

“FAVAZZINA”

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio
ad alta flessibilità

Comune di Scilla (RC)

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE

STRATEGIES FOR WATER



Progettisti: Ing. Luigi Lorenzo Papetti

Relazione tecnica particolareggiata



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	PRIMA EMISSIONE	28/04/2023	E. Marchesi	P. Macchi	L. Papetti
Codice commessa: 1422		Codifica documento: 1422-A-FN-R-01-0			

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	GENERALITÀ – GLI ACCUMULI IDROELETTRICI PER LE ESIGENZE DEL SISTEMA ELETTRICO	4
3	CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL’IMPIANTO	7
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	8
4.1	Opera di presa e restituzione di valle	8
4.2	Pozzo paratoie	8
4.3	Pozzo piezometrico	9
4.4	Vie d’acqua	11
4.5	Centrale in caverna	12
4.6	Sottostazione elettrica	16
4.7	Cunicolo e pozzo sbarre	16
4.8	Bacino di monte	18
4.9	Opera di presa e restituzione del bacino di monte	21
4.10	Sistema di pompaggio per lo svuotamento delle acque al di sotto dell’opera di presa e restituzione di valle	21
4.11	Gallerie d’accesso	22
4.11.1	Galleria d’accesso alla centrale	22
4.11.2	Galleria d’accesso alla sommità del pozzo piezometrico	23
4.11.3	Galleria d’accesso alla volta della centrale in caverna	24
4.11.4	Cunicolo sbarre	24
4.12	Viabilità provvisoria e definitiva	24
5	CRONOPROGRAMMA	25

1 INTRODUZIONE

Scopo dell'iniziativa in progetto è la realizzazione di un sistema di accumulo idroelettrico mediante impianto di pompaggio puro di acqua marina tra il Mar Tirreno e un bacino di nuova realizzazione nel comune di Scilla (RC), più precisamente nella frazione di Favazzina ed in località "Pian della Melia".

L'intervento è ascrivibile alla categoria dei cosiddetti "*impianti di pompaggio puro*", ossia "*impianti che utilizzano apporti naturali che alimentano il bacino superiore inferiori al 5% del volume d'acqua turbinato annualmente*".

In ragione del fatto che il bacino di monte non sbarrava alcun corso d'acqua, non è prevista la definizione di un deflusso minimo vitale per tale bacino.

Si precisa altresì che il funzionamento del sistema di accumulo idroelettrico è assimilabile ad un ciclo chiuso in cui il volume prelevato dal mare viene poi interamente restituito turbinando l'acqua precedentemente pompata nel bacino di monte, escludendo ogni interazione con corpi idrici naturali esistenti. Per tale ragione, nell'ambito della progettazione sono state considerate tutte le misure opportune mirate ad evitare perdite.

Durante la fase di progettazione, si è principalmente tenuto conto dei seguenti fattori: morfologia dell'area, quadro degli interventi esistenti e pianificazione territoriale. Inoltre, particolare attenzione è stata volta alle soluzioni tecnico-impiantistiche necessarie a massimizzare l'efficienza dell'utilizzo della risorsa idrica ai fini di riqualificazione mediante pompaggio.

Nei successivi capitoli verranno analizzati i seguenti aspetti:

- inquadramento generale del ruolo degli accumuli idroelettrici in relazione alle esigenze del sistema elettrico;
- principali caratteristiche dell'impianto di Favazzina;
- stato di fatto delle aree interessate dal progetto;
- realizzazione del progetto.

2 GENERALITÀ – GLI ACCUMULI IDROELETTRICI PER LE ESIGENZE DEL SISTEMA ELETTRICO

Il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), predisposto in attuazione del regolamento europeo sulla governance dell'unione dell'energia e dell'azione per il clima, costituisce lo strumento con il quale ogni Stato, in coerenza con le regole europee vigenti e con i provvedimenti attuativi del pacchetto europeo Energia e Clima 2030, stabilisce i propri contributi agli obiettivi europei al 2030 sull'efficienza energetica e sulle fonti rinnovabili e quali sono i propri obiettivi in tema di sicurezza energetica, mercato unico dell'energia e competitività.

Il PNIEC prevede, fra l'altro, azioni per decarbonizzare il sistema energetico e raggiungere i target previsti al 2030, ovvero:

- 30% quota di energia da FER nei consumi finali lordi di energia (55,4% sui consumi elettrici);
- 43% riduzione dei consumi di energia primaria rispetto allo scenario PRIMES 2007;
- 43% riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS (- 33% sui settori non ETS).

Ad inizio 2022, nell'ambito del pacchetto REPowerEU, l'Unione Europea ha rivisto al rialzo l'obiettivo di energia rinnovabile per il 2030 al 45% per accelerare il processo di transizione energetica.

Il settore della generazione elettrica subirà dunque notevoli cambiamenti in previsione del *phase-out* del carbone e del progressivo incremento della capacità installata di generazione rinnovabile, in particolare non programmabile, per circa 70 GW di nuovi impianti eolici e fotovoltaici al 2030.

La crescente penetrazione delle fonti rinnovabili non programmabili nel sistema elettrico pone una serie di sfide da affrontare affinché il processo di transizione energetica si possa svolgere in maniera decisa ed efficace, mantenendo gli attuali elevati livelli di qualità del servizio.

Le variazioni del contesto (incremento FER e contestuale dismissione di impianti termoelettrici poco efficienti) causano infatti già oggi, e ancor di più in futuro, significativi impatti sulle attività di gestione della rete. Tali impatti sono riconducibili a:

- caratteristiche tecniche degli impianti: gli impianti FER che si collegano alla rete tramite inverter non hanno la medesima capacità delle macchine rotanti di sostenere la stabilità dei parametri fondamentali di rete (frequenza e tensione) e di resistere alle perturbazioni, come ad esempio la perdita improvvisa di impianti di generazione/carico o altri elementi di rete e la riduzione della potenza regolante e dei margini di riserva alla punta, oltre a richiedere una maggiore quantità di risorse rapide di regolazione;
- non programmabilità degli impianti: la produzione di energia elettrica da FER non segue le dinamiche del fabbisogno di energia per il consumo, bensì dinamiche caratteristiche della disponibilità della fonte energetica primaria che sono per loro natura intermittenti. In un sistema elettrico a crescente penetrazione FER tale

caratteristica genera criticità nel bilanciamento tra consumo e produzione a causa della riduzione del numero di risorse in grado di fornire servizi di regolazione, in particolare nei momenti critici per la rete quali picchi e rampe di carico, che aumentano sempre più soprattutto nella fascia serale. Il sistema inoltre è ancor di più a rischio nei periodi in cui la produzione da FER supera il fabbisogno di energia elettrica (*overgeneration*), soprattutto nelle ore centrali della giornata quando il solare arriva al suo picco di produzione, con conseguente necessità di disporre di adeguata capacità di accumulo al fine di non dover ricorrere al taglio dell'energia prodotta;

- localizzazione degli impianti: gli impianti FER, in particolare l'eolico, sono spesso localizzati lontani dai centri di consumo, causando un aumento delle situazioni di congestione sulla rete di trasmissione, specialmente da Sud verso Nord.

Terna S.p.A., (Terna) ritiene indispensabile la realizzazione di ulteriore capacità di accumulo idroelettrico e/o elettrochimico in grado di contribuire alla sicurezza e all'inerzia del sistema attraverso la fornitura di servizi di rete (regolazione di tensione e frequenza) e di garantire la possibilità di immagazzinare l'energia prodotta da fonti rinnovabili non programmabili quando questa è in eccesso rispetto alla domanda o alle capacità fisiche di trasporto della rete, minimizzando/eliminando le inevitabili situazioni di congestione; un maggior apporto di accumulo, segnatamente accumulo idroelettrico, è indispensabile per un funzionamento del sistema elettrico efficiente ed in sicurezza.

Per sopperire a queste criticità, il PNIEC prevedeva la necessità di sviluppare 3 GW di accumulo idroelettrico e 3 GW di accumulo elettrochimico soprattutto al Centro, al Sud Italia e nelle Isole dove è più intenso lo sviluppo delle rinnovabili ed è minore la capacità di accumulo. I più recenti scenari delineati da Terna e Snam hanno rivisto la capacità di accumulo necessaria al 2030 in 8,9 GW di impianti c.d. utility-scale, nello specifico pompaggi idroelettrici e accumuli elettrochimici con $E/P=8h$.

In particolare, gli impianti di pompaggio, soprattutto ad alta flessibilità come quello in progetto, costituiscono una risorsa strategica per il sistema elettrico, stante la capacità di fornire servizi pregiati di regolazione di frequenza e tensione, nonché di fornire un contributo significativo all'inerzia del sistema, potendo quindi contribuire significativamente in termini di adeguatezza, qualità e sicurezza del sistema elettrico nazionale.

Nel presente progetto è stata adottata la configurazione di macchine idrauliche che garantisce, ad oggi, la massima flessibilità: il gruppo ternario con possibilità di funzionamento in corto-circuito idraulico. Questa tipologia di gruppo è composta essenzialmente da una pompa, una macchina elettrica funzionante sia come generatore che come motore ed una turbina sullo stesso asse. Ogni macchinario di questo gruppo ruota sempre nello stesso senso, sia in fase di generazione che di pompaggio, e pertanto i tempi di transizione tra le due fasi sono sensibilmente inferiori al più comune sistema alternativo, ossia i gruppi binari (in cui vi è un'unica macchina idraulica che funge da turbina se ruota in un senso e da pompa se ruota nel senso opposto). Inoltre, il funzionamento in corto-circuito idraulico consente il funzionamento simultaneo di pompa e turbina, ed una rapida

regolazione della ripartizione delle portate tra queste due macchine: in questo modo è possibile sfruttare un più ampio ventaglio di potenze, sia in fase di generazione che di pompaggio, al cui interno è possibile muoversi nei minimi tempi possibili per gli impianti di pompaggio.

Il pompaggio fornirà anche servizi che saranno essenziali per garantire la corretta integrazione delle rinnovabili, assorbendo parte dell'*overgeneration* nelle ore centrali della giornata e producendo energia in corrispondenza della rampa di carico serale in cui il sistema si trova in assenza di risorse (coprendo quindi il fabbisogno nelle ore di alto carico e scarso apporto di solare/eolico). Il pompaggio potrà così contribuire anche alla riduzione del *curtailment* e delle congestioni di rete.

3 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'IMPIANTO

In Tabella 1 sono indicate le principali caratteristiche dell'impianto di Favazzina:

Grandezza	Valore	Unità di misura
Volume utile del bacino di monte	~ 1.100.000	m ³
Quota di massimo invaso del bacino di monte	631,37	m s.l.m.
Quota di massima regolazione del bacino di monte	631,00	m s.l.m.
Quota di minima regolazione del bacino di monte	615,00	m s.l.m.
Quota del mare media	0,00	m s.l.m.
Dislivello medio tra il bacino di monte ed il mare	~ 620	m
Ore di generazione minime consecutive a massima potenza	~ 8,0	h
Ore di pompaggio minime consecutive a massima potenza	~ 8,0	h
Salto netto massimo in fase di generazione	~ 620	m
Salto netto medio in fase di generazione	~ 610	m
Salto netto minimo in fase di generazione	~ 600	m
Prevalenza netta massima in fase di pompaggio	~ 650	m
Prevalenza netta media in fase di pompaggio	~ 640	m
Prevalenza netta minima in fase di pompaggio	~ 630	m
Portata massima in fase di generazione	~ 47	m ³ /s
Portata massima in fase di pompaggio	~ 47	m ³ /s
Potenza massima in fase di generazione*	~ 255	MW
Potenza massima in fase di pompaggio*	~ 325	MW
Diametro della galleria di aspirazione-scarico	4.200	mm
Diametro della condotta forzata	4.200	mm
Lunghezza totale dell'asse delle vie d'acqua	~ 5.000	m
Diametro pozzo piezometrico	10	m
Altezza pozzo piezometrico	70	m

Tabella 1 - Caratteristiche principali dell'impianto (*le potenze si intendono ai morsetti dei motori-generatori)

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

4.1 OPERA DI PRESA E RESTITUZIONE DI VALLE

L'opera di presa e restituzione di valle (a mare) è posta circa 520 m a nord ovest dell'abitato di Favazzina in fregio alla barriera radente che orla il litorale per 3,2 km a protezione della ferrovia tratto Battipaglia-Reggio Calabria che corre parallela rispetto alla SS18. Essa ha lo scopo di prelevare e restituire dal mare una portata massima di circa 47 m³/s. I cicli di prelievo e restituzione di volumi d'acqua dal mare (accumulati temporaneamente nel bacino di monte descritto al § 4.8) avranno indicativamente cadenza giornaliera.

La posizione e le dimensioni dell'opera è stata definita a seguito di un rilievo batimetrico. L'opera di presa è costituita da una vasca rettangolare avente dimensioni in pianta di 10 x 20 m e profondità di 8,5 m, in cui termina la galleria idraulica (a sezione circolare ed avente diametro interno di 4,2 m) descritta al § 4.4.

Al di sopra di questa vasca in calcestruzzo armato è prevista la posa di tetrapodi (che emergono per circa 1,2 m dal livello del mare).

L'opera di presa è inserita all'interno di un "bacino di calma", delimitato da un frangiflutti avente uno sviluppo ad arco di circa 250 m costituito da massi di 4^a categoria in scogli naturali. Questo frangiflutti ha la funzione di proteggere l'opera di presa da eventi meteo-marini intensi, e di inibire l'accesso a natanti. Il paramento verso largo ha inclinazione 1:2 mentre quello verso terra ha una pendenza di 2:3. Il coronamento ha una larghezza ipotizzata pari a 5 m ed è posto ad una quota di 5,00 m s.l.m.

La sezione longitudinale dell'opera di presa e restituzione di valle è riportata in Figura 1.

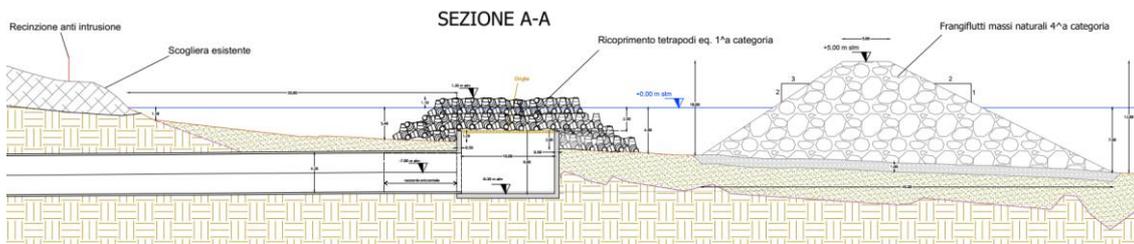


Figura 1 – Sezione longitudinale dell'opera di presa e restituzione di valle

4.2 POZZO PARATOIE

Circa 150 m a monte dall'imbocco dell'opera di presa di valle è collocata la camera paratoie, costituita da un pozzo verticale profondo circa 17 m ed avente diametro interno di 7 m. Nella parte inferiore del pozzo, è previsto l'alloggiamento di due paratoie piane in serie, a cassa stagna con tenuta sui quattro lati (di dimensioni pari 3,0 x 4,2 m), e la relativa quadristica elettrica. Una paratoia serve durante il normale esercizio dell'impianto, mentre l'altra è ausiliaria. Il compito delle paratoie è quello di disconnettere idraulicamente le vie d'acqua dal mare. Considerando che la paratoia sarà a contatto con acqua marina, sarà costituito da acciaio inossidabile (ad esempio AISI 316).

All'interno del pozzo sono contenuti scale di accesso destinate agli operatori (per ispezioni e manutenzioni) e un aeroforo avente diametro di 0,5 m.

Alla sommità del pozzo paratoie è prevista una botola per consentire la rimozione delle paratoie ed una porta per l'accesso del personale.

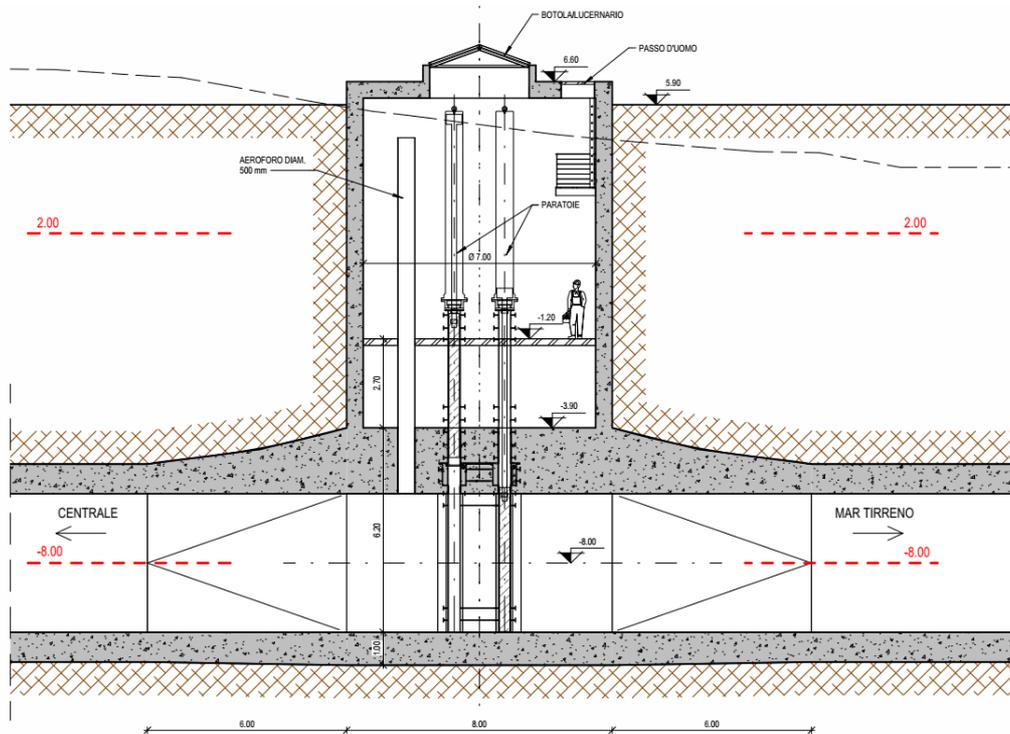


Figura 2 – Sezione del pozzo paratoie

4.3 POZZO PIEZOMETRICO

Il pozzo piezometrico è previsto al fine di migliorare il comportamento dell'impianto durante i transitori di moto vario (che si verifica continuamente in impianti di pompaggio come quello in questione), onde limitare le sovrappressioni causate dal colpo d'ariete nel canale di scarico (specialmente nel tratto che va dal pozzo all'opera di presa), e di permettere infine una migliore regolazione generale dell'impianto.

Il pozzo, rivestito di calcestruzzo armato, sarà completamente realizzato in sotterraneo, la quota della calotta della camera sommitale si posizionerà a circa 50 m s.l.m. (ovvero a ~575 m sotto p.c.). La realizzazione del pozzo piezometrico, con diametro interno di 10 m ed altezza approssimativa di 70,00 m, è prevista a circa 120 m a valle della centrale in caverna; questa struttura sarà inoltre dotata alla base di una strozzatura di diametro 1,8 m (Figura 3). La strozzatura sarà connessa al canale di aspirazione-scarico descritto al paragrafo § 4.4. Presso la sommità del pozzo è prevista una camera avente dimensioni in pianta di 17,6 x 23,6 m ed una altezza al colmo della volta di 13 m. L'accesso a tale camera, necessario agli operatori in caso di ispezione/manutenzione, sarà garantito tramite una galleria (§ 4.11.2) collegata alla galleria d'accesso alla centrale (§ 4.11.1), la quale fungerà anche da condotto d'aerazione.

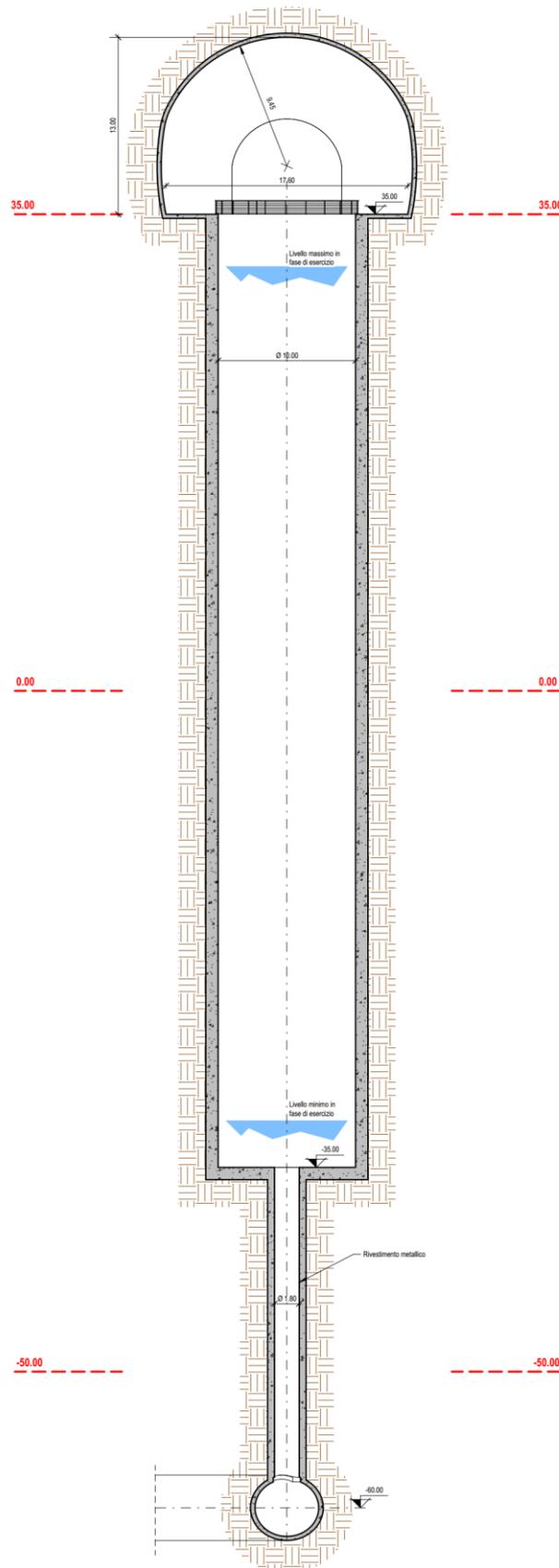


Figura 3 - Sezione del pozzo piezometrico

4.4 VIE D'ACQUA

Dall'opera di presa (pozzo verticale) presso il bacino di monte, passando per la centrale in caverna, fino all'opera di presa di valle, è prevista la realizzazione di una via d'acqua sotterranea avente sezione circolare e diametro interno di 4,2 m. In prossimità della centrale saranno tuttavia presenti delle biforcazioni che consentiranno di alimentare i due gruppi ternari installati. Tale condotta ha una lunghezza di circa 5 km, e può essere suddivisa essenzialmente nei seguenti tratti:

- tratto verticale (opera di presa di monte) lungo circa 670 m, rivestito con virole metalliche realizzate in acciaio Super Duplex (Alloy 32750), che offre un'ottima resistenza alla tensocorrosione in ambienti di depositi di cloruro ed elevata resistenza alla corrosione generale; sono tipicamente utilizzati in applicazioni marittime. Le virole verranno intasate con calcestruzzo. La condotta forzata è stata dimensionata affinché le virole metalliche siano autoresistenti, capaci di resistere alle sovrappressioni previste in fase di esercizio senza necessitare della collaborazione del calcestruzzo circostante nei tratti in cui è essa è inghisata;
- tratto orizzontale lungo circa 160 m in cui la condotta principale subisce due serie di biforcazioni (necessarie per la connessione con le quattro macchine idrauliche previste in centrale: n. 2 turbine e n. 2 pompe), e due serie di raccordi.
In particolare, da monte verso valle la condotta si biforca in due condotte metalliche poggiate su selle DN 3.700 mm, che a loro volta si biforcano in condotte metalliche poggiate su selle DN 1.900 mm per le turbine e DN 1.800. Anche queste condotte saranno realizzate in acciaio Super Duplex (Alloy 32750);
A valle delle macchine idrauliche sono state previste gallerie rivestite di calcestruzzo armato, che dopo due serie di raccordi si ricongiungono in un'unica galleria avente DN 4.200 mm;
- tratto orizzontale lungo circa 80 m (che contiene il collegamento con la strozzatura del pozzo piezometrico), a sezione circolare (avente diametro interno di 4.200 mm) rivestita in calcestruzzo armato;
- tratto obliquo lungo circa 3.900 m con pendenza pari all'1,3% circa, a sezione circolare (avente diametro interno di 4,2 m) rivestita in calcestruzzo armato; si riporta la sezione tipo di tale tratto (quello più esteso) in Figura 4;
- tratto orizzontale lungo circa 200 m, a sezione circolare (avente diametro interno di 4.200 mm) rivestita in calcestruzzo armato, lungo il quale è presente il pozzo paratoie e che termina con l'opera di presa a mare (di valle).

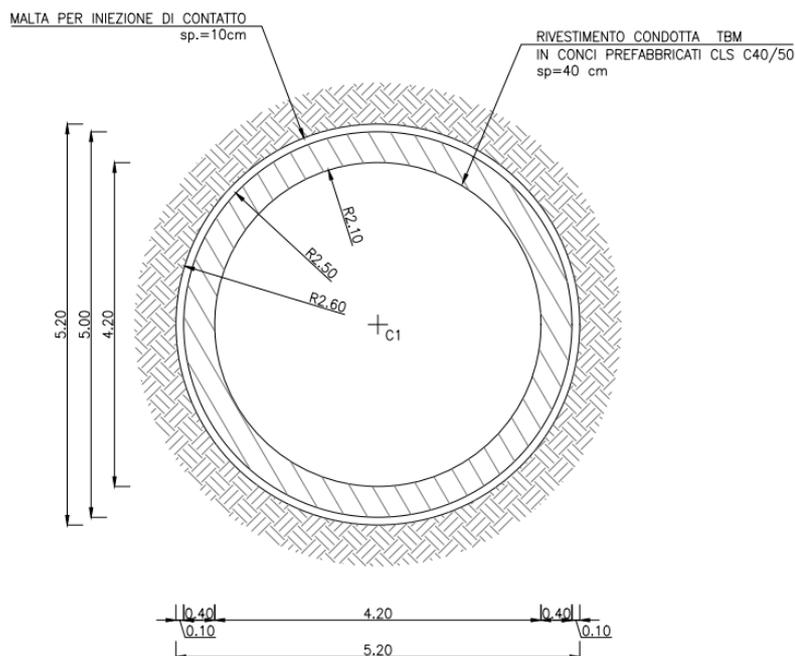


Figura 4 - Sezione tipo della via d'acqua a valle della centrale

4.5 CENTRALE IN CAVERNA

Per poter garantire la sufficiente sommersenza alle pompe, e dunque il funzionamento in piena sicurezza dell'impianto di pompaggio, è stata prevista la realizzazione di una centrale in caverna in cui alloggiare le macchine idrauliche (i cui assi sono posti a quota -60 m s.l.m.).

Il piano principale di lavoro è a quota -61,00 m s.l.m., ad una profondità di circa 700 m dal piano campagna; il corpo della caverna ha un'altezza di circa 30 m, come rappresentato in Figura 5 (con soffitto a volta), ed ha una pianta di 118 x 22,5 m (Figura 6). L'accesso a questa centrale è consentito tramite la galleria descritta al § 4.11.1.

All'interno della centrale sono alloggiati due gruppi ternari ad asse orizzontale (con turbina di tipo Francis). Un gruppo ternario è sostanzialmente costituito dalla disposizione su un unico asse orizzontale di cinque componenti: una turbina, una macchina elettrica che funge sia da generatore che motore, una pompa, un giunto tra la turbina ed il motore-generatore, ed un convertitore di coppia tra la pompa ed il motore-generatore. È prevista l'installazione di un sistema di organi tale per cui sia possibile il funzionamento in cortocircuito idraulico, che consente la regolazione della potenza assorbita dalla rete su tutto l'intervallo di funzionamento in pompaggio dell'impianto e consente altresì minimi intervalli di tempo necessario per la transizione tra la fase di generazione e quella di pompaggio. In particolare, sono previsti sistemi di intercettazione di monte e di valle delle macchine idrauliche, in modo da consentirne la manutenzione senza la necessità di svuotare il bacino di monte e le vie d'acqua. Tale funzione di intercettazione sarà svolta da n.4 valvole rotative, a monte delle macchine, e n.4 paratoie piane, a valle delle macchine tutte azionate oleodinamicamente (Figura 6). In Figura 5 sono riportate due sezioni della centrale, in corrispondenza della turbina e della pompa.

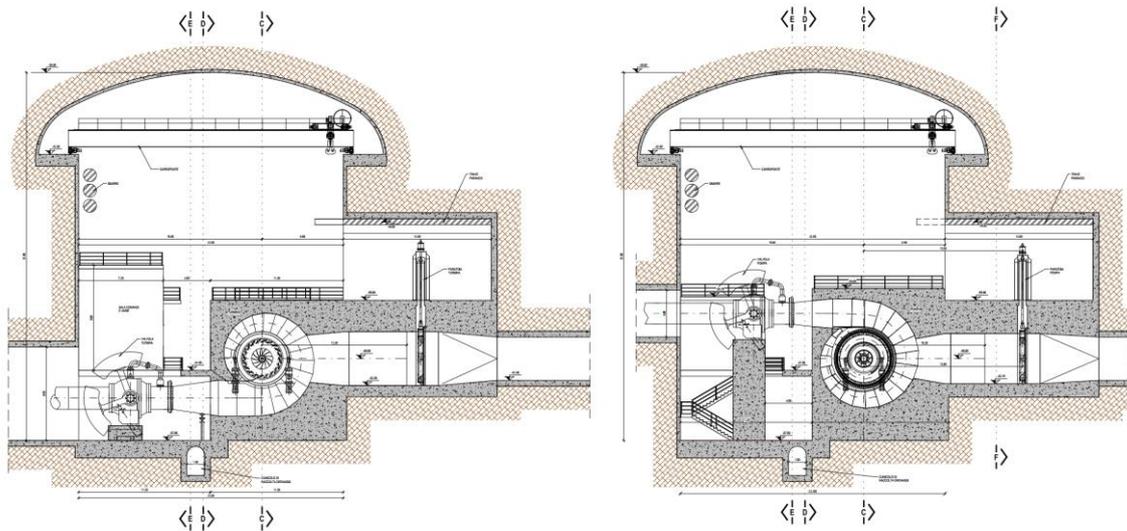


Figura 5 – Sezione della centrale in corrispondenza della turbina (sx) e della pompa (dx)

Grandezza	Valore	Unità di misura
Quota asse macchine	-60	m s.l.m.
Velocità nominale	500	giri/minuto
Tensione	13,8	kV
Frequenza	50	Hz
Portata massima in fase di generazione	23,5	m ³ /s
Portata massima in fase di pompaggio	23,5	m ³ /s
cos(ϕ)	0,85	-
Potenza massima in fase di generazione (ai morsetti del generatore)	128	MW
Potenza massima in fase di pompaggio (ai morsetti del motore)	163	MW
Potenza apparente dei generatori-motori	200	MVA

Tabella 2 - Caratteristiche principali del SINGOLO GRUPPO TERNARIO

Si prevede di realizzare all'ingresso della caverna della centrale un'area di lavoro sufficientemente ampia da consentire l'assemblaggio (*erection bay* di 21 x 22,5 m) in sito dei gruppi ternari, oltre che costituire lo spazio di manovra per i mezzi.

All'interno della caverna, si prevede l'installazione di due carriponte, aventi luci di 22,5 m e portata di 200 t, capaci di scorrere lungo tutto il corpo della centrale, in modo da consentire il montaggio delle macchine idrauliche ed elettriche nonché per la movimentazione dei macchinari in occasione di interventi di manutenzione.

All'interno della centrale saranno inoltre presenti la quadristica elettrica di controllo, di potenza e l'impiantistica ausiliaria (e.g., impianti di raffreddamento, aerazione, condizionamento, aggotamento delle acque di drenaggio, etc.). In particolare, per quanto riguarda le acque di drenaggio afferenti la centrale e per lo svuotamento dei volumi d'acqua contenuti nelle vie d'acqua al di sotto della quota dell'opera di presa di valle (che

non possono essere svuotate per gravità), è prevista l'installazione di un sistema che consente di pompare i volumi d'acqua al di fuori della galleria d'accesso alla centrale (§ 4.11.1), restituendo le acque a mare. È inoltre stato progettato, in via cautelativa, un sistema di *bypass* (regolato da una valvola dissipatrice che funziona sia elettricamente che manualmente) che consente di svuotare -in caso d'emergenza- i volumi d'acqua presenti nel bacino di monte anche in caso di mancanza di elettricità.

Per l'approvvigionamento idro-potabile, si prevede l'allacciamento alla rete acquedottistica comunale, mentre per lo smaltimento delle acque nere verranno utilizzate fosse settiche.

La centrale sarà organizzata in modo che il suo funzionamento possa essere controllato in piena sicurezza da remoto, senza dunque necessitare di un presidio permanente.

Dalla centrale in caverna è possibile accedere (tramite due gallerie che ospitano i tratti di condotta aventi diametro DN 3.700 mm), ad una camera che ospita la biforcazione della condotta forzata (Figura 7).

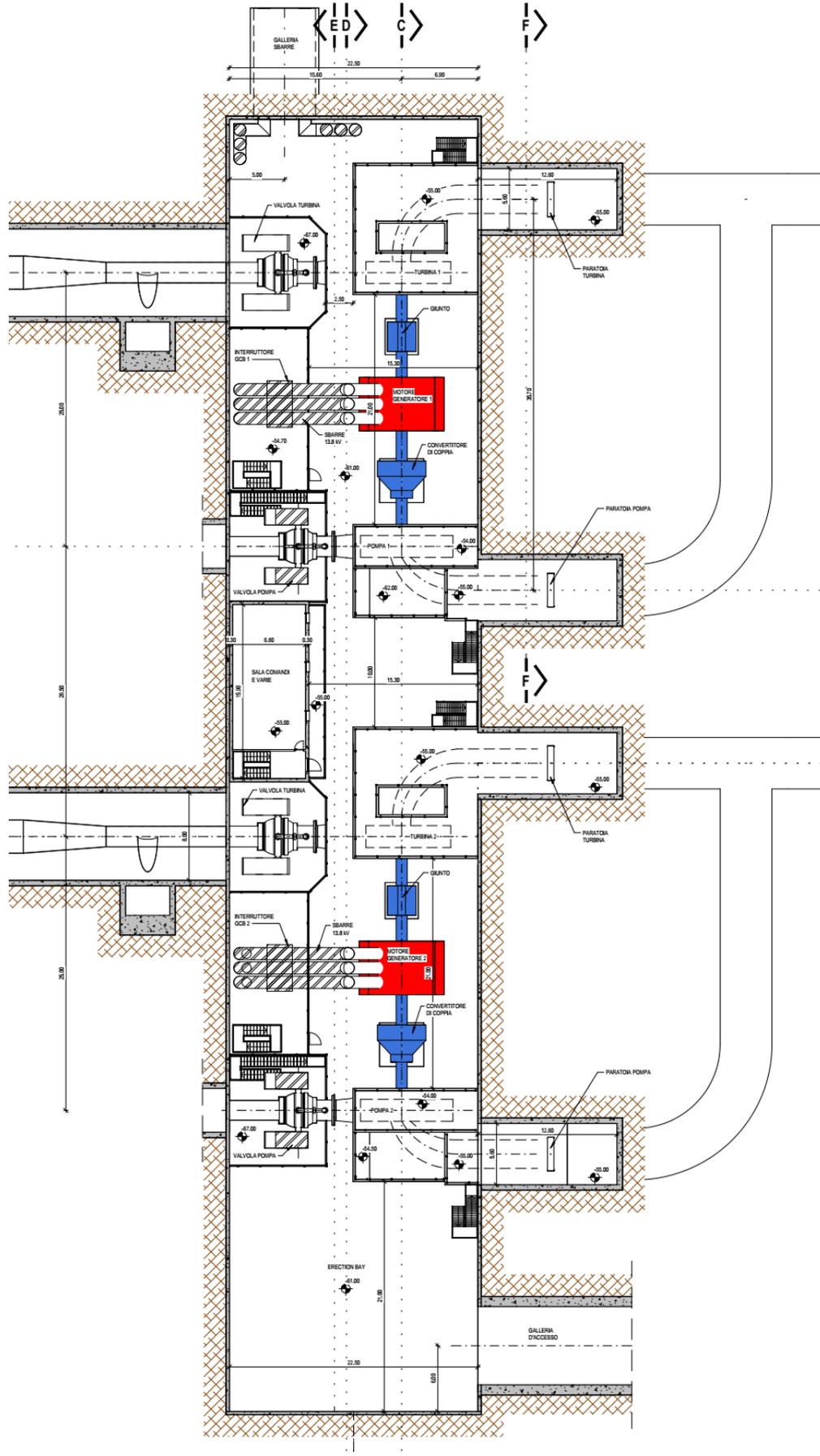


Figura 6 – Pianta della centrale – dettaglio della sala macchine

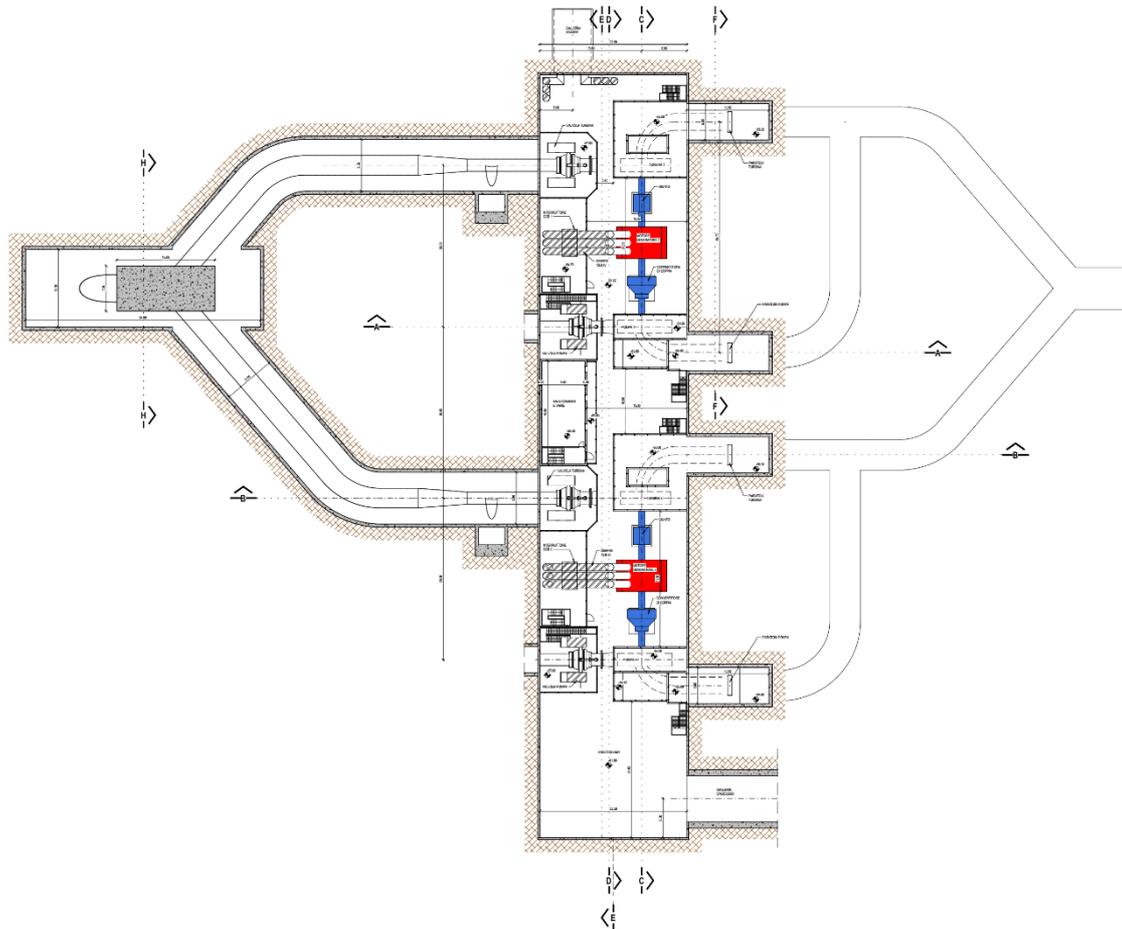


Figura 7 – Pianta della centrale e biforcazioni di monte e di valle

4.6 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

Ad ovest del bacino di monte (si veda la Figura 10), in corrispondenza di un'area pianeggiante di circa 6.000 m², è prevista l'installazione della sottostazione elettrica di tipo GIS, in cui sono collocati due trasformatori elevatori e le apparecchiature elettriche ausiliarie (e.g., interruttori, sezionatori, TA e TV, etc.). Dalla sottostazione partirà una linea interrata a 380 kV che si collegherà alla stazione elettrica TERNA di Scilla (posta a circa 100 m in direzione nord-ovest).

4.7 CUNICOLO E POZZO SBARRE

Le sbarre in media tensione che collegano i motori-generatori della centrale in caverna ed i trasformatori della sottostazione elettrica seguono il percorso seguente:

- partendo dalla centrale in caverna, le sbarre sono alloggiare all'interno di un apposito cunicolo, che diparte dal lato corto della centrale (quello opposto all'area in cui si prevede l'*erection bay*), lungo circa 200 m e con pendenza del 10 % circa;
- al termine del cunicolo, le sbarre curvano verso l'alto e sono installate all'interno di un pozzo verticale avente diametro interno di 7 m, profondo circa 650 m; la sommità di tale pozzo termina all'interno dell'area dedicata alla sottostazione elettrica.

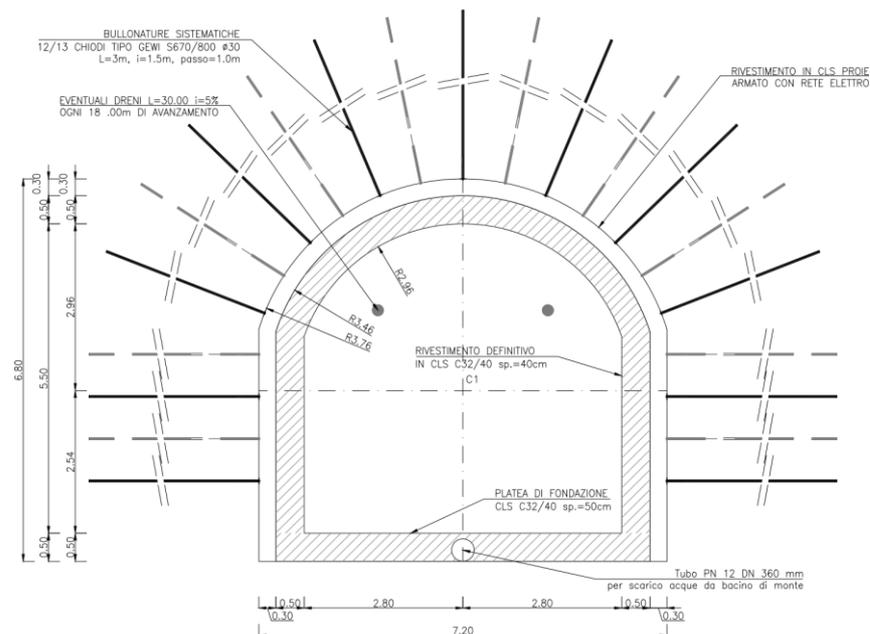


Figura 9 - Sezione tipo GS1 del cunicolo sbarre

4.8 BACINO DI MONTE

È prevista la realizzazione di un bacino artificiale, ricavato tramite scavo e creazione di un rilevato costituito in parte da materiale derivante dagli scavi delle opere sotterranee ed in parte da materiale di scavo del bacino di monte. L'ubicazione del bacino è posta in corrispondenza di un altopiano, a quota di circa 630 m s.l.m., in località "Pian della Melia" ad una distanza di circa 2 km dalla costa ed a 3 km a SE dal centro abitato di Scilla.

La posizione e la dimensione dell'invaso è stata studiata in modo da rispettare vincoli esistenti ed ottimizzare più aspetti, tra cui la compatibilità ambientale e la potenza dell'impianto.

In Figura 10 è rappresentato il *layout* del bacino. Per le scarpate degli scavi e dei paramenti interni/esterni del rilevato è stata adottata una scarpa di 2,8/1. L'altezza massima dei paramenti interni è di circa 21 m (definita come differenza tra la quota del coronamento ed il punto più depresso del fondo del bacino), mentre l'altezza massima del paramento esterno è di circa 25 m.

Gli scavi del fondo hanno pendenze variabili ma in genere modeste o nulle.

Il coronamento del bacino, di perimetro 1.370 m, è largo 6 m e sarà possibile raggiungerlo mediante una pista che risale il paramento esterno del rilevato che verrà connessa alla viabilità esistente. La suddetta via di accesso è ubicata sul fianco meridionale del bacino, dove l'altezza del rilevato è minima (circa 4 m) poi, una volta raggiunto il coronamento, proseguirà lungo il paramento interno fino a raggiungere il fondo del bacino in prossimità dell'opera di presa di monte.

Il franco è stato calcolato secondo la normativa vigente (D.M. del 26/06/2014) ed è pari a 1,93 m. Inoltre, lungo il coronamento è stato previsto un muro paraonde di 0,5 m di

altezza). Per i dettagli del calcolo del franco, si rimanda alla *Relazione Idraulica* (doc. ref. 1422-A-FN-R-05-0).

Il bacino sarà impermeabilizzato mediante un geocomposito conforme al bollettino ICOLD 135 (maggio 2010), posato su di un sottofondo drenante compattato di 75 cm. Al di sopra del geocomposito posto è prevista la stesa di uno strato di 25 cm di protezione di ghiaia.

Le perdite del manto, eventuali e prevedibilmente modeste o nulle, verranno convogliate mediante lo strato di sottofondo della membrana fino al cunicolo di ispezione e drenaggio. Per evitare la contaminazione della falda all'interno del corpo diga con acqua salata si è provveduto a confinare lo strato di sottofondo della geomembrana con un secondo dispositivo impermeabile, costituito da HDPE.

Queste perdite sono convogliate nel cunicolo di ispezione e drenaggio mediante tubazioni poste a intervalli di 10 metri, che attraversano il calcestruzzo del cunicolo di ispezione e drenaggio ed afferiscono ad una canaletta di drenaggio aperta.

È inoltre prevista una depressione locale, di profondità pari a circa 2,5 m, in corrispondenza dell'imbocco dell'opera di presa e restituzione. Tale depressione, in corrispondenza della quale viene prevista una platea in calcestruzzo, permette di garantire la corretta sommergenza dell'imbocco della condotta di presa.

Le principali caratteristiche geometriche del bacino di monte sono riassunte in Tabella 3:

Grandezza	Valore	Unità di misura
Volume utile di regolazione	~ 1.100.000	m ³
Volume di invaso	~ 1.150.000	m ³
Volume totale d'invaso	~ 1.200.000	m ³
Perimetro coronamento	1.370	m
Larghezza coronamento	6	m
Superficie liquida alla quota di min. regolazione	~ 43.000	m ²
Superficie liquida alla quota di max. regolazione	~ 98.000	m ²
Superficie liquida alla quota di massimo invaso	~ 99.000	m ²
Altezza massima diga (lato esterno)	25,00	m
Altezza massima diga (lato interno)	20,80	m
Quota di fondo dell'invaso	614,75	m s.l.m.
Quota di minima regolazione	615,00	m s.l.m.
Quota di massima regolazione	631,00	m s.l.m.
Quota di massimo invaso	631,37	m s.l.m.
Quota del coronamento	633,30	m s.l.m.
Escursione giornaliera	15,95	m
Franco	1,93	m

Tabella 3 - Caratteristiche principali del bacino artificiale di monte

Sul lato ovest del paramento esterno della diga si prevede di allocare parte del materiale in esubero derivante dagli scavi per la realizzazione del bacino (costituito prevalentemente da depositi alluvionali e colluviali terrazzati). Si prevede di distribuire il materiale in modo tale da avere una scarpata a pendenza costante, raccordando il coronamento alla topografia esistente.

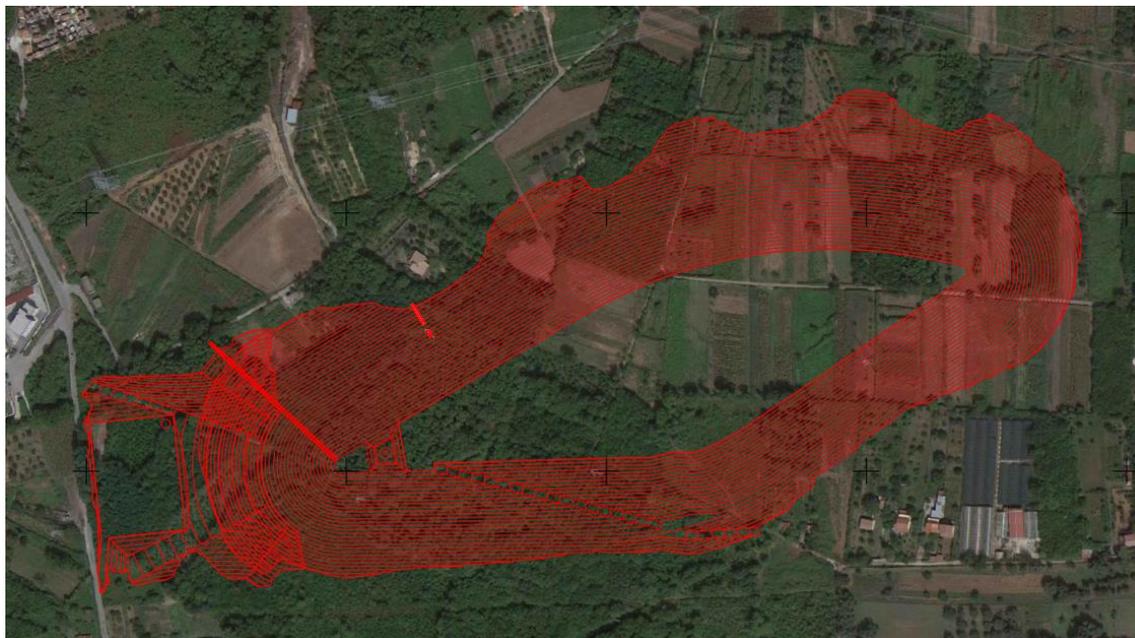


Figura 10 - Planimetria del bacino di monte

Sul lato nord-ovest del bacino di monte è previsto uno sfioratore di superficie largo 4 m, progettato come opera di sicurezza in caso estremo, con soglia posta 25 cm sopra la quota di massima regolazione (ossia a 631,25 m s.l.m.). Ponendo la soglia dello sfioratore 25 cm al di sopra della quota di massima regolazione l'evento estremo potrebbe accadere nel caso in cui si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni:

- il bacino di monte è riempito fino alla quota di massima regolazione;
- l'impianto non è in grado di poter attivare le macchine in maniera tale da restituire a mare parte del volume accumulato nel bacino di monte;
- si verifichi un evento di pioggia con tempo di ritorno di 3.000 anni;
- l'intensità e la direzione del vento sono tali da creare un sovrizzo di almeno 25 cm in corrispondenza dello sfioratore.

La portata massima transitante attraverso tale sfioratore è pari a 0,28 m³/s (per il calcolo, si rimanda alla *Relazione Idraulica*, doc. ref. 1422-A-FN-R-05-0). Si prevede la realizzazione di un opportuno sistema di convogliamento delle acque capace di smaltire in sicurezza questa modesta portata convogliandola a valle dei gruppi ternari (tramite la condotta avente diametro nominale di circa 350 mm citata al § 4.7). All'interno di questa condotta saranno anche convogliate le acque di drenaggio interne del bacino di monte, raccolte in un cunicolo di drenaggio posto alla base del paramento interno del bacino. Tale cunicolo sarà accessibile tramite un accesso posto nell'area nord-ovest del bacino.

4.9 OPERA DI PRESA E RESTITUZIONE DEL BACINO DI MONTE

Presso il bacino di monte si prevede la realizzazione di un'opera di presa e restituzione a calice (Figura 10 e Figura 11). Tale manufatto è costituito da una soglia di calcestruzzo di forma circolare, con diametro in sommità pari a 8 m, che convoglia le acque all'interno di una struttura verticale di diametro interno variabile, rastremando fino al raggiungimento del diametro della condotta forzata (4,20 m).

Affinché sia garantita una corretta sommergenza alla presa, è stata imposta una differenza di 1,5 m tra la quota di minima regolazione del bacino e la quota del ciglio del calice. Si rimanda alla *relazione idraulica* (doc. ref. 1422-A-FN-R-05-0) per il dimensionamento di tale manufatto.

L'opera di presa è ubicata in una depressione locale del fondo del bacino di monte, in cui si prevede di mantenere il livello del fondo del bacino a quota costante, ossia 1,00 m al di sotto del ciglio dell'opera.

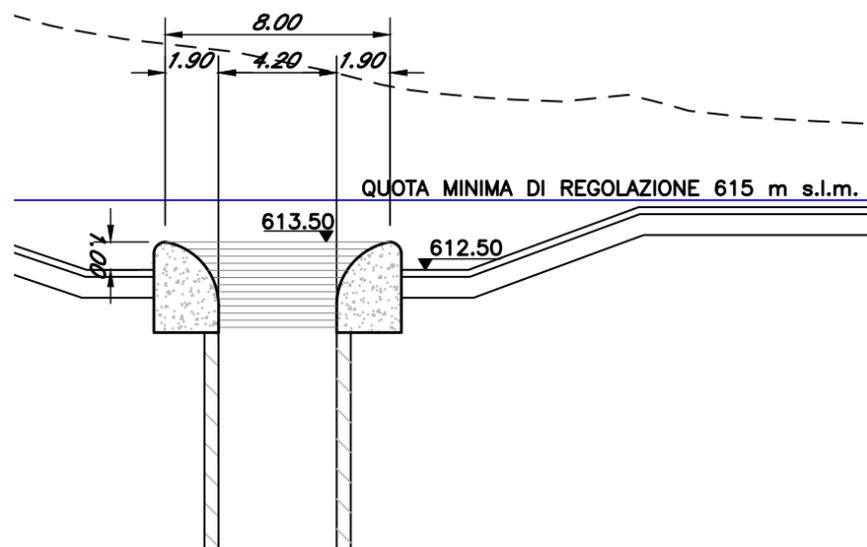


Figura 11 - Sezione longitudinale dell'opera di presa e restituzione di monte

4.10 SISTEMA DI POMPAGGIO PER LO SVUOTAMENTO DELLE ACQUE AL DI SOTTO DELL'OPERA DI PRESA E RESTITUZIONE DI VALLE

Dall'interno della centrale parte un sistema di pompaggio (aggottamento acque) che ha lo scopo di convogliare all'esterno dell'impianto i volumi d'acqua al di sotto della quota dell'opera di presa e restituzione di valle; tale operazione si rende necessario in caso di ispezioni alle vie d'acqua o manutenzioni sulle valvole a sfera o le paratoie piane presenti in centrale.

Si prevede dunque la realizzazione di un sistema di convogliamento all'interno della centrale (dotato di opportune valvole dissipatrici) che raccoglie le acque dal canale di scarico, dalla condotta forzata e dalle macchine e le incanala in una tubazione metallica di diametro nominale DN 1.000 mm, alloggiata all'interno della galleria d'accesso alla centrale e che termina in prossimità del portale d'ingresso; il tratto finale sarà parzialmente

interrato e terminerà all'interno del pozzo paratoie, in modo tale da convogliare le acque direttamente nella galleria idraulica posta a valle del pozzo paratoie.

Tale condotta può anche essere utilizzata come percorso alternativo alle turbine per lo svuotamento del bacino di monte (nel caso remoto in cui ci sia la contemporanea necessità di svuotare il bacino di monte e l'impossibilità di utilizzare entrambe le turbine). Pertanto, si rende indispensabile l'installazione di valvole dissipatrici, attraverso cui poter regolare l'effluo in uscita in modo tale da consentire di svuotare il 75% del volume d'invaso di monte in 3 giorni.

4.11 GALLERIE D'ACCESSO

4.11.1 GALLERIA D'ACCESSO ALLA CENTRALE

L'accesso alla centrale in caverna è reso possibile tramite una galleria lunga circa 4,2 km e con pendenza massima pari a circa 4 %. A seconda delle condizioni dell'ammasso roccioso incontrato verranno adottate sezione tipo adeguate, e se ne riporta un esempio in Figura 12 (sezione tipo prevista per i casi in cui l'ammasso roccioso si presenta più integro e con parametri riconducibili a quelli ipotizzati per le condizioni medie dell'ammasso).

All'interno della galleria è inoltre previsto l'alloggiamento dei vari sottoservizi (i.e., illuminazione, approvvigionamento idrico, drenaggio, svuotamento delle vie d'acqua dell'impianto).

Il portale d'ingresso è ubicato in corrispondenza un'area agricola compresa tra la strada SS18 e la ferrovia che costeggia il mare, con quota d'ingresso pari a circa 0 m s.l.m. Tale area sarà adeguata tramite la realizzazione di un apposito piazzale, di cui si mostra una planimetria in Figura 13. Il piazzale avrà una quota variabile (che scende dall'ingresso posto ad Est verso Ovest), e raggiunge circa i 0 m s.l.m. in corrispondenza dell'imbocco della galleria d'accesso.

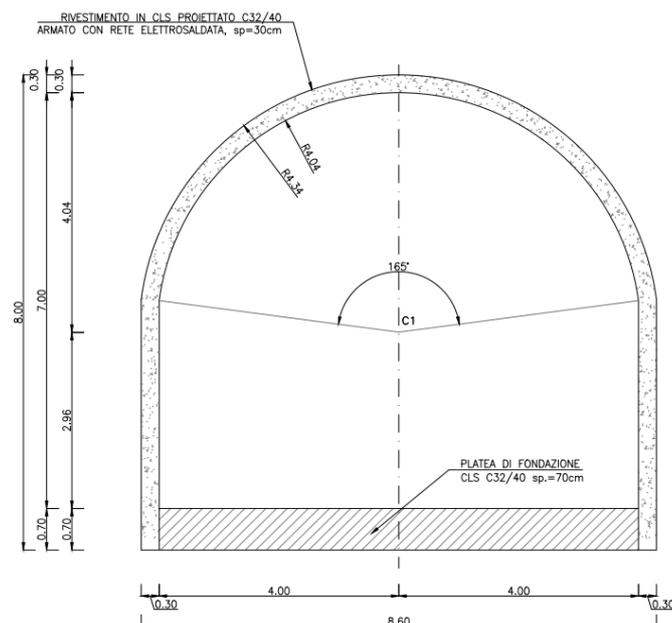


Figura 12 - Sezione tipo GA 1 della galleria di accesso alla centrale



Figura 13 - Planimetria del piazzale posto all'imbocco della galleria d'accesso

4.11.2 GALLERIA D'ACCESSO ALLA SOMMITÀ DEL POZZO PIEZOMETRICO

Tale galleria ha inizio dalla galleria d'accesso alla centrale, e termina presso la camera superiore del pozzo piezometrico; la galleria è lunga circa 800 m, con pendenza massima pari al 10 %; A seconda delle condizioni dell'ammasso roccioso incontrato verranno adottate sezione tipo adeguate, e se ne presenta un esempio in Figura 14 (sezione tipo prevista per i casi in cui l'ammasso roccioso si presenta più integro e con parametri riconducibili a quelli ipotizzati per le condizioni medie dell'ammasso).

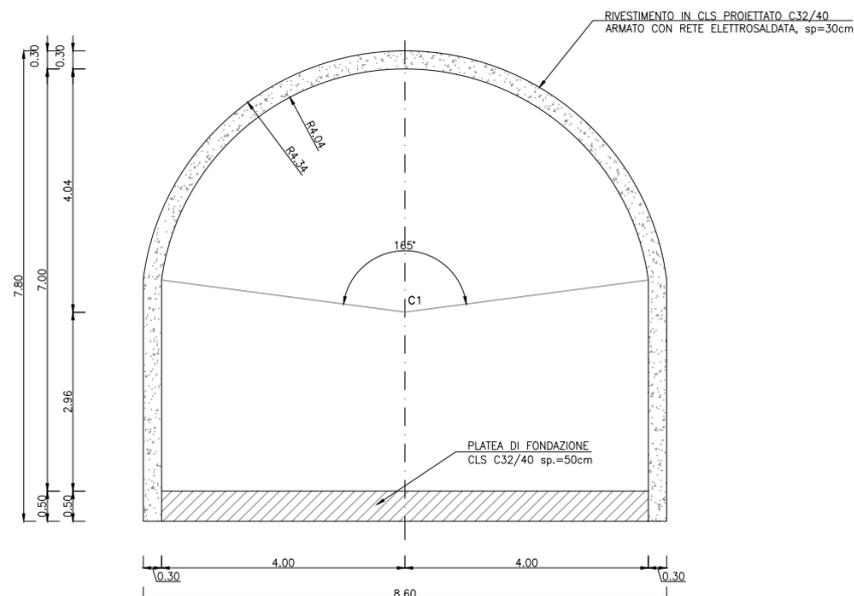


Figura 14 - Sezione tipo Gpz 1 della galleria di accesso al pozzo piezometrico

4.11.3 GALLERIA D'ACCESSO ALLA VOLTA DELLA CENTRALE IN CAVERNA

Tale galleria ha inizio dalla caverna posta alla base del pozzo sbarre, e termina presso la volta della centrale in caverna; la galleria è lunga circa 200 m, è orizzontale, e presenta la stessa sezione tipo della galleria d'accesso al pozzo piezometrico (riportata in Figura 14).

Quest'opera è necessaria per la realizzazione dello scavo della caverna della centrale.

4.11.4 CUNICOLO SBARRE

Tale galleria ha inizio dalla caverna posta alla base del pozzo sbarre e termina presso il lato corto della centrale in caverna; la galleria è lunga circa 200 m, con pendenza massima pari al 10 %. A seconda delle condizioni dell'ammasso roccioso incontrato verranno adottate sezione tipo adeguate, e se ne presenta un esempio in Figura 15 (sezione tipo prevista per i casi in cui l'ammasso roccioso si presenta più integro e con parametri riconducibili a quelli ipotizzati per le condizioni medie dell'ammasso).

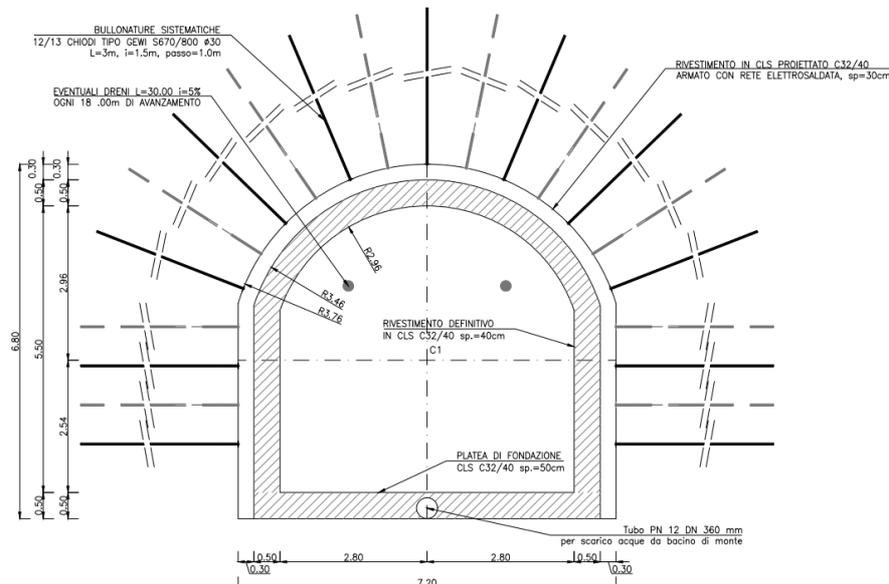


Figura 15 - Sezione tipo GS1 del cunicolo sbarre

4.12 VIABILITÀ PROVVISORIA E DEFINITIVA

L'impianto in progetto prevede la realizzazione di una rete di viabilità di servizio: alcuni tratti si rendono necessari sia per la fase di cantiere che per la fase di normale esercizio dell'impianto, mentre altri tratti solo per la fase di cantiere.

Le opere costituenti l'impianto sono raggiungibili attraverso la viabilità attualmente esistente (viabilità secondaria, strade sterrate), ma alcune di esse devono essere adeguate per consentire il transito dei mezzi di cantiere in piena sicurezza. Per i tratti interessati dall'adeguamento, si prevede il miglioramento del fondo stradale ed eventuale creazione di allargamenti localizzati. Si fa presente che durante l'operazione di selezione delle componenti dell'impianto si è tenuto conto della vicinanza alla viabilità esistente e dell'estensione dei tratti da adeguare, in modo da limitare contemporaneamente

l'impatto ambientale ed i costi di realizzazione di nuove strade e di adeguamento delle esistenti.

Nella planimetria delle aree di cantiere e delle viabilità (doc. ref. 1422-A-FN-D-03-0) sono indicati i tratti di strada di cui si prevede l'adeguamento o la creazione, che consistono in:

- Viabilità 1 (L ~ 60 m): creazione di un attraversamento permanente di una canalizzazione in calcestruzzo (che scarica acqua a mare) per collegare la SS18 al piazzale d'imbocco della galleria d'accesso alla centrale.
- Viabilità 2 (L ~ 420 m): adeguamento di una strada esistente in modo da consentire il transito dei mezzi di cantiere (accesso secondario all'area del bacino di monte) e da consentire l'accesso alla rampa del bacino di monte che consente di raggiungere il coronamento.
- Viabilità 3 (L ~ 1.000 m): adeguamento di una strada esistente in modo da consentire il transito dei mezzi di cantiere (per accedere all'ara di cantiere individuata per ubicare un impianto di betonaggio).

5 CRONOPROGRAMMA

Per quanto riguarda il cronoprogramma, si prevede che le fasi di realizzazione dell'impianto dureranno complessivamente 86 mesi. Si rimanda all'allegato "Cronoprogramma dei lavori" (doc. ref. 1422-A-FN-A-02-0) in cui sono indicate le tempistiche previste dall'inizio dei lavori fino al termine del ripiegamento dei cantieri e del completamento dei ripristini ambientali.



Tel: +39 030 3702371 – Mail: info@frosionext.com - Sito: www.frosionext.com
Via Corfù 71 - Brescia (BS), CAP 25124
P.Iva e Codice fiscale: 03228960179