribuzione degli sforzi consente di ridurre le opere civili necessarie per supportarli;
 - si semplificano le fondazioni e in generale le opere civili, perché non vi è la necessità di pozzetti d'alloggiamento dei pistoni e di ampi cunicoli per il passaggio dei tubi dell'olio;
- possibilità di coprire grandi luci senza necessità di pile intermedie;
- nessuna limitazione sulle dimensioni delle campate, se non per ragioni di regolazione del livello;
- nessun pericolo d'inquinamento per il rilascio d'olio;
- minore manutenzione.

Queste caratteristiche sono il risultato della combinazione degli scudi d'acciaio ad alta resistenza con un sistema di supporto pneumatico elastico.

Gli scudi regolati da camere d'aria forniscono un'eccellente controllabilità in un campo completo di portate, livelli idrici e posizioni delle paratoie.

Tutti gli elementi di una campata, operando sulla stessa linea di alimentazione d'aria, mantengono un'altezza di sfioro uniforme. Questo perché ogni abbassamento differenziale di un pannello di paratoia rispetto agli altri sulla stessa condotta di alimentazione d'aria fa sì che tale pannello sviluppi una maggiore area di contatto con la sua camera d'aria rispetto agli altri pannelli. Tale area di contatto in più produce un momento stabilizzante che fa ritornare il pannello della paratoia in esame nella stessa posizione degli altri. Inoltre non si verifica la vibrazione dovuta al distacco dei vortici di von Karman. La forma dello scudo, quando esso è alzato o parzialmente alzato, fa separare il flusso solo all'estremità di valle dei pannelli delle paratoie; tale condizione favorevole si verifica anche quando il sistema opera in condizioni di sommersione o alto livello di valle.

6.1. Installazione

I componenti sono collegati alla struttura di fondazione da bulloni di ancoraggio fissati con resine epossidiche o malta di cemento anti-ritiro. Le camere d'aria, generalmente una per ciascuno scudo, sono fissate sui bulloni di ancoraggio e connesse ai tubi di alimentazione d'aria. I bulloni d'ancoraggio sono integrati nella nuova traversa. Le linee di alimentazione d'aria, che si connettono a ogni singola camera d'aria, sono normalmente inghisate nel corpo della traversa anche se è possibile installare linee di alimentazione d'aria montate in superficie.

6.2. Tipi di sistemi di controllo

Il sistema di controllo include una fonte controllata di aria compressa e un sistema per il controllo dello svuotamento delle camere d'aria. Tutti i sistemi automatici consentono anche la manovra manuale in locale. Il sistema è composto da due compressori d'aria, uno di riserva all'altro, da un serbatoio d'accumulo e dal valvolame di controllo anche di essiccatori d'aria, fondamentali per l'esercizio alle basse temperature.

6.2.1. Controllo di livello pneumatico

La configurazione base del sistema di controllo del livello include un controllore totalmente pneumatico per regolare automaticamente la pressione nel cuscino d'aria in modo inversamente proporzionale al livello dell'acqua di monte. Questo sistema non richiede alcuna alimentazione elettrica per mantenere con precisione a quota costante il livello d'acqua di monte, in tutto il campo di variazione sia della posizione delle paratoie sia delle portate sfioranti. Tale controllore si adatta perfettamente agli impianti idroelettrici, dove uno stacco di carico della turbina è spesso associato a mancanza di tensione; il sistema di controllo in argomento è ideale anche per progetti di protezione dalle piene critici per ragioni di sicurezza.

6.2.2. Controlli programmabili

In molte applicazioni è desiderabile controllare lo sbarramento con un Controllore a Logica Programmabile (PLC). Il PLC è ideale per schemi complessi come quelli che mantengono deflussi ambientalmente imposti sotto condizioni di livello di monte variabili. Nel caso in esame la regolazione di livello sarà normalmente effettuata via PLC demandando al controllo di livello automatico solo l'esercizio in caso di anomalia del PLC in modo da garantire comunque l'esercizio in sicurezza dell'impianto.

6.3. Scudi delle paratoie

Gli scudi delle paratoie sono costruiti con lamiera d'acciaio ad alta resistenza verniciate con ciclo epossidico. Una piccola curvatura addizionale dello scudo viene realizzata per dare più spazio alla camera d'aria, una volta sgonfiata, quando la paratoia è del tutto abbassata. A parità di sforzi di progetto, gli scudi sono più leggeri, meno costosi e meno restrittivi per il transito delle portate se confrontati con gli scudi di paratoie a comando oleodinamico o meccanico. Gli scudi sono provvisti di una fila di barre filettate in prossimità del punto di rotazione al quale la cerniera è ancorata. Barre filettate simili sono collocate alle estremità destra e sinistra di ogni scudo per le guarnizioni tra scudi adiacenti o tra scudo e spalle. Le nervature esterne di ogni scudo sono dotate di asole per il sollevamento. Il bordo superiore di valle di ogni scudo ha fori o borchie per l'attacco dei profili rompi-vena. Per le installazioni che utilizzano le fasce anti-ribaltamento vi sono fori o borchie per l'attacco delle fasce. L'estremità inferiore di monte di ogni scudo presenta una superficie leggermente arrotondata per trasferire il carico alla camera d'aria e al perno. Le camere d'aria sono progettate e costruite con metodi simili a quelli utilizzati per i pneumatici delle automobili. Un rivestimento interno in gomma butilica garantisce eccellenti caratteristiche di contenimento dell'aria. Uno strato intermedio di composti di gomma ad alta resistenza, a base un rinforzo di strati multipli di poliestere o di aramidi - ad es. le fibre DuPont KEVLAR - forniscono la resistenza meccanica necessaria per sopportare la pressione interna. Lo strato esterno di polimeri contenenti agenti anti-invecchiamento e resistenti all'ozono, come l'EPDM, è usato per proteggere la camera d'aria dall'usura e dagli agenti atmosferici.

Si usano cerniere separate fatte con il medesimo materiale ad alta resistenza utilizzato per la porzione gonfiabile della camera d'aria; non vengono usate cerniere meccaniche.

6.4. Comportamento dello sbarramento in caso di portate di piena

Il sistema sopra descritto è a sicurezza intrinseca in quanto in mancanza del segnale di livello a monte o al superamento d'una soglia preimpostata o per mezzo del rilevamento della pressione esercitata dall'acqua sullo sbarramento, quest'ultimo, senza necessità d'energia elettrica, s'abbatte completamente, in ogni condizione, in un lasso di tempo pre-impostabile e progettato sulla base delle caratteristiche dell'asta a monte e valle della sezione di progetto. In poche parole questo tipo di tecnologia garantisce, senza eccezioni, che in caso di qualsiasi stato di emergenza, idraulico, elettrico o meccanico, lo sbarramento possa abbattersi autonomamente e automaticamente permettendo così il deflusso di tutte le portate transitive

6.4.1. Livelli idraulici di funzionamento

Si è scelto di impostare il *set-point* del livello idrico a monte dei gruppi, che sarà mantenuto costante durante il normale esercizio dell'impianto. Per quanto riguarda il livello di guardia (ossia quel livello critico di monte superato il quale lo sbarramento si abbatte in automatico facendo defluire le portate di piena), si è stabilito di fissare tale livello in funzione all'altezza delle sponde, considerando un franco di sicurezza di 1 m.

In sintesi i livelli caratteristici dell'impianto in progetto saranno:

- | | |
|--|----------------|
| ▪ Quota di testa spalla sinistra | 39,50 m s.l.m. |
| ▪ Quota di testa spalla destra | 39,50 m s.l.m. |
| ▪ Livello di monte di normale esercizio | 35,50 m s.l.m. |
| ▪ Quota del ciglio di ritenuta della ventola | 35,45 m s.l.m. |

6.4.2. Gestione dello sbarramento e regolazione del livello di monte

A scopi di mitigazione paesaggistica, si prevede di lasciare sfiorare una lama d'acqua di 5 cm sull'intera lunghezza di 127,50 m della traversa, corrispondente a un rilascio di 2,53 m³/s in base alla seguente formula dell'idraulica monodimensionale che fornisce la portata scaricata da uno sfioratore libero (cioè non rigurgitato da valle) in funzione del battente a monte dello stesso.

$$Q = \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2g \cdot h}$$

In tale formula, dove $b = 127,50$ m (v. § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) è la lunghezza totale del ciglio sfiorante sulle tre campate e $h = 0,05$ m il battente a monte, s'è cautelativamente trascurata la velocità della corrente in arrivo, mentre il coefficiente di deflusso $\mu = 0,4$ è valido per uno stramazzo in parete sottile, quale in effetti è il ciglio dello sbarramento.

All'aumentare della portata, quindi in condizioni di morbida e di piena, entrano in gioco anche le pile intermedie dello sbarramento, larghe 60 cm e con ciglio a 35,60 m s.l.m., stessa quota del coronamento dei muri sfioranti in sponda destra e sinistra, lunghi rispettivamente 3,80 e 11,60 m. Infine v'è il ventolino, avente soglia a 34,50 m s.l.m. e largo 4 m, posto in sommità alla paratoia piana che maschera la luce sghiaiatrice; il contributo di quest'ultima al deflusso delle piene viene considerato nullo, sia perché la paratoia piana non è a sicurezza intrinseca, sia perché essa viene aperta di norma in coda alle morbide, per evitare che tronchi o simili siano "risucchiati" dalla forte corrente di piena e s'incastri sotto la paratoia stessa.

In maggior dettaglio il funzionamento dello sbarramento, per le portate di morbida e di piena, sarà il seguente:

- inizialmente si abbassa la campata centrale, che potrà sfiorare circa 377 m³/s (con livello

Quadro progettuale

sempre a 35,50 m s.l.m.) quando è tutta abbattuta;

- a questo punto si abbassa completamente il ventolino, alto 1,00 m, sfiorando altri 7 m³/s e soprattutto scaricando a valle il materiale sgrigliato;
- in seguito si abbassa la campata destra e infine anche quella sinistra;
- a partire da circa 1.137 m³/s (cioè 377 per le tre campate più 7 m³/s dal ventolino) non si regola più il livello a monte dello sbarramento, che è dato dall'altezza di sfioro sulle soglie sopra descritte.

In definitiva la modalità di gestione dello sbarramento all'aumentare della portata in arrivo è riassunta dalla seguente tabella.

Q Adda	Q impianto	Q traversa	h impianto
[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m s.l.m.]
2.000	0	2.000	36,83
1.500	0	1.500	36,11
1.000	0	1.000	35,50
500	0	500	35,50
250	120	130	35,50
210	120	90	35,50
148	120	28	35,50
120	116	4	35,50
100	96	4	35,50
82	78	4	35,50
70	66	4	35,50
60	56	4	35,50
50	46	4	35,50

Al proposito si precisa che la portata defluente dalla traversa in condizioni di esercizio comprende lo sfioro di 2,53 m³/s dal ciglio dello sbarramento, più le portate di alimentazione (1,05 m³/s) e richiamo (0,40 m³/s) della scala pesci, per un totale di circa 4 m³/s.

Giova ricordare che il funzionamento sopra descritto riguarda le piene dell'Adda con il livello del Po basso, cioè tale da non rigurgitare l'Adda stesso. Nella condizione con il Po alto, invece, i livelli saranno essenzialmente determinati da quest'ultimo.

7. COSTI PREVISTI

Rimandando per ogni dettaglio al *Quadro economico e piano finanziario* allegato al progetto, di seguito vengono riassunti i costi della realizzazione e gestione dell'impianto idroelettrico.

7.1. Costo degli interventi

La stima del costo di realizzazione dell'impianto in progetto (dettagliata nel computo metrico estimativo allegato al progetto definitivo) è riassunta nella seguente tabella

A) COSTO DEI LAVORI	€
A.1) interventi previsti	11.789.848,91
A.2) oneri di sicurezza	151.097,00
A.3) opere di mitigazione	1.004.186,00
A.4) spese previste dal SIA	0,00
A.5) opere connesse	0,00
TOTALE A	12.945.131,91
B) SPESE GENERALI	
B.1) spese tecniche redazione progetto e SIA	510.000,00
B.2) spese direzione lavori	610.000,00
B.3) spese per rilievi, accertamenti ed indagini	38.000,00
B.4) Eventuali spese per imprevisti	1.000.000,00
B.5) Spese consulenza e supporto (ittiologi; esperto acustico; ...)	40.000,00
B.6) Spese per collaudi specialistici	25.000,00
B.7) Allacciamenti a Pubblici servizi (ENEL)	45.000,00
B.8) Spese per attività di consulenza o di supporto	20.000,00
B.9) Interferenze	0,00
B.10) Arrotondamenti	1.868,09
B.11) Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche	0,00
B.12) Spese varie: telemonitoraggio e guardiania cantiere	15.000,00
B.13) Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche	30.000,00
B.14) Spese per risoluzioni, bonarie e non, di contenziosi	40.000,00
TOTALE B	2.374.868,09
C) Eventuali altre imposte e contributi dovuti per legge	0,00
TOTALE (A + B + C): Valore complessivo dell'opera	15.320.000,00
Acquisto aree ed espropriazioni	180.000,00
INVESTIMENTO TOTALE	15.500.000,00

7.2. Costi di esercizio

Nel seguito è riportata una stima del costo annuo d'esercizio, comprensivo delle spese amministrative.

▪ Per il personale: reperibilità	35.000 €
▪ Canone e addizionale regionale = (15,44 €/kW x 2.550,59 kW)	39.381 €
▪ Sovraccanone enti rivieraschi = (5,72 €/kW x 2.550,59 kW)	14.589 €
▪ Manutenzioni ordinarie	15.000 €
▪ Indennizzi ai proprietari di aree non coltivabili	30.000 €
▪ Assicurazioni, amministrazione e varie	11.030 €
▪ Arrotondamenti	1.030 €

Totale costi annui d'esercizio	145.000 €

8. LA FASE DI REALIZZAZIONE

Nel presente capitolo vengono illustrate le attività di cantiere necessarie a realizzare l'impianto idroelettrico in progetto. Analogamente a quanto fatto per le componenti dell'impianto, descritte nei paragrafi precedenti e dettagliati nella *Relazione tecnica particolareggiata*, le attività di cantiere e le relative opere provvisorie sono state approfondite al fine di individuare le soluzioni tecniche in grado di minimizzare gli impatti ambientali del progetto anche nella fase realizzativa.

8.1. Programma cronologico dei lavori

Si prevede una durata complessiva di circa 24 mesi per i lavori di realizzazione del progetto, a partire dall'ottenimento dell'Autorizzazione Unica per la costruzione e l'esercizio dell'impianto. Si sottolinea che il cronoprogramma in oggetto è stato redatto in base ai livelli statistici dei fiumi Adda e Po nei diversi mesi dell'anno e quindi potrebbe subire variazioni significative in relazione alle portate e livelli che si verificano effettivamente in Adda e alla loro interferenza con i livelli del Po.

Mese (da AU)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Progettazione esecutiva	X	X	X	X	X	X																		
Appalti			X	X																				
Installazione cantieri					X																			
Opere provvisorie centrali					X																			
Diaframmi centrale					X	X																		

8.2.1. Fasi di lavoro

Vista la complessità dell'opera, per una migliore comprensione e un maggior approfondimento di quanto di seguito riportato in modo sintetico, si rimanda agli elaborati grafici descrittivi delle fasi esecutive del progetto. Si precisa che lo sviluppo delle varie fasi dipende totalmente dai livelli idrometrici nel fiume e ciò potrebbe consentire l'accorpamento di una o più fasi per rendere più razionale l'esecuzione dei lavori.

Fase 1

6. Approntamento dell'area di cantiere
7. Preparazione del cantiere e delle strade di accesso
8. Realizzazione del campo prove per il jet-grouting

Fase 2

9. Scavo di sbancamento a quota 32,50 m s.l.m.
10. Scavo della rigola per lo scolo delle acque superficiali
11. Realizzazione delle ture a protezione dell'area della centrale e della campata destra
12. Realizzazione di una tura in adiacenza alla sponda sinistra per la realizzazione della spalla definitiva
13. Infissione di palancole in alveo e nel corpo delle ture di monte
14. Sistemazione di massi a protezione del piede della tura lato fiume
15. Realizzazione della spalla sinistra dello sbarramento

Fase 3

16. Realizzazione dei diaframmi nell'area della centrale
17. Realizzazione del taglione e dei pali isolati della campata destra della traversa
18. Realizzazione (con una seconda macchina) del primo tratto del taglione sotto la spalla sinistra

Fase 4

19. Realizzazione del tappo di fondo di jet-grouting nell'area utilizzando due macchine
20. Realizzazione della parte di valle della scala pesci e del canale di scarico di fondo
21. Realizzazione della fondazione della prima campata dello sbarramento

Fase 5

22. Scavo all'interno dei diaframmi fino alla quota d'imposta delle fondazioni

Quadro progettuale

23. Realizzazione delle opere profonde all'interno dei diaframmi
24. Montaggio e messa in servizio della campata destra dello sbarramento mobile

Fase 6

25. Demolizione dei diaframmi a monte e valle fino alla quota di fondo dei canali
26. Rimodellazione della tura di monte con spostamento di parte delle palancole
27. Posa dei tubi e realizzazione della soprastante pista in corrispondenza della campata destra dello sbarramento
28. Spostamento della tura di valle e della rampa di accesso allo scarico della centrale
29. Avanzamento dei lavori nell'area della centrale
30. Realizzazione (parziale) dei canali di carico

Fase 7

31. Realizzazione del secondo tratto di tura in corrispondenza della campata centrale
32. Infissione di palancole nel corpo e all'estremità della tura in alveo
33. Spostamento dei massi di protezione dalla prima alla seconda campata della tura
34. Realizzazione del secondo tratto del taglione
35. Realizzazione della fondazione della campata centrale dello sbarramento
36. Avanzamento dei lavori nell'area della centrale
37. Completamento del canale di scarico con la formazione delle scogliere

Fase 8

38. Montaggio e messa in servizio della campata centrale dello sbarramento mobile
39. Completamento dei lavori nell'area della centrale e rinterro della stessa
40. Realizzazione cavidotto di collegamento con ENEL (parte esterna al cantiere)

Fase 9

41. Asportazione del secondo tratto di tura (e rimozione delle palancole)
42. Posa dei tubi e realizzazione della soprastante pista in corrispondenza della campata centrale dello sbarramento
43. Realizzazione del terzo tratto di tura, a monte della campata sinistra
44. Infissione di palancole nel corpo della tura
45. Inizio montaggi delle apparecchiature elettromeccaniche in centrale

Quadro progettuale

Fase 10

46. Completamento del taglione in sponda sinistra
47. Realizzazione della fondazione della campata sinistra dello sbarramento
48. Montaggio e messa in servizio della campata sinistra dello sbarramento mobile

Fase 11

49. Asportazione del terzo tratto di tura (e rimozione delle palancole)
50. Realizzazione della tura a monte del canale di carico

Fase 12

51. Rimozione delle ture in alveo
52. Recupero dei tubi e posa di parte degli stessi sul tratto terminale del Chiavicone
53. Rimozione della tura di valle

Fase 13

54. Completamento dei canali di carico
55. Inizio montaggi organi idraulici, paratoie, griglie e sgrigliatore
56. Completamento del cavidotto ENEL

Fase 14

57. Rimozione della tura di monte
58. Parziale rinterro e sistemazione della sponda destra del Chiavicone
59. Prove e messa in servizio provvisoria dell'impianto

Fase 15

60. Completamento del rinterro della centrale
61. Rimozione del cantiere
62. Ripristino dello scotico
63. Sistemazioni definitive dell'area di cantiere

8.3. Le aree coinvolte

Per evitare il depositare per tempi lunghi in zona golenale il materiale e i mezzi necessari all'esecuzione dei lavori, le aree del cantiere principale sono state divise in due, rappresentate nei disegni di progetto:

Quadro progettuale

- l'area operativa, dove si svolgeranno le attività edificatorie, necessariamente in golena;
- l'area di deposito, ubicata esternamente all'argine maestro e adeguatamente recintata, dove potranno essere collocati i materiali d'utilizzo non immediato, nonché ricoverati i mezzi meccanici a fine giornata.

Nell'area di deposito sarà anche installato un impianto di betonaggio, dove sarà impiegato in gran parte il materiale di risulta (essenzialmente sabbia e ghiaietto) proveniente dagli scavi, dopo essere stato lavato e corretto con un adeguato dosaggio di ghiaia d'adeguata pezzatura per ottenere una curva granulometrica appropriata.

Allo scopo, nell'area di deposito sarà realizzato anche un pozzo per l'approvvigionamento di acqua necessario all'impianto di betonaggio, per la vagliatura, per bagnare le piste di accesso e di cantiere allo scopo di ridurre al minimo le polveri sollevate dal transito dei mezzi di trasporto e d'opera. Lo stesso pozzo verrà utilizzato per l'approvvigionamento di acqua necessaria ai servizi del cantiere.

Inoltre qui troveranno posto una o più baracche di cantiere, che costituiranno il recapito dell'esecutore delle opere e il ricovero dell'attrezzatura di piccole dimensioni e della documentazione di progetto, nonché la sede per le riunioni di cantiere con la Direzione Lavori e con il Coordinatore per la sicurezza. Per quanto concerne gli approvvigionamenti idrici per il personale, essi avverranno attraverso un pozzo, già necessario per gli usi produttivi, mentre l'acqua potabile verrà erogata da specifici dispenser ricaricati con acqua minerale. Si tratterà di un pozzo per il quale verrà richiesta specifica autorizzazione/concessione, limitato all'acquifero più superficiale, ampiamente disponibile rispetto ai prelievi necessari.

Non è previsto alcuno scarico: le acque di risulta dell'impianto di vagliatura, infatti, verranno riutilizzate in un ciclo chiuso, per l'impianto betonaggio e per l'irrorazione delle piste di cantiere e delle strade di accesso; le acque provenienti dai servizi igienici saranno totalmente stoccate ed allontanata ad opera di impresa specializzata.

Ulteriormente sarà approntato un piccolo cantiere temporaneo in sponda sinistra allo scopo di realizzare i manufatti previsti in quest'area. In particolare si tratta delle murature costituenti la spalla vera e propria, il passaggio per le barche e le scogliere di massi a protezione delle scarpate di monte e di valle. Si ritiene opportuno realizzare queste opere prima di iniziare le ture necessarie a costruire lo sbarramento mobile, per evitare che l'aumento di velocità dell'acqua, che potrebbe verificarsi durante tali fasi di lavoro, possa provocare danni per erosione alla sponda sinistra in corrispondenza della traversa esistente.

S'è evidenzia che nell'ambito dell'area operativa sarà realizzato un approdo per chiatte, il mezzo di trasporto che sarà impiegato, quando le condizioni idrologiche lo consentiranno, per allontanare dal cantiere parte del materiale di scavo in esubero e, allo stesso modo, approvvigionare il cantiere

Quadro progettuale

degli inerti di pezzatura maggiore per il confezionamento dei conglomerati cementizi e di altro materiale, di dimensioni e/o quantità cospicue, necessario al cantiere. In tal modo si riuscirà a ridurre al minimo la necessità dei trasporti su gomma, a tutto vantaggio della viabilità delle zone circostanti al cantiere, con ricadute positive anche per quanto concerne le emissioni acustiche e di gas di scarico.

In definitiva, contestualmente all'esecuzione degli scavi il materiale di risulta sarà selezionato, nell'area di deposito esterna alla golenale, tra la frazione idonea al riutilizzo, che andrà all'impianto di betonaggio, e quella destinata all'allontanamento, che sarà invece caricata sulla chiatte ormeggiata nella zona operativa di cantiere quando le condizioni idrologiche e in particolare i livelli dell'Adda e del Po saranno tali da consentire la navigazione.

Per quanto concerne la movimentazione del materiale da costruzione, essa avverrà con autogrù e scavatori semoventi, al fine d'evitare la permanenza in area golenale di strutture fisse, quali i tralicci delle tipiche di cantiere gru a bandiera, nonché del consistente basamento di calcestruzzo armato necessario per sorreggerle.

8.4. Siti di accumulo e stoccaggio

Come descritto in maggiore dettaglio nel *Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo*, il materiale di scavo destinato al riutilizzo sarà accumulato nell'area di deposito appositamente costituita al di fuori della fasce golenale (paragrafo precedente), dove una volta selezionato potrà essere destinato all'impianto di betonaggio, ai rinterri o al trasporto verso i siti individuati nel suddetto *Piano di utilizzo*.

Sono inoltre previste aree di stoccaggio nell'area operativa per il deposito dei materiali d'immediato utilizzo, quali ferro di armatura, elementi dello sbarramento e carpenteria metallica.

Tutte le strutture provvisorie saranno smantellate alla fine dei lavori con la riduzione in pristino dei luoghi.

8.5. Taglio di vegetazione esistente

La realizzazione dell'impianto prevede l'eliminazione della vegetazione di ripa solo negli spazi direttamente interessati dai nuovi manufatti: in sponda destra, nel tratto dove viene realizzata l'opera di presa ed il canale di restituzione (circa 180 m); in sponda sinistra nel breve tratto impegnato dalla struttura di sostegno dello sbarramento e dalla massicciata di protezione (circa 50 m). In sponda sinistra si tratta di pochi alberi adulti isolati, quasi assenti gli arbusti. La vegetazione eliminata in sponda destra appartiene alla fascia ripariale, che si presenta continua con spessore

variabile (intorno ai 10 m nel tratto interessato dagli interventi) dallo sbocco Collettore Adda-Maccastorna (localmente detto anche "Chiavicone").

Una fitta formazione lineare mista, in prevalenza arbustiva con presenze arboree, sarà realizzata lungo la riva del canale di restituzione, con la duplice funzione di messa in sicurezza (protezione dalla scarpata del canale stesso) e di collegamento tra le macchie boschive naturaliformi presenti sulla sponda, che non sono in alcun modo toccate dal progetto. Le specie della nuova formazione, della lunghezza di circa 180 m, saranno strettamente autoctone, scelte tra quelle eliminate e comunque indicate negli elenchi del parco Adda Sud per la zona.

Per nessuna delle altre aree legate all'attività di cantiere (deposito materiali, betonaggi ecc.) si rende necessario intervenire sulla vegetazione esistente.

Lungo il tratto interessato dal rigurgito, per la vegetazione arborea (salici, pioppi ibridi) che verrà sommersa costantemente per oltre 1 m di altezza dal proprio piede (condizione che, sulla base dei modelli idraulici calcolati e dei sopralluoghi effettuati, si verifica nei primi 2 km verso monte dallo sbarramento), si prevede il monitoraggio costante, al fine di gestire la sicurezza sia delle sponde che dell'impianto. Nel tempo, saranno effettuati tagli selettivi di quegli alberi, insediati sulla sponda sommersa, che dimostreranno condizioni fitosanitarie e/o statiche precarie. Potranno essere mantenute in situ piante morte se non pericolose idraulicamente e/o per la stabilità della sponda e di interesse ecologico. L'abbattimento dello sbarramento per la manutenzione dell'impianto costituirà momento privilegiato per i controlli e gli eventuali interventi sulla vegetazione.

8.6. Ture provvisorie in alveo

a realizzazione di un impianto a cavallo d'una traversa, come quello in esame, prevede inevitabilmente alcune lavorazioni da eseguire in alveo o in adiacenza allo stesso. Pertanto saranno necessarie ture in alveo, che saranno rimosse alla fine dei lavori, per proteggere il cantiere di realizzazione dello sbarramento dalla corrente del fiume.

Nello sviluppo del progetto, è stato assunto come vincolo di accedere all'alveo dalla sponda destra per movimentare il materiale di scavo di cui saranno costituite le ture, in modo da evitare il transito nelle strade della zona d'un numero considerevole di autocarri per il trasporto in sponda sinistra; l'accesso da quest'ultima sponda è invece previsto per le modeste quantità di materiali accessori.

Inoltre l'opera è stata suddivisa in numerose fasi di lavoro, al fine di ridurre l'entità e i tempi di permanenza all'interno dell'alveo dell'Adda, che sono ovviamente quelli più a rischio in caso di piene del fiume.

Per quanto riguarda le fasi che comportano l'occupazione dell'alveo, a parte la modesta occupazione in sponda sinistra necessaria per edificare le opere a rinforzo della stessa, dapprima

Quadro progettuale

sarà sbarrata a monte e valle la parte destra del fiume, per circa un terzo della sua larghezza, con una tura provvisoria di materiale idoneo, al fine di costruire la campata destra dello sbarramento - previa realizzazione del taglione antisifonamento - e la canalizzazione (con il relativo canale) per lo sghiaimento.

Una volta terminata la campata, completa delle ventole dello sbarramento mobile montate e collaudate, si provvederà a rimuovere la tura di protezione, sostituendola con un guado, costituito da tubazioni di calcestruzzo e soprastante pista di materiale arido, allo scopo di consentire il transito di parte della portata del fiume attraverso l'opera in questione. Potrà quindi essere realizzata la tura a protezione della parte centrale dello sbarramento e quindi le relative opere di calcestruzzo armato e i montaggi meccanici.

Messa in funzione anche questa campata centrale, la tura di monte sarà infine prolungata fino alla sponda sinistra, inserendo i suddetti tubi di calcestruzzo anche nella parte centrale, per realizzare in sicurezza la campata sinistra dello sbarramento, collegandosi ai manufatti costituenti la spalla già edificati preliminarmente.

Gli elaborati grafici di progetto mostrano visivamente le fasi di lavoro testé descritte.

8.7. Opere speciali di fondazione e sostegno degli scavi

Per quanto riguarda lo sbarramento, innanzitutto sarà realizzato un taglione continuo a monte con funzione anti-sifonamento e per ridurre la sottospinta dell'acqua alla base delle fondazioni.

A tal scopo la profondità minima da raggiungere è di 12 m sotto il piano della platea di fondazione ed esso s'immorserà per circa 15 m sotto la spalla sinistra. Sul lato destro proseguirà fino a congiungersi, senza soluzione di continuità, con i diaframmi previsti come opere provvisionali e di fondazione profonda della centrale, completando così l'intercettazione dei flussi sotterranei che potrebbero minare nel tempo la stabilità dei nuovi manufatti.

Inoltre lo sbarramento sarà sostenuto a monte e a valle da palificazioni, costituite da colonne di jet-grouting o realizzate con altra tecnologia di analoga efficacia.

Nella zona della centrale, dove si eseguiranno gli scavi a profondità maggiore, sarà preliminarmente realizzata una scatola di diaframmi di calcestruzzo armato, scavati a pannelli con l'ausilio di fanghi bentonitici, completandola con un tappo di fondo di jet-grouting colonnare a completa interferenza, per evitare il sollevamento del fondo scavo.

In tal modo si potranno eseguire gli scavi profondi sotto falda in sicurezza, limitando al massimo i pompaggi per tenerli asciutti.

Inoltre i diaframmi di calcestruzzo armato costituiranno le fondazioni profonde del corpo della centrale, evitando cedimenti d'entità incompatibile con il corretto funzionamento del macchinario idroelettrico.

Eventuali altre palificazioni saranno eseguite per sostenere parti accessorie dell'impianto, quali il canale di scarico di fondo e il manufatto di passaggio dei pesci.

8.8. Strade per il cantiere e piste provvisionali

L'area di intervento è raggiungibile attraverso la strada sterrata che passa sull'argine maestro in sponda destra, già ora percorribile da normali mezzi di cantiere, con accessi sia da monte che da valle.

Per salire e scendere dall'argine stesso e accedere all'area operativa e a quella di deposito saranno realizzate le apposite rampe rappresentate negli elaborati grafici già citati, per le quali verrà richiesta preventiva concessione. Si precisa che mentre la pista d'accesso all'area golenale, realizzata nella direzione del flusso d'acqua, rimarrà come accesso all'impianto, quella d'accesso all'area di deposito verrà invece asportata a fine lavori, riportando in pristino l'area interessata a tale scopo.

Per la costruzione dello sbarramento è prevista la realizzazione di piste in alveo in modo che materiale depositato presso le aree di cantiere e i mezzi meccanici arrivino comunque dalla sponda destra; solo le strutture della spalla sinistra saranno realizzate prima, accedendo dalla sponda sinistra. Tali piste hanno carattere esclusivamente provvisoria e saranno completamente rimosse in modo graduale una volta completati i lavori.

8.9. Interferenza con la viabilità esistente

Come detto in precedenza, il trasporto dei materiali da e verso il cantiere sarà effettuato tramite chiatte per quanto possibile; la stima di dettaglio dei quantitativi trasportati e del numero di viaggi necessari è riportata nello specifico capitolo. In ogni caso i mezzi di cantiere circoleranno tra le aree di deposito e le zone operative, senza interferire con la viabilità locale; questa sarà coinvolta limitatamente al trasporto in loco dei piccoli volumi di materiali per la costruzione dell'impianto e delle forniture elettromeccaniche (turbine, generatori, paratoie, ecc.) per le quali potranno essere previsti trasporti speciali.

8.10. Montaggi

I montaggi elettromeccanici rappresentano un'attività consistente; essi consisteranno in:

- installazione dei gruppi idroelettrici;
- installazione degli organi idraulici (paratoie e sgrigliatori);
- posa dello sbarramento mobile;
- montaggi elettrici;
- realizzazione del cavo interrato di collegamento alla cabina di consegna;
- allacciamento alla rete del distributore locale.

Questi montaggi saranno in parte eseguiti con mezzi di sollevamento di grande portata (autogru) e in parte anche con il carroponte di centrale.

8.11. Mezzi di cantiere

È previsto l'utilizzo dei seguenti mezzi di cantiere:

- 2 escavatori cingolati
- 1 escavatore cingolato con benna mordente
- 1 escavatore con braccio da 20 m (oppure a fune tipo Ruston) per carico e scarico chiatte
- 1 pala gommata
- 2 autocarri
- 1 chiatta per il trasporto del materiale via fiume
- 1 autogrù da 50 t
- 1 centralina di betonaggio, completa di trattamento e selezione degli inerti
- 1 autobetoniera
- 2 pompe per calcestruzzo
- 2 macchine per la realizzazione dei diaframmi
- 2 macchine per la realizzazione del jet-grouting
- 2 macchine per l'infissione e il recupero delle palancole
- 1 silo per la malta d'iniezione del jet-grouting
- 1 silo per il cemento
- vasche di accumulo e decantazione dei fanghi bentonitici

8.12. Quantificazioni di scavi e rinterri

Di seguito si riporta la tabella di sintesi ricavata sulla base del computo metrico estimativo, con l'ipotesi di lavoro - dettata dalla esperienza dello Studio di progettazione in analoghe lavorazioni - che una percentuale $p = 30\%$ del materiale delle ture non possa essere recuperata, tipicamente la frazione sommersa.

Si evince che resteranno circa 34 mila m^3 di materiale di scavo in esubero; essi in parte saranno riutilizzati all'interno del cantiere, nell'impianto di betonaggio, in parte saranno portati nei siti individuati nel citato *Piano di utilizzo*.

Per quanto riguarda i sedimenti che nel corso del tempo si sono accumulati in sponda destra a valle della briglia fino a formare una barra di depositi sabbiosi, in fase di realizzazione del canale di scarico sarà asportata una parte del materiale, per un'altezza di circa un metro; il corrispondente volume di scavo, pari all'incirca a $150 m^3$, è stato già considerato nel computo metrico. A seguito di ciò non dovrebbe più verificarsi tale accumulo, poiché la restituzione delle portate turbinate dall'impianto impedirà il riformarsi di tale deposito.

<i>Fase</i>	<i>Scotico</i>	<i>Scavi</i>	<i>Ture</i>	<i>Rimozione teorica ture</i>	<i>Rimozione effettiva ture</i>	<i>Rinterri scotico</i>	<i>Rinterri scavi</i>	<i>Materiale di risulta</i>
	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	7.500	30.360	6.715					23.645
3		10.684	-					34.329
4			-					34.329
5		2.500	8.190	2.275	1.593			30.231
6		2.916	-	-	-			33.147
7			3.124	3.990	2.793			32.816
8		823	2.016	-	-			31.624
9			1.536	2.016	1.411			31.499
10			2.520	-	-			28.979
11			-	2.520	1.764			30.743
12			-	3.552	2.486			33.229
13			-	5.224	3.657			36.886
14			-	3.900	2.730	7.500	5.460	34.156
15								34.156
FINE	7.500	47.283	24.101	23.477	16.434	7.500	5.460	34.156

8.13. Quantificazioni dei movimenti di terreno e materiali

In sede di progettazione definitiva e in particolare di definizione degli scavi e delle fasi esecutive, come già accennato, è stata sviluppata la soluzione di impiegare parte del materiale di scavo in un impianto di betonaggio installato in adiacenza al cantiere, al servizio dello stesso. La valutazione tecnico-economica di questa opportunità richiede dunque la quantificazione del materiale riutilizzabile e di quello da approvvigionare per ottenere una miscela di granulometria idonea; in tal modo si potrà stimare l'effetto della soluzione in esame sui trasporti in ingresso e in uscita dal cantiere (rispettivamente per approvvigionare i materiali di costruzione e smaltire il materiale di risulta degli scavi) e di conseguenza sui costi e sugli impatti ambientali del progetto.

Considerando la composizione del materiale di scavo riportata sui profili geologici dei carotaggi in sponda destra e confrontandola con una possibile curva granulometrica di massima, s'è considerato di poter ricavare il **75%** degli inerti necessari dal riutilizzo del materiale di risulta degli scavi e quindi integrare il 25% della ricetta con ghiaia grossolana (15-25 mm) approvvigionata dall'esterno. In base al computo metrico estimativo, la costruzione dell'impianto richiederà in totale circa **15.400 m³** di calcestruzzo, pertanto l'impianto di betonaggio sarà approvvigionato con **11.550 m³** (75% del totale) di terreno scavato e con i restanti **3.850 m³** trasportati dall'esterno. A tal proposito, come descritto in maggior dettaglio nel *Piano di utilizzo*, è stato individuato un fornitore che, quando sarà possibile in relazione ai livelli idrici in Adda e in Po, raggiungerà il cantiere risalendo il Po e l'Adda con le idonee chiatte cariche di ghiaia e tornerà indietro trasportando il materiale di scavo da impiegare nei propri cantieri. In questo modo sarà conseguita una notevole economia di trasporti, oltre al fatto di effettuarne una parte via fiume, riducendo gli impatti in termini di traffico stradale e di emissioni in atmosfera.

La tabella seguente riporta il dettaglio fase per fase dei movimenti in ingresso e uscita dal cantiere di materiale di costruzione e di scavo: come si può notare sono stati previsti più movimenti in uscita (complessivi, tra chiatte e camion) nelle prime fasi, al fine di minimizzare l'accumulo di terreno nell'area di deposito.

<i>Fase</i>	<i>Materiale di risulta</i>	<i>Calcestruzzo necessario</i>	<i>Materiale riutilizzato</i>	<i>Ghiaia in ingresso</i>	<i>Materiale in uscita</i>	<i>Esubero effettivo</i>	<i>Deposito materiale</i>
	<i>m³</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>
1	-	-	-	-	-	-	-
2	23.645	60	45	15	10.000	13.600	13.600
3	34.329	3.790	2.843	948	5.000	2.841	16.441
4	34.329	400	300	100	1.000	-1.300	15.141
5	30.231	1.300	975	325	500	-5.572	9.569

Quadro progettuale

6	33.147	3.570	2.678	893	500	-262	9.307
7	32.816	550	413	138	500	-1.244	8.064
8	31.624	280	210	70	500	-1.903	6.161
9	31.499	-	-	-	-	-125	6.036
10	28.979	2800	2.100	700	1.000	-5.620	416
11	30.743	-	-	-	1.000	764	1.180
12	33.229	-	-	-	-	2.486	3.667
13	36.886	2650	1.988	663	2.606	-937	2.730
14	34.156	-	-	-	-	-2.730	0
15	34.156	-	-	-	-	0	0
FINE	34.156	15.400	11.550	3.850	22.606	0	0

9. LA FASE DI DISMISSIONE

Nel caso di dismissione dell'impianto idroelettrico, sono da prevedersi le seguenti misure di recupero e reinserimento ambientale, con i relativi tempi e costi

9.1. Fasi di rimozione dell'impianto

Fase 1 (posa dei panconi e rimozione delle forniture elettromeccaniche)

In questa fase è prevista la posa dei panconi a monte e a valle delle vie d'acqua in modo da confinare la centrale. Si procederà quindi con l'asportazione dei gruppi di produzione e relativa quadristica, quindi con la rimozione delle paratoie, della griglia e dello sgrigliatore, delle centraline oleodinamiche e dei compressori nel locale interrato della centrale.

Saranno invece mantenuti i canali di carico e di scarico, in cui sarà provvisoriamente deviato il fiume nella successiva fase di smantellamento dello sbarramento mobile.

In questa fase lo sbarramento mobile sarà completamente abbattuto al fine di ridurre il livello di monte del fiume.

Fase 2 (formazione di ture in alveo e rimozione dello sbarramento)

Una volta completate le opere descritte al punto precedente, si procederà alla rimozione della parte metallica mobile dello sbarramento, utilizzando allo scopo le panconature previste per le manutenzioni, evitando così l'impatto e i costi della realizzazione di ture in alveo.

Fase 3 (demolizione e rinterro dei canali e della centrale)

Dopo avere ultimato la rimozione dello sbarramento, si potrà intervenire sulle vie d'acqua e la centrale interrata dell'impianto idroelettrico.

I lavori previsti consistono nella demolizione in grosse pezzature con martellone su escavatore delle solette di copertura e l'interrimento completo dei vani aperti fino al piano di campagna.

Per quanto concerne il canale di restituzione, verrà semplicemente prolungata la scarpata naturale di valle già presente in modo da interrare completamente le opere fuori acqua di calcestruzzo.

9.2. Misure di recupero e reinserimento ambientale

Innanzitutto va segnalato che l'impianto, essendo totalmente interrato, non necessita di particolari misure per essere reinserito nell'ambiente circostante in caso di dismissione; sarà semplicemente rimossa la torretta di accesso all'edificio di centrale e delle botole metalliche, provvedendo l'interrimento completo, come sopra descritto, più che altro per mettere in sicurezza nel tempo le strutture del vecchio impianto.

Ulteriormente saranno asportati i parapetti metallici esistenti, realizzati a norma per luoghi di lavoro, che saranno sostituiti con siepi di protezione o parapetti di legno trattato in autoclave della stessa tipologia di quelli utilizzati in altre aree del Parco naturale dell'Adda Sud.

Si sottolinea che sarà lasciato il passaggio dei pesci, ridimensionandolo opportunamente, perché costituisce un valore aggiunto dal punto di vista ambientale.

In una tavola del progetto definitivo sono rappresentate le situazioni prima e dopo gli interventi di dismissione e recupero ambientale

9.3. Costo degli interventi di dismissione e reinserimento ambientale

Fase 1

Posa panconi e rimozione forniture elettromeccaniche 20.000 €

Fase 2

Asportazione dello sbarramento mobile 40.000 €

Fase 3

Demolizioni in grandi pezzature, rinterramenti e rinverdimento 140.000 €

Costo complessivo degli interventi 200.000 €

9.4. Tempistica degli interventi di dismissione e reinserimento ambientale

Gli interventi previsti seguiranno indicativamente la tempistica di sintesi sotto elencata, con riferimento alle tre macro fasi del punto precedente.

- Fase 1 (posa panconi e rimozione forniture elettromeccaniche) 4 settimane
- Fase 2 (panconatura e rimozione dello sbarramento mobile) 6 settimane
- Fase 3 (demolizioni e rinterri) 2 settimane

In sostanza la durata totale sarà di circa 3 mesi.

10. LE SCELTE PROGETTUALI PER LA MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI PERMANENTI DELLA CENTRALE

Nel presente capitolo verranno descritte le scelte progettuali derivanti dall'analisi ambientale e le modifiche introdotte con il progetto definitivo al progetto di massima con l'obiettivo di migliorare la mitigazione degli impatti permanenti. Per facilità di esposizione, le modifiche introdotte verranno descritte per ciascuna delle sezioni che compongono l'opera in progetto.

10.1. Sbarramento

Sicurezza idraulica - La differenza principale rispetto al progetto di massima è la suddivisione dello sbarramento in tre campate, anziché una unica, al fine di garantire una maggiore affidabilità e sicurezza d'esercizio. Questo vale sia per le condizioni di piena, in cui il graduale abbattimento di una campata alla volta rende di fatto impossibile l'eventualità che tutto lo sbarramento resti accidentalmente sollevato, sia per le condizioni di normale esercizio, in cui la regolazione del livello sarà agevolata dal fatto di avere più campate anziché una molto lunga.

La scelta del tipo di sbarramento, sintetizzabile come una paratoia a ventola (o una serie di ventole) sostenuta da un cuscino d'aria anziché da pistoncini oleodinamici, è dettata dal fatto che in occasione delle piene la ventola protegge la sottostante struttura gommata, garantendo l'affidabilità e la sicurezza d'esercizio dello sbarramento. Inoltre si tratta di un sistema a sicurezza intrinseca, poiché in mancanza del segnale di livello a monte o al superamento di una soglia preimpostata e rilevata attraverso la pressione dell'aria nel circuito, lo sbarramento si abbatte lentamente e completamente in ogni condizione, senza necessità d'energia.

Oltre a ciò, sono stati inseriti alcuni elementi funzionali all'efficienza, affidabilità ed economicità d'esercizio della derivazione, non previsti nel progetto di massima, quali la paratoia sghiaiatrice con ventolino in sommità.

Mitigazione dell'impatto paesaggistico – E' stato introdotto uno sfioro costante di 5 cm d'acqua su tutta la lunghezza dello sbarramento per migliorare l'inserimento paesaggistico dell'opera, la cui struttura sarà sempre coperta dall'acqua e quindi non visibile.

Mitigazione dell'impatto sull'ittiofauna e sull'ambiente biotico – E' stata prevista una paratoia piana a protezione della luce sghiaiatrice, sormontata da ventolino abbattibile sul quale verrà lasciata defluire una portata continua di circa 400 l/s, corrispondente ad una lama d'acqua di 15 cm allo scopo di attrarre l'ittiofauna verso l'imbocco di valle della scala pesci.

Lo sfioro dell'acqua in misura di 5 cm sullo sbarramento aumenterà la capacità di ossigenazione dell'acqua immediatamente a valle dello sbarramento, in modo analogo a quanto avviene oggi a valle della traversa, mitigando eventuali effetti derivanti da "acqua ferma" sotto lo sbarramento stesso.

Al contempo, si è proceduto ad una valutazione circa la richiesta della Provincia di Lodi d'un rilascio di 100 l/s di per metro lineare di sbarramento, la quale non trova giustificazione tecnica per la tipologia di impianto in oggetto, che restituisce la portata al piede della traversa. Anzi, lo studio specifico sull'ittiofauna ha evidenziato come una simile azione avrebbe effetto controproducente, riducendo l'azione di "richiamo" indotta dal rilascio d'acqua attraverso il ventolino sopra la luce sghiaiatrice in prossimità della scala di risalita dei pesci sino a inficiarne l'efficacia.

Mitigazione di potenziali impatti sulle acque superficiali – L'impiego di una paratoia a ventola sostenuta da un cuscino d'aria anziché da pistoncini oleodinamici comporta l'assenza di tubazioni e impianti meccanici funzionanti con olio che – nel caso di guasti/rotture – potrebbe temporaneamente e/o localmente contaminare il Fiume.

Mitigazione degli impatti sulla navigabilità del fiume – Allo stato di fatto, il collegamento navigabile tra il Po e l'Adda è impedito dalla traversa in massi esistenti. Sulla base di indagini eseguite sulla tipologia di imbarcazioni utilizzate in zona per la pesca e per scopi turistici, è stato dimensionato e introdotto, in corrispondenza dello sbarramento in sponda sinistra, un paranco che consentirà alle piccole imbarcazioni dei pescatori locali di superare lo sbarramento in entrambe le direzioni. Verranno inoltre realizzati due semplici attracchi per canoe (uno a monte e uno a valle della traversa) che consentano l'agevole superamento dello sbarramento a questo tipo di imbarcazione. Il progetto restituirà quindi il carattere di "via d'acqua" al fiume lombardo, reso impossibile sin dagli anni '60 a causa la realizzazione della traversa, e il suo collegamento

all'idrografia del Po. Va precisato che l'introduzione delle specifiche strutture finalizzate al superamento della traversa da parte di piccole imbarcazioni è in realtà una misura compensativa del progetto: in assenza dell'opera idroelettrica in progetto, infatti, la navigabilità del tratto di fiume sino a Pizzighettone e il suo collegamento al Po resterà interrotta dalla traversa esistente.

10.2. Opera di presa

Mitigazione riguardo alla produzione di rifiuti - La progettazione definitiva dell'opera di presa è stata molto approfondita, sviluppando soluzioni che assicurassero l'efficienza, affidabilità ed economicità d'esercizio; in particolare, lo spostamento delle paratoie da valle a monte del canale di carico e l'adozione di uno sgrigliatore orizzontale consentiranno di ridurre al minimo l'ingresso del materiale trasportato dalla corrente, evitando quindi la sua rimozione e la conseguente produzione di rifiuti. In tal senso va anche l'introduzione della barriera paragalleggiante, che non era prevista in sede di progetto di massima. In questo modo il sistema adottato, oltre a garantire un'efficace rimozione del materiale grossolano depositato sul fondo (in collaborazione con il canale e lo scarico per lo sghiaimento) e di quello in sospensione o galleggiante, ne minimizza l'ingresso nell'opera di presa, riducendo quindi la produzione di rifiuti e il conseguente ulteriore sovraccarico delle discariche dove essi andrebbero conferiti.

Mitigazione dell'impatto paesaggistico - L'introduzione di una macchina stagna per la movimentazione del pettine necessario alla pulizia della griglia eviterà l'installazione a quote superiori alla massima piena del corso d'acqua che, diversamente, avrebbe prodotto un importante impatto visivo.

Mitigazione dell'impatto sull'ittiofauna - Sarà predisposto l'attacco per una pompa sommersa che servirà per pulire tramite flussaggio il passaggio per i pesci; in questo modo, anche a seguito di eventi di piena particolarmente gravosi e/o in caso di accumulo di detriti, la funzionalità della rampa dei pesci verrà rapidamente ripristinata.

Nella camera interrata della centrale, in adiacenza alla luce sghiaiatrice, inoltre, verrà inserito un oblò per il monitoraggio diretto del passaggio dei pesci.

10.3. Passaggio per i pesci

Mitigazione dell'impatto paesaggistico e miglioramento dell'aspetto funzionale - Al progetto di massima era stata prescritta una scala pesci dimensionata per il passaggio di storioni di grandi

Quadro progettuale

dimensioni e rami numerosi di cheppie; tale manufatto aveva una notevole estensione longitudinale, che spostava a valle la restituzione delle portate turbinate, aumentando notevolmente le dimensioni della centrale. Bisogna inoltre ricordare che la portata di alimentazione di 1,9 m³/s originariamente richiesta necessitava di bacini di notevoli dimensioni per garantire un'adeguata dissipazione energetica. Lo studio svolto dal Dipartimento di Bioscienze dell'Università di Milano ha consentito di individuare la nuova soluzione proposta nel progetto definitivo in grado di assicurare la funzionalità idraulica ed ecologica del manufatto in funzione dell'ittiofauna del corso d'acqua, riducendo notevolmente le dimensioni dell'opera: la ridotta estensione longitudinale della struttura fa sì che il canale di restituzione possa scaricare le portate turbinate al piede della traversa, il che garantisce un'ulteriore effetto di attrazione dell'ittiofauna. Inoltre, il fatto di rilasciare parte della portata come richiamo anziché dal passaggio contribuisce a ridurre le dimensioni minime necessarie per i bacini e quindi l'ingombro dello stesso manufatto di risalita.

La configurazione della scala pesci è un esempio di come tutte le componenti siano un tutt'uno funzionale: la paratoia piana (con ventolino in sommità) di sghiaimento della traversa serve anche a scaricare verso valle il materiale allontanato dall'opera di presa e, tramite lo sfioro continuo di circa 400 l/s, assolve alla funzione di richiamo per l'ittiofauna, che risalirà attraverso la scala di rimonta, strutturalmente integrata con il canale di scarico della luce sghiaiatrice. Lo sfioro continuo risulterà, sulla base dello studio dell'Università, molto importante, in quanto fungerà da richiamo e attenuerà l'effetto di disorientamento della fauna ittica causato da quello diffuso dal ciglio dello sbarramento utilizzato per mitigare gli impatti paesaggistici

Monitoraggio - Per monitorare l'efficacia del manufatto, si prevede un alloggiamento dotato di oblò per l'osservazione diretta e di sistema d'acquisizione e trasmissione dei dati in un pozzetto da realizzarsi in corrispondenza del bacino più a monte, cioè l'ultimo che sarà attraversato dall'ittiofauna in risalita.

10.4. Canali di carico

Mitigazione dell'impatto paesaggistico - Nel progetto di massima v'erano due soli canali, però di larghezza circa doppia, che si sviluppavano a cielo aperto. In questo caso le modifiche consistono nell'eliminazione totale dell'impatto visivo, perché la canalizzazione si sviluppa interamente sotto il piano di campagna, coperta da una soletta (per cui non sarebbero state accettabili le ampie luci dei due canali) che sostiene un congruo rinterro di terreno vegetale a verde.

10.5. Centrale e restituzione

Mitigazione dell'impatto paesaggistico - Rispetto al progetto di massima, anche il layout della centrale è stato rivisto nell'ottica di minimizzare l'ingombro dell'area golenale e l'impatto visivo; questo obiettivo è stato ottenuto sviluppando un edificio del tipo "sommersibile", tutto sotto al piano campagna tranne la torretta d'accesso, anch'essa di dimensioni ridotte grazie all'integrazione della scala con i camini d'aerazione.

Poiché l'intero impianto funzionerà automaticamente, controllato a distanza, non sono previsti locali per la permanenza continua del personale, riducendo al minimo la volumetria e l'impatto dell'edificio sul paesaggio, che in definitiva si limitano all'anzidetta torretta di accesso. Ulteriormente è stato compattato tutto l'insieme "centrale - restituzione" in modo da garantire la restituzione delle portate turbinate al piede della traversa. Sono inoltre previste scogliere di massi a secco in sponda destra, in corrispondenza della traversa, per prevenire l'erosione delle sponde. Nel terreno circostante è previsto un rimboschimento mediante l'impianto di essenze autoctone miste arboree e arbustive.

Mitigazione degli impatti derivanti da rumore e vibrazioni - La trasmissione e moltiplicazione turbina/generatore avverrà attraverso cinghia riducendo notevolmente la rumorosità e le vibrazioni tipiche di altri sistemi di moltiplicazione dei giri.

Mitigazione degli impatti su sottosuolo e acque sotterranee - Rispetto ai due gruppi generatori ad assi orizzontali con turbina assiale a elica e generatore sommerso previsti nel progetto di massima, l'adozione di quattro gruppi di minori dimensioni ha consentito di ridurre considerevolmente gli scavi sottofalda, che sono i più impattanti dal punto di vista ambientale per la necessità di opere provvisorie di consolidamento e pompaggio (dewatering).

10.6. Linea elettrica

Mitigazione degli impatti paesaggistici - Spostando il punto di consegna presso la strada provinciale si è potuto evitare l'edificazione della necessaria cabina nei pressi della centrale e quindi in area golenale, fattore che comporta la realizzazione di 2,3 km di linea da parte del Proponente. La soluzione adottata, con la linea tutta interrata e la cabina costruita in adiacenza e in analogia ad una esistente, per di più in un'area di scarso pregio ambientale e di facile accesso dalla vicina strada provinciale, è ottimale dal punto dell'inserimento visivo e ambientale.

11. MISURE DI MITIGAZIONE DELLE OPERAZIONI DI CANTIERE

11.1. Mitigazione degli impatti sulle acque superficiali e sotterranee

SCAVI - Per quanto riguarda la realizzazione della centrale, si prevede di realizzare un canale di scolo alla quota 32,00 m s.l.m. che raccoglierà le acque di falda quando questa si innalza e la recapiterà direttamente a fiume; si tratterà comunque di acqua pulita in quanto non intorbidita da operazioni di scavo, che saranno realizzate in un fase precedente.

Lo scavo dell'involucro della centrale sarà confinato all'interno di diaframmi e in presenza d'un consistente tappo di fondo di jet-grouting, finalizzato a ridurre al minimo le venute d'acqua. L'impiego di diaframmi e di un tappo di fondo (che costituiranno l'involucro iniziale degli scavi di centrale), inoltre, ridurrà al minimo gli impatti sulle acque sotterranee, al contrario dell'alternativa rappresentata dagli impianti di pompaggio che, oltre tutto, incidono – in termini ambientali ed economici - sui costi energetici.

ACQUE DI POMPAGGIO - Per allontanare dalle zone di lavoro le acque di infiltrazione è previsto l'utilizzo di pompe di aggotamento, posate a più livelli in funzione dei piani di scavo. Per evitare che le acque di aggotamento (che generalmente trascinano in sospensione una componente limosa) possano intorbidire le acque del corso d'acqua, esse verranno fatte decantare in una vasca ad hoc prima del loro scarico in Adda. Saranno inoltre a disposizione in cantiere panne assorbenti da prevedere eventualmente a valle delle opere previste in alveo, al fine di trattenere eventuali perdite di liquidi dei macchinari di cantiere. Allo scopo gli scarichi saranno opportunamente confinati e convogliati per evitare dispersioni non controllate.

SCARICHI - Non sono previsti scarichi di alcun tipo: le acque di risulta dell'impianto di vagliatura, infatti, verranno riutilizzate in un ciclo chiuso, per l'impianto betonaggio e per l'irrorazione delle piste di cantiere e delle strade di accesso; le acque provenienti dai servizi igienici saranno totalmente stoccate ed allontanata ad opera di impresa specializzata.

11.2. Mitigazione degli impatti sull'atmosfera

POLVERI - È prevista la copertura con teli degli automezzi utilizzati per il trasporto di materiali terrosi in caso di particolare ventosità, la limitazione della velocità dei mezzi e il ricorso a mezzi d'opera con certificazione CE relativa alle emissioni inquinanti (oli e carburanti, gas di scarico, emissioni acustiche, ecc.).

Per quanto concerne le piste di cantiere e la viabilità sterrata, esse verranno mantenute bagnate per limitare l'innalzamento di polveri derivanti dal transito dei mezzi.

11.3. Mitigazione degli impatti sul suolo

MISURE DI PREVENZIONE - Prima dell'avvio dei lavori saranno predisposti piani di emergenza che prevedano un tempestivo intervento in casi di contaminazione accidentale e la immediata messa in sicurezza d'emergenza nei confronti delle matrici ambientali a seguito di sversamenti. Tali indicazioni saranno contenute nel Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC). Per la gestione delle terre da scavo, infine, si fa riferimento al già citato *Piano di utilizzo*, allegato al progetto.

VERIFICA AMBIENTALE - Al termine della realizzazione del cantiere, prima del ripristino delle aree impiegate temporaneamente, è prevista l'esecuzione di una verifica dello stato qualitativo dei terreni e la loro conformità rispetto alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 (tabella 1/A). Analoga operazione verrà fatta prima dell'impianto di cantiere, allo scopo di individuare le reali alterazioni qualitative da esso derivanti.

11.4. Gestione dei rifiuti

Le aree individuate per lo stoccaggio dei materiali di cantiere saranno dotate di idonee zone di deposito/stoccaggio delle materie prime, secondo le specifiche casistiche di rischio e pericolo. La manutenzione dei mezzi avverrà presso la sede delle imprese esecutrici, esternamente alle aree di cantiere, ragione per la quale non sono previsti stoccaggi di rifiuti di tale origine.

Eventuali materiali di risulta delle lavorazioni - quali carta, plastica, metallo, legno, ecc. - saranno differenziati e conferiti in discariche autorizzate.

Per quanto riguarda l'impiego di bentonite, in cantiere saranno installate vasche di decantazione; la bentonite utilizzata sarà quindi riciclata e, al termine dei lavori, sarà totalmente recuperata dalle imprese esecutrici, che la riporteranno nelle loro sedi per trattarla e riutilizzarla.

11.5. Mitigazione degli impatti sulla viabilità

TRAFFICO VEICOLARE - Per ridurre gli impatti sulla viabilità locale (pista lungo l'arginatura maestra e strade provinciali di collegamento) è previsto l'impiego di:

- un impianto di vagliatura per la selezione della frazione granulometrica dei terreni di scavo idonea al confezionamento del calcestruzzo;
- un impianto di betonaggio;
- il trasporto dei materiali di risulta dalla vagliatura e l'approvvigionamento della frazione granulometrica eventualmente mancante (ghiaia) mediante imbarcazione, sfruttando così la naturale via d'acqua Adda-Po.

Quadro progettuale

In questo modo si consegnerà il duplice scopo di ridurre i quantitativi d'inerte per calcestruzzo da approvvigionare e di materiale di risulta degli scavi da smaltire, riducendo drasticamente i trasporti da e verso il cantiere. Proprio per questo motivo si è scelto di installare l'impianto di vagliatura e betonaggio, che dal punto di vista economico risulterebbe conveniente solo per quantitativi di calcestruzzo alquanto maggiori di quelli previsti nel progetto.

TRASPORTO VIA FIUME - Nell'ambito dell'area operativa sarà realizzato un approdo per chiatte, il mezzo di trasporto che sarà impiegato, quando le condizioni idrologiche lo consentiranno, per allontanare dal cantiere parte del materiale di scavo in esubero e, allo stesso modo, approvvigionare il cantiere degli inerti di pezzatura maggiore per il confezionamento dei conglomerati cementizi e di altro materiale, di dimensioni e/o quantità cospicue, necessario al cantiere. In tal modo si riuscirà a ridurre al minimo la necessità dei trasporti su gomma, a tutto vantaggio della viabilità delle zone circostanti al cantiere, con ricadute positive anche per quanto concerne le emissioni acustiche e di gas di scarico, oltre che l'incremento di polveri diffuse derivanti dal traffico veicolare.

11.6. Mitigazione degli impatti paesaggistici

LIMITAZIONE DEGLI INGOMBRI TEMPORANEI - Per quanto concerne la movimentazione del materiale da costruzione, essa avverrà con autogru e scavatori semoventi, al fine d'evitare la permanenza in area golenale di strutture fisse, quali i tralicciati delle tipiche di cantiere gru a bandiera, nonché del consistente basamento di calcestruzzo armato necessario per sorreggerle. Questi montaggi saranno in parte eseguiti con mezzi di sollevamento di grande portata (autogru) e in parte anche con il carroponete di centrale.

In questo modo saranno ridotti non solo gli impatti paesaggistici ma anche quelli idraulici connessi a una struttura in elevazione fissa (gru) che diversamente resterebbe presente in golena.

12. ALTR FONTI DI PRESSIONI PRESENTI NELL'AMBITO CIRCOSTANTE L'OPERA IN PROGETTO

Per quanto riguarda le fonti di pressioni nel breve tratto prima della confluenza in Po, innanzitutto, va precisato che non vi sono altri utilizzi dell'acqua del fiume Adda.

A monte dell'opera in progetto vi sono alcuni impianti di pompaggio (derivazioni) a scopi irrigui, sui quali lo sbarramento avrà un effetto benefico qualora essi ricadano nel tratto di rigurgito, riducendo l'energia e quindi il costo del sollevamento a causa dell'innalzamento del livello di monte in condizioni di normale esercizio.

Quadro progettuale

A monte, a una certa distanza - circa 14 km lungo l'asse del fiume - sorge una briglia di massi situata al confine tra i comuni di Maleo (LO) in sponda destra idrografica e Pizzighettone (CR) in sponda sinistra. A cavallo di tale briglia, in sponda destra, sorge l'impianto denominato Maleo, gestito da SHEN SpA; in sponda sinistra invece è in progetto un impianto di Edison SpA. Anche per questo motivo - nonché, ovviamente, per verificare la compatibilità idraulica del progetto - è stato implementato un modello idraulico bidimensionale dell'asta del fiume Adda dalla confluenza in Po fino alla suddetta briglia di Maleo - Pizzighettone. Dallo studio (al quale si rimanda integralmente) si evince come il rigurgito si esaurisca ben prima della traversa e, come tale, risulterà ininfluenza ai fini delle derivazioni idroelettriche che su di essa si sviluppano (esistenti e in progetto).

Fra le fonti di pressione va sicuramente citata la centrale ENEL di Isola Serafini (realizzata in Po a monte della confluenza dell'Adda); la centrale sfrutta il salto derivato dal "taglio di meandro" artificiale del Po, lasciando nel vecchio ramo (Po Morto) solamente il DMV e le acque in esubero alle capacità di derivazione della centrale stessa; l'opera in progetto sarà ininfluenza sulla centrale ENEL realizzata in Po.

13. ASPETTI ECONOMICI E OCCUPAZIONALI

13.1. Sinergie e opportunità economiche territoriali

Nel contesto territoriale entro cui si sviluppa il progetto idroelettrico, un'interessante soluzione economica potrebbe derivare dalla possibilità di vendita a privati che si stanno aprendo con la regolamentazione applicativa di tali sistemi. L'impianto di Budriesse sembra prestarsi bene a queste future possibilità, in quanto nelle vicinanze è ubicato lo stabilimento di Solana S.p.A., che si occupa della trasformazione dei pomodori prodotti in zona e i cui prodotti sono esportati oltre il 90%.

In questo caso l'energia prodotta assumerebbe un valore maggiore, non solo economico per la VIS, ma soprattutto strategico, perché nel contempo andrebbe a diminuire considerevolmente i costi di Solana S.p.A. con un notevole beneficio in termini di competitività sui difficili mercati internazionali e ricadute positive su tutta la locale filiera agro-alimentare di produzione e trasformazione del pomodoro. Tale opportunità è indubbiamente un elemento a favore della localizzazione dell'impianto di Budriesse, che potrà fornire energia a "chilometro zero" a una realtà produttiva energivora presente sul territorio.

La produzione dell'impianto idroelettrico potrà quindi entrare alternativamente nella rete nazionale ai prezzi di mercato o, se vi saranno le condizioni normative per farlo, l'impianto sarà già predisposto per alimentare in primo luogo Solana S.p.A. e immettere in rete le sole eccedenze.

Quadro progettuale

L'iniziativa in argomento risulterebbe particolarmente meritoria, in quanto assicura una significativa produzione d'energia rinnovabile di qualità, qual è quella idroelettrica, senza alcuna ricaduta di costo sulla comunità, in termini d'aggravio della bolletta elettrica per incentivi.

13.2. L'occupazione prevista

In un periodo di scarsa propensione agli investimenti produttivi come l'attuale, non sono indifferenti le ricadute positive sull'economia e l'occupazione del cospicuo investimento necessario per la realizzazione dell'impianto di Budriesse.

L'occupazione maggiore prevista è legata strettamente alla fase di cantiere che durerà almeno 2 anni e che porterà ad una richiesta di manodopera di tipo generico e specializzato da reperire sul mercato della zona. In fase di cantiere sono da prevedere mediamente 25 persone di varia qualifica per due anni, oltre a quelle dell'indotto e dalle lavorazioni speciali (ad esempio correlate all'esecuzione delle opere sotterranee, quali diaframmi, pali, jet-grouting, ai trasporti, agli assemblaggi esterni, ai carichi e manutenzione dei mezzi fuori dal cantiere ecc.).

Per l'esercizio della centrale, invece, è previsto l'impiego di una persona fissa d'alto profilo tecnico, più altro personale (esterno alla Società concessionaria dell'impianto) per l'esecuzione delle manutenzioni ordinarie e programmabili (revisione decennale delle coperture, serramenti e rivestimenti, revisione impermeabilizzazione e drenaggi, ritocchi biennali delle verniciature, ingrassaggio semestrale meccanismi sgrigliatore, revisione quinquennale delle parti elettriche, aggiornamento programmi e assistenza, pulizie generali e controlli carro ponte), dei monitoraggi (che potrebbero essere convenzionati con istituti d'alto livello scientifico, quali quelli universitari) oltre che di quelle straordinarie (connesse, ad esempio, agli eventi di piena e la successiva pulizia e ripristino delle parti meccaniche e idrauliche esterne alla centrale).