

RIPRISTINO SCARICO DI FONDO DIGA DI POZZILLO COMUNE DI REGALBUTO (ENNA)



PROGETTO DEFINITIVO

Progettisti in ATI:

Co.Ri.P. Srl

E&G Srl



Ing. Fabio Colletti
Ing. Marco Leone
Ing. Michele Ricci

e-mail: ingegneria@coripsrl.it



E&G S.r.l.
ENVIRONMENT & GEOTECHNIC
STUDIO DI INGEGNERIA GEOTECNICA E AMBIENTALE

e-mail: info@eandg.it

Prof. Ing. Quintilio Napoleoni
Ing. Gadiel Coen
Ing. Claudio Gravina

DIZETA INGEGNERIA



DIZETA INGEGNERIA
STUDIO ASSOCIATO

Ing. Fulvio Bernabei
Ing. Stefano Adami
Ing. Paolo Sanavia

e-mail: amministrazione@dizetaingegneria.it

GRAIA



GRAIA
Ricerca Ambientale Ittica Acque
e-mail: info@graia.eu

Dott. Gaetano Gentili
Dott. Andrea Romanò

CODICE ELABORATO:		LIV. PROG.	NOME ELABORATO:			REV:	SCALA:
G E N 0 1 0 2 R E		D	RELAZIONE GENERALE			C	-
D							
C	Revisione			maggio 2019	Ing. M. Ricci	Ing. M. Leone	Ing. F. Colletti
B	Revisione			aprile 2019	Ing. M. Ricci	Ing. M. Leone	Ing. F. Colletti
A	Emissione			settembre 2018	Ing. M. Ricci	Ing. M. Leone	Ing. F. Colletti
REV.	DESCRIZIONE			DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

RELAZIONE GENERALE

1. PREMESSA	3
2. QUADRO CONOSCITIVO	4
2.1. GENERALITÀ.....	4
2.2. INTERRIMENTO DELL'INVASO.....	6
2.3. STORIA DEGLI STUDI E DELLE VALUTAZIONI PER IL RIPRISTINO DEGLI SCARICHI PROFONDI	7
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE ESISTENTI	11
3.1. LA DIGA DI POZZILLO.....	11
3.2. DATI PRINCIPALI DELLE OPERE DI SCARICO	14
3.2.1. Scarico di superficie	14
3.2.2. Scarico di fondo.....	15
3.2.3. Scarico di fondo sussidiario.....	16
3.2.4. Opera di derivazione	16
4. EVOLUZIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI DELL'INTERVENTO.....	18
4.1. PROGETTO PRELIMINARE SETTEMBRE 2014	18
4.1.1. Descrizione degli interventi.....	18
4.2. MODIFICHE AL PROGETTO PRELIMINARE DI FEBBRAIO 2017	24
4.2.1. Opere di difesa area dragaggio	24
4.2.2. Ripristino opera di derivazione elettro-irrigua.....	25
4.2.3. Maggiori volumi da dragare	25
4.2.4. Maggiori oneri dragaggio.....	25
4.2.5. Maggiori oneri per monitoraggio e caratterizzazione ambientale.....	25
4.2.6. Sistemazione versante sponda sinistra.....	25
4.2.7. Verifica sismica.....	25
5. SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA	26
5.1. ANALISI, INDAGINI E STUDI INTEGRATIVI CONDOTTI.....	26
5.1.1. Raccolta del materiale esistente.....	26
5.1.2. Sopralluoghi ed incontri	27

5.1.3.	<i>Indagini topografiche</i>	27
5.1.4.	<i>Aspetti geomorfologici, geologici ed idrogeologici.....</i>	27
5.1.5.	<i>Studio idrologico e idraulico.....</i>	28
5.1.6.	<i>Studi ambientali e archeologici.....</i>	30
5.1.7.	<i>Verifica di occupazione temporanea ed eventuali espropri.....</i>	30
5.2.	CARATTERISTICHE DEL PROGETTO PROPOSTO	31
5.2.1.	<i>Criticità progetto preliminare Enel e soluzioni individuate per il Progetto Definitivo</i>	31
5.2.1.1.	<i>Tecnologia degli O-Pile (o sistemi equivalenti di paratie di pali interconnessi)</i>	33
5.2.1.2.	<i>Sistema di ispessimento sedimenti dragati</i>	40
5.2.2.	<i>Descrizione degli interventi.....</i>	42
5.3.	ANALISI CRITICA DELLE POSSIBILI ALTERNATIVE	44
6.	CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	47
6.1.	OPERE DI PROTEZIONE DEL DRAGAGGIO E DEGLI INTERVENTI DI RIPRISTINO - INTERVENTI (1), (2), (3), (4) E (5)	47
6.1.1.	<i>Materiali impiegati opere di protezione e contenimento</i>	48
6.1.2.	<i>Modalità esecutive degli interventi.....</i>	49
6.2.	PULIZIA E MANUTENZIONE DELLA GALLERIA E SOSTITUZIONE DELLE PARATOIE DELLO SCARICO DI FONDO ESISTENTE - INTERVENTO (6).....	54
6.2.1.	<i>Ripristino opera di derivazione</i>	55
6.3.	OPERE ELETTROMECCANICHE: SOSTITUZIONE E MANUTENZIONE DELLE PARATOIE - INTERVENTO (7)	56
6.3.1.	<i>Caratteristiche tecniche principali.....</i>	56
6.3.2.	<i>Descrizione delle opere</i>	57
6.4.	REALIZZAZIONE NUOVO TRATTO SCARICO DI FONDO - INTERVENTO (8).....	63
6.4.1.	<i>Modalità esecutive</i>	65
6.5.	REGIMENTAZIONE IDRAULICA DEL VERSANTE IN SPONDA SINISTRA - INTERVENTO (9)	68
6.6.	ESTENSIONE MURO D'ALA VASCA DI DISSIPAZIONE E MANUTENZIONE E PULIZIA DELLA STESSA - INTERVENTO (10).....	70
7.	CRONOPROGRAMMA E MACROFASI DEI LAVORI	72
7.1.	MACROFASI DI LAVORO	74
8.	SICUREZZA E AMBIENTE	76
8.1.	AREE DI CANTIERE	76
8.2.	PERCORSI DI CANTIERE	78
8.3.	EARLY WARNING - SISTEMA DI MONITORAGGIO E TELE-RILEVAMENTO.....	83
8.4.	PIANO OPERATIVO DI GESTIONE.....	84
9.	QUADRO ECONOMICO	86

1. PREMESSA

Nel mese di aprile 2018 l'ATI Co.Ri.P. S.r.l., E&G S.r.l., Dizeta Ingegneria e Graia S.r.l. ha ricevuto da Enel S.p.A. l'affidamento dell'incarico professionale per la redazione del progetto definitivo, riguardante i lavori denominati **“Ripristino scarico di fondo Diga di Pozzillo Comune di Regalbuto (Enna)”** sulla base del progetto preliminare redatto da Enel del Settembre 2014 e successiva integrazione di Febbraio 2017.

La presente Relazione Generale è parte integrante del Progetto Definitivo.

L'importo complessivo delle opere è pari a € 19'046'084,83, di cui circa € 17'906'084,83 per lavori (cfr. Capitolo 9).



Figura 1.1: Prospettiva della diga del Pozzillo

2. QUADRO CONOSCITIVO

2.1. Generalità

La diga sul Salso, nei pressi di Pozzillo in provincia di Enna, fa parte del complesso di opere promosse dalla Cassa del Mezzogiorno e dall'Ente per la Riforma Agraria in Sicilia – ERAS, per la sistemazione idraulica del bacino del Simeto-Salzo: tali opere si inquadrano in un organico schema di utilizzazione promiscua, idroelettrica ed irrigua, interessante la piana di Catania.

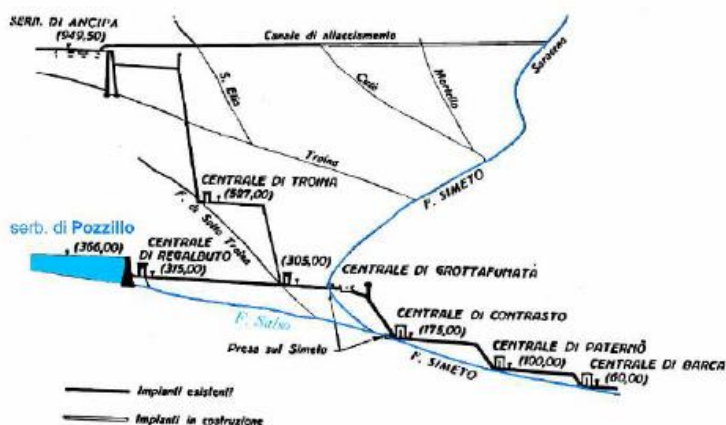
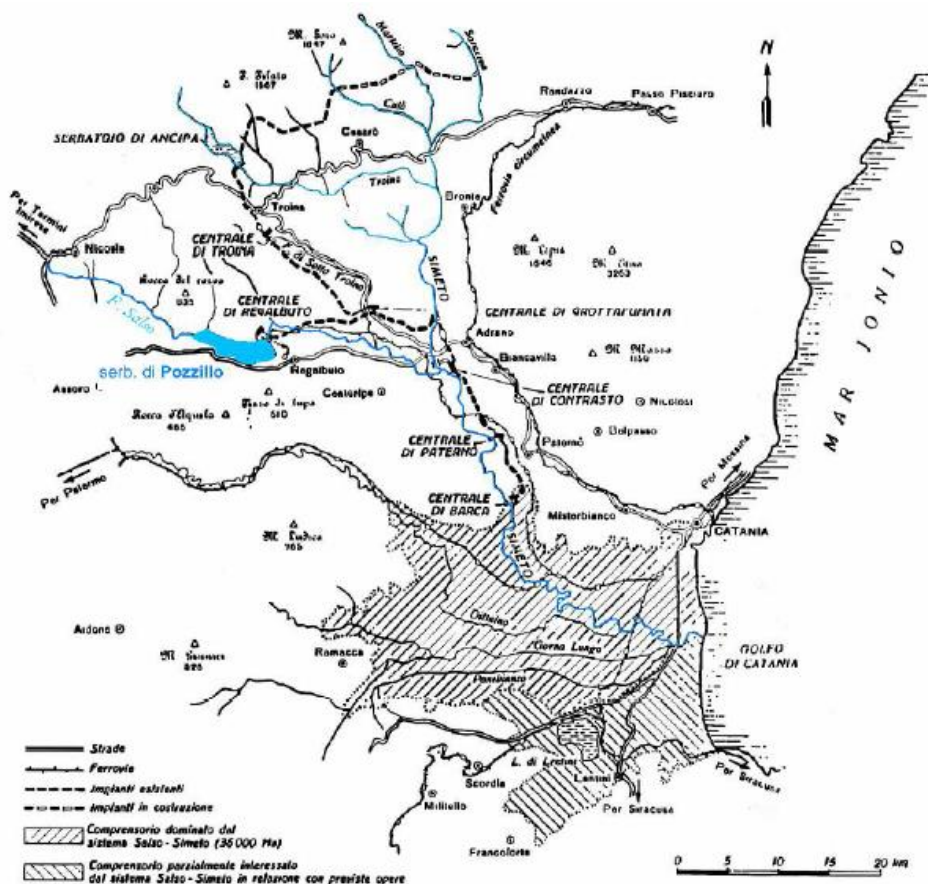


Figura 2.1: Ubicazione della diga e schema degli impianti

Lo schema di utilizzazione s'impignia sui serbatoi di Pozzillo, della capacità di 141 milioni di m³, del quale è concessionario l'ERAS, e su quello di Ancipa sul Troina, affluente del Simeto (concessionario l'ESE, poi Enel), della capacità di 30 milioni di m³, e, nelle sue grandi linee, prevede (Figura 2.1):

1. la raccolta ed il convogliamento al serbatoio di Ancipa, a quota 1'000 m s.l.m. circa, delle acque degli affluenti occidentali del Simeto, e l'utilizzazione dei deflussi così regolati, unitamente a quelli del Troina di Sotto e dei suoi affluenti captati lungo le derivazioni, in due impianti in serie, che assommano un dislivello geodetico di circa 640 m;
2. il grande serbatoio sul Salso presso Pozzillo, a quota inferiore (360 m s.l.m. circa) le cui acque sono utilizzate da una centrale immediatamente a valle della diga, indi, congiuntamente alle acque di restituzione del sistema superiore dinanzi accennato ed a quelle derivate dal Simeto, in una catena di tre impianti per un dislivello geodetico complessivo di 245 m, fra le quote 305 e 60 m s.l.m.. Di qui le acque, regolate nel ciclo annuale e pluriennale dai serbatoi sovrastanti e da opportuni bacini di compenso e reintegrazione dei diagrammi di irrigazione, dominano una superficie di 36'000 ha con un'area effettivamente irrigata di oltre 20'000 ha nella piana di Catania, già soggetta alle irregolarità del regime idrologico e meteorologico ed al disordine idraulico.



Figura 2.2: La diga di Pozzillo durante la sua costruzione

2.2. Interrimento dell'invaso

Il bacino imbrifero del Salso, che alla sezione dello sbarramento diga ha superficie di 577 km² ed altitudine media 900 m s.l.m., è caratterizzato dall'affioramento di varie formazioni geologiche che differiscono sotto l'aspetto litologico, stratigrafico, della fratturazione e della permeabilità.

Almeno l'80% dell'estensione del bacino imbrifero è costituita dalla formazione di Collesano (Oligocene-Miocene Inferiore), costituita da unità argillose, argillose calcaree, conglomeratiche ed arenaceo-quarzitiche, e dalla formazione del Flysch dei Nebrodi, essenzialmente arenaceo-marnosa, mentre la superficie dell'invaso, sponde comprese, è costituita per la quasi totalità da terreni appartenenti al cosiddetto "Flysch Numidico", aventi caratteristiche spesso torbiditiche, a litologia marnoso-arenacea.

Il restante 20% dei terreni affioranti è rappresentato prevalentemente dalla formazione gessoso solfifera presente a SO di Nicosia, riconducibile anch'essa alla formazione di Collesano. Essa affiora soltanto in una porzione della sponda destra dell'invaso, sotto Regalbuto.

La natura dei terreni affioranti, la presenza di corsi d'acqua a prevalente carattere torrentizio ed accentuata capacità erosiva, le pendici del bacino imbrifero poco alberate e caratterizzate da colture di tipo estensivo con lavorazioni che favoriscono l'erosione superficiale, hanno provocato negli anni un rilevante fenomeno di interrimento dell'invaso di Pozzillo.

Per eliminare tali inconvenienti, tra il 1980 e il 1994, sono stati programmati interventi per la sistemazione delle sponde e la regolarizzazione dell'alveo a valle della diga, con il concorso dell'ENEL, dell'Ente Sviluppo Agricolo, dei Consorzi di Bonifica e del Genio Civile di Enna che non furono però eseguiti. I rilievi batimetrici del Pozzillo, effettuati nel 1985, avevano evidenziato i seguenti valori di capacità dell'invaso:

- volume totale d'invaso (ai sensi del DM 24/3/82): $128.31 \times 10^6 \text{ m}^3$
- volume d'invaso (ai sensi della Legge 584/1994): $124.39 \times 10^6 \text{ m}^3$
- volume utile di regolazione: $123.69 \times 10^6 \text{ m}^3$

Si deduceva di conseguenza che erano stati depositati, all'interno dell'invaso, $26.11 \times 10^6 \text{ m}^3$ di sedimenti.

Successivamente, sulla base del più recente rilievo batimetrico effettuato per Enel dalla ditta URS Italia S.p.A. nel 2011, i valori di capacità dell'invaso sono risultati:

- volume d'invaso (ai sensi della Legge 584/1994): $118.80 \times 10^6 \text{ m}^3$
- volume utile di regolazione: $118.80 \times 10^6 \text{ m}^3$

In totale dal 1959 al 2011 sul fondo dell'invaso di Pozzillo si sono depositati $31.70 \times 10^6 \text{ m}^3$ di sedimenti (21% del volume originario), con una perdita di volume utile dell'invaso di circa $22.20 \times 10^6 \text{ m}^3$.

L'apporto medio annuo di sedimenti, stimato dividendo il volume di interrimento presente per l'intervallo di tempo trascorso tra l'ultimazione dello sbarramento ed il più recente rilievo batimetrico (52 anni), è di circa 610'000 m³/anno. Il tasso di erosione medio del bacino imbrifero è di conseguenza di 1'057 (m³/anno/km²).

Nei confronti della gestione dell'invaso di Pozzillo l'interrimento ha prodotto la perdita del volume originario sotto la quota di minima regolazione, 337.50 m s.l.m. (il volume d'invaso coincide con il volume utile di regolazione) e una perdita di volume utile di circa $22.20 \times 10^6 \text{ m}^3$ (16% del volume utile originario).

In relazione alla gestione della diga l'interrimento ha prodotto la completa ostruzione dello scarico di fondo e dello scarico di fondo sussidiario, con un accumulo di sedimenti in corrispondenza delle opere di imbocco dei due scarichi avente altezza di circa 24 m (quota dei sedimenti circa 341.50 m s.l.m.).

La derivazione verso la centrale di Regalbuto è funzionante, nonostante la quota raggiunta dai sedimenti, poiché l'esercizio regolare dell'impianto ha consentito la formazione di uno stretto volume libero in corrispondenza dell'opera di presa.

2.3. Storia degli studi e delle valutazioni per il ripristino degli scarichi profondi

Il progetto preliminare per il ripristino della funzionalità dello scarico di fondo della diga di Pozzillo venne redatto dalla società ENEL Produzione S.p.A., che gestisce la diga e la centrale idroelettrica di Regalbuto.

La Società Enel Produzione S.p.A. è oggi gestore della diga e titolare della concessione per lo sfruttamento idroelettrico delle acque derivate nella Centrale di Regalbuto.

La Regione Sicilia, tramite l'Assessorato Regionale Energia Dipartimento Acque e Rifiuti Servizio 3, è attualmente concessionaria e proprietaria della diga.

I rapporti fra i Consorzi di Bonifica, utilizzatori del serbatoio a fini irrigui, ed il Gestore sono regolati da una Convenzione del 1961, che stabilisce i rapporti fra tutti i soggetti interessati dalla gestione dell'opera.

La funzione di accumulo nello schema di utilizzazione delle acque del bacino idrografico dei fiumi Salso e Simeto si basa su due invasi: Pozzillo sul fiume Salso, da progetto serbatoio con quota massima di regolazione 366.00 m s.l.m. e volume utile di regolazione di 141.0 milioni di m^3 del quale è Concessionario l'ESA, ed Ancipa sul Torrente Troina affluente del Simeto, da progetto serbatoio con quota massima di regolazione 949.50 m s.l.m. e volume utile di regolazione 27.8 milioni di m^3 del quale è Concessionario Enel Produzione S.p.A..

Il serbatoio del Pozzillo è un serbatoio di capacità di regolazione pluriennale e consente l'irrigazione degli agrumeti d'alto pregio delle aree del Consorzio di Bonifica n. 6 di Enna, del Consorzio di Bonifica n. 9 di Catania e del Consorzio di Bonifica n. 10 di Siracusa.

Il serbatoio del Pozzillo, fin dai primi anni di esercizio, è stato oggetto di fenomeni di interrimento che progressivamente hanno interessato gli ambiti più prossimi alla diga, fino a raggiungere gli scarichi di fondo e di fondo sussidiario. Tuttavia frequenti cacciate dagli scarichi e periodici svasi del serbatoio hanno consentito di mantenerli a lungo in efficienza.

Nel 1994 i Responsabili del Consorzio di Bonifica di Enna chiesero ad Enel di non eseguire cacciate dagli scarichi di fondo della diga per l'esecuzione di lavori a valle diga. Tale richiesta fu rivolta anche al Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche per evitare che tali organi fossero manovrati in occasione delle visite di vigilanza sulla diga.

La richiesta di non eseguire cacciate fu protratta nel tempo, a seguito di un prolungato periodo siccitoso negli anni 1994-1995, per non disperdere preziosi volumi idrici necessari all'irrigazione. Non potendo

eseguire le cacciate periodiche né effettuare periodici svasi, il fenomeno di interrimento si è ulteriormente aggravato, fino a compromettere la funzionalità degli scarichi di fondo e sussidiario.

Negli anni successivi sono stati effettuati diversi tentativi per ripristinare la funzionalità dello scarico di fondo, ma gli esiti sono stati tutti negativi ed hanno provocato l'intasamento del tratto di galleria a valle della paratoia dello scarico di fondo e la vasca di dissipazione.

Successivamente, negli anni 1996-1997, è stato effettuato un intervento manutentivo di pulizia del tratto di galleria a valle della paratoia dello scarico di fondo e della vasca di dissipazione. Negli stessi anni si è registrata un'intensa corrispondenza fra Servizio Nazionale Dighe, Concessionario e Gestore per portare a soluzione il problema. Si citano in proposito i documenti di maggiore rilevanza.

Con nota ENEL n. 2777 del 20.02.1996 indirizzata al Servizio Nazionale Dighe il Gestore autolimitava il livello di invaso alla quota 365.50 m s.l.m., in conseguenza della non funzionalità degli scarichi. Con nota n. 17347 del 24.12.1996 il Servizio Nazionale Dighe prendeva atto dell'autolimitazione del livello di invaso e richiedeva le verifiche di stabilità della diga tenendo conto della presenza dell'interrimento. A valle degli studi presentati dalla Società Enel Produzione, subentrata ad ENEL SpA, la quota autolimitata consentiva di laminare la piena millenaria con un sovrizzo di soli 1.80 m rispetto alla quota massima di regolazione.

Successivamente il Servizio Nazionale Dighe, con nota n. SDI/406 del 19.03.1999, in occasione della sottoscrizione del Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione, impose un'ulteriore limitazione d'invaso alla quota 362.50 m s.l.m., considerando la precedente quota di autolimitazione di 365.50 m s.l.m. quale quota massima raggiungibile in occasione di eventi di piena eccezionali.

In data 07.11.2006 il Servizio Nazionale Dighe, con comunicazione tramite lettera RID/UPPA n° 1945 impose una ulteriore limitazione di invaso alla quota 356.50 m s.l.m. (quota della soglia dello scarico di superficie), considerando sempre la quota di autolimitazione di 365.50 m s.l.m. quale quota massima raggiungibile in occasione di eventi di piena eccezionali.

Nel 1999 l'ENEL, in qualità di Gestore della diga, a seguito delle prescrizioni del Servizio Nazionale Dighe, predispose relazione tecnica di sintesi, unitamente a disegni esplicativi di un intervento, per la rimozione parziale dell'interrimento allo scopo di ripristinare l'efficienza delle opere di presa e di scarico, datata maggio 1999. Tale relazione, prima dell'elaborazione progettuale, proponeva due soluzioni tecnico-economiche sulle possibilità di smaltimento del materiale da rimuovere in prossimità dello scarico.

La prima soluzione proposta prevedeva la posa dei sedimenti, rimossi in prossimità degli scarichi, in vasche di accumulo a valle della diga in condizioni di elevata concentrazione, per l'essiccazione ed il successivo conferimento a discarica o in aree di deposito mediante carico e trasporto con autocarri.

La seconda soluzione proposta prevedeva l'allontanamento dei sedimenti mediante diluizione attraverso le acque derivate dalla centrale idroelettrica ed immesse poi nella rete irrigua.

La diluizione dei sedimenti rimossi attraverso le acque derivate veniva scartata dai Rappresentanti dei Consorzi perché tale metodo avrebbe potuto compromettere la funzionalità degli impianti di irrigazione e causare interrimenti alle vasche di accumulo.

In data 27.11.2001 fu nominata una Commissione Tecnica, presieduta dal Prof. Ing. Salvatore Indelicato in qualità di Vice Commissario per l'Emergenza Idrica, composta da tecnici delegati dai Consorzi di Bonifica e dalla Società Enel Green Power. La Commissione redasse uno studio di fattibilità per il ripristino della funzionalità dello scarico di fondo e dello scarico di fondo sussidiario della diga, datato maggio 2002, prevedendo l'utilizzo dei sedimenti da rimuovere a monte della diga, previo trattamento di essiccazione in apposite vasche di drenaggio, nell'ambito dei lavori di sistemazione dell'alveo del Salso a valle della diga. Il progetto di sistemazione dell'alveo veniva redatto all'epoca dal Genio Civile di Enna.

I lavori di sistemazione dell'alveo del Salso, come le attività di dragaggio dei sedimenti in prossimità degli scarichi della diga, non furono mai avviati.

Nell'agosto 2005 Enel Produzione Ingegneria Civile Idraulica redasse per la diga di Pozzillo "considerazioni su possibili interventi per il ripristino della funzionalità degli organi di scarico", al fine di offrire un contributo al processo di valutazione finalizzato alla definizione, da parte del Concessionario e degli Organismi Regionali competenti, di un progetto definitivo di intervento.

Preso atto anche delle precedenti ipotesi progettuali per ripristinare gli scarichi profondi della diga, veniva individuata la soluzione del dragaggio dei sedimenti che ostruivano l'imbocco degli scarichi che avrebbero potuto essere:

- smaltiti attraverso i sistemi di distribuzione irrigua (in concentrazioni molto diluite);
- rilasciati direttamente in alveo a valle diga;
- addensati, riducendone il volume per essiccazione e quindi inviati a definitiva destinazione (si ipotizzavano conferimento in discarica, a terzi per eventuali riutilizzi, deposito dei sedimenti all'interno o in prossimità dell'invaso oppure a valle diga).

Nello stesso documento venivano prospettati anche nuovi approcci progettuali con l'obiettivo di recuperare l'efficienza di un singolo scarico profondo o per limitare il progredire dell'interrimento:

- ripristinare il solo scarico di fondo (essendo comunque esigua la portata di progetto dello scarico di fondo sussidiario);
- realizzare un'opera di imbocco dello scarico di fondo a quota superiore al fine di ridurre il volume di sedimenti da rimuovere;
- rimuovere i sedimenti depositati alle quote più elevate al fine di rallentare l'afflusso di nuovi sedimenti nella zona degli imbocchi degli scarichi nelle more dell'esecuzione dell'intervento di ripristino.

Enel Produzione, che è succeduta ad Enel Green Power per la gestione della diga di Pozzillo, nel 2010 ha dato incaricato ad URS di effettuare il rilievo batimetrico e la caratterizzazione dell'invaso, completati nell'aprile 2011, per redigere il progetto di gestione dell'invaso di Pozzillo (art. 40 D lgs. 152/199 e DM 30/06/2004).

La soluzione per il ripristino degli scarichi prospettata dallo studio di fattibilità del maggio 2002, che prevedeva la rimozione dei sedimenti che ostruiscono gli scarichi, a seguito dei risultati della caratterizzazione e del rilievo batimetrico del 2011, è stata rielaborata sostanzialmente. Il volume di

sedimenti da rimuovere è stimato in circa 550'000 m³, la loro sistemazione finale deve essere individuata tra:

- Il riutilizzo nel sito di produzione o in situ con caratteristiche analoghe, se corrispondente alla destinazione d'uso "industriale e commerciale" (in terrapieni impermeabilizzati stante la caratterizzazione degli eluati);
- Lo smaltimento come rifiuto, codice CER 170506, in discarica per inerti o in discarica per rifiuti non pericolosi (in funzione delle caratteristiche dei sedimenti variabili in funzione dell'area dell'invaso interessata dalla rimozione);
- La movimentazione dei sedimenti esclusivamente con rilascio all'interno dell'invaso (utilizzando metodologie di dragaggio o fluitazione e controllandone concentrazione e persistenza in sospensione).

Il progetto di gestione dell'invaso veniva redatto da Enel Produzione Ingegneria Civile Idraulica nel settembre 2012, demandando ad uno specifico e successivo Piano Operativo di integrazione del Progetto di Gestione, il progetto della rimozione dei sedimenti finalizzato al ripristino degli scarichi profondi della diga.

Dopo la condivisione con l'Assessorato Regionale Energia Dipartimento Acque e Rifiuti Servizio 3 della Regione Sicilia, in qualità di concessionario e proprietario della Diga, il progetto di Gestione è stato trasmesso in data 24 gennaio 2014 all'Ufficio Tecnico per le Dighe per il parere preliminare, previsto dal DDG 710 del Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti della Regione Siciliana del 7/5/12 con il quale è stato adottato il Regolamento relativo al procedimento di istruzione dei progetti di gestione.

L'Ufficio Tecnico delle Dighe con nota 2742 del 11 febbraio 2014, per gli aspetti di propria competenza connessi alla sicurezza della diga, ha chiesto al Gestore ed al Concessionario e Proprietario della diga di integrare il Progetto di Gestione dell'invaso con il progetto degli interventi da eseguire per ripristinare la funzionalità degli organi di scarico profondi e per rimuovere i sedimenti a ridosso del paramento della diga.

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE ESISTENTI

3.1. La diga di Pozzillo

La diga di Pozzillo, completata tra il 1955 ed il 1959, si trova in località Pozzillo, nel Comune di Regalbuto (Enna). E' costituita da una struttura in blocchi di calcestruzzo, affiancata in destra da un tronco a gravità ordinaria in calcestruzzo massiccio, completata in sinistra dal manufatto dello scarico di superficie. L'andamento planimetrico è mistilineo, costituito da due tratti rettilinei laterali raccordati da un arco di cerchio del raggio di 72 m con convessità verso valle; ciò per soddisfare la necessità di seguire con lo sperone di monte della diga il banco di arenarie presente in fondazione. Il tronco a gravità massiccio in destra, in calcestruzzo, è costituito da conci affiancati con giunti ad interasse di 8 m; esso si prolunga in sponda destra per circa 50 m in un argine in terra argillosa munito di diaframma centrale in calcestruzzo armato, a forma di T rovesciato, dell'altezza massima di 11 m, immorsato nelle marne.

La sezione trasversale tipo è triangolare con larghezza di base di 72.90 m e con vertice superiore alla quota di max invaso (366.50 m s.l.m.); la pendenza del paramento di monte è pari a 0.65 e quella del paramento di valle a 0.70. La sezione è completata dalla struttura di coronamento di forma trapezia, che si innesta alla sezione triangolare, di larghezza superiore di 3.82 m a quota 367.00 m s.l.m., pendenza a monte di 0.65 e pendenza a valle di 0.15; lungo il monte del piano di coronamento c'è un parapetto in muratura con ciglio a quota 368.10 m s.l.m..

I blocchi di calcestruzzo costituenti l'opera principale hanno dimensioni medie in pianta di 4x4 m e 3 m di altezza; essi sono stati gettati completamente in opera, con riprese intermedie. In sezione trasversale le varie colonne, che costituiscono uno spessore medio di 4 m, sono state elevate a contatto nei piani normali alla sezione in modo da ottenere giunti a frizione subverticali. In sezione longitudinale la diga risulta quindi composta dall'insieme di 48 elementi affiancati di larghezza pari a quella dei blocchi, in media 4 m, affiancati e separati da intercapedine di 12 cm, riempita con ghiaia; quest'ultima è stata posta in opera subito dopo il disarmo dei blocchi di calcestruzzo adiacenti ed è stata costipata con pestelli; per il suo contenimento, i blocchi terminali sono provvisti di ingrossamento, attraversato da pozzetti di ispezione.

La tenuta della diga è affidata ad un manto metallico in lamiera ARMCO, dello spessore di 6 mm, saldate in posto e direttamente addossate ai blocchi di calcestruzzo retrostanti, con ancoraggi in zanche e profilati.

L'elemento periferico del manto, alla base dell'opera, in corrispondenza dello sperone di monte, termina con una serie di opere e provvedimenti speciali, in modo da assicurare la tenuta, che è pure garantita dalle iniezioni di schermo.

Il sistema di raccolta dei drenaggi dei giunti lubrificati è costituito da due cunicoli longitudinali a monte ed a valle che seguono il perimetro di fondazione e sono tra loro collegati da cunicoli trasversali, con ingressi del paramento di valle a varie quote. Le acque di drenaggio convergono in un unico punto al piede di valle della diga, da cui un apposito impianto di sollevamento le trasferisce nel canale di sbocco dello scarico di fondo sussidiario.

La diga è fondata su un banco isolato di arenarie affioranti fra le argille, con a valle di questo banco una serie di stratificazioni quasi verticali di arenaria e quarzite intercalate a marne. Il banco di arenarie sul fianco destro presenta fratture e diaclasi e brevi soluzioni di continuità nel fianco sinistro. La base di fondazione è

stata preventivamente risanata e corroborata con iniezioni di consolidamento e di cucitura roccia-calcestruzzo dello sperone di monte. E' stato anche realizzato sul lato monte uno schermo di iniezioni di impermeabilizzazione.

Nella tabella seguente si riportano i dati principali della diga, ricavati dal “Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione”.

<u>DATI PRINCIPALI DELLA DIGA DEL POZZILLO</u>	
Altezza diga (D.M. 1982)	59.00 m
Altezza diga (L. 584/1994)	55.50 m
Quota coronamento	367.00 m s.l.m.
Franco (ai sensi del D.M. 1982)	0.50 m
Franco rispetto al ciglio del parapetto di coronamento	1.60 m
Franco netto rispetto al ciglio del parapetto di coronamento (calcolato coi dati disponibili)	0.79 m
Sviluppo del coronamento	318.94 m
Volume della diga	280'000 m ³
Grado di sismicità assunto nel progetto	Non sismico
Quota massimo invaso originaria	366.50 m s.l.m.
Quota massimo invaso limitata (attualmente vigente)	365.50 m s.l.m.
Quota massima regolazione originaria	366.00 m s.l.m.
Quota massima regolazione limitata (attualmente vigente)	356.50 m s.l.m.
Quota minima regolazione	337.50 m s.l.m.
Superficie dello specchio liquido al max invaso	7.90 km ²
Superficie dello specchio liquido alla max regolazione	7.80 km ²
Superficie dello specchio liquido alla min regolazione	1.80 km ²
Volume totale di invaso originario (D.M. 1982)	154.42 x 10 ⁶ m ³
Volume totale di invaso (per interrimento) 1985	128.31 x 10 ⁶ m ³
Volume di invaso originario (L. 584/1994)	150.50 x 10 ⁶ m ³
Volume di invaso per interrimento (L. 584/1994)	124.39 x 10 ⁶ m ³
Volume utile di regolazione originario	141.00 x 10 ⁶ m ³
Volume utile di regolazione per interrimento	123.69 x 10 ⁶ m ³
Volume di laminazione	3.92 x 10 ⁶ m ³
Portata max di progetto	2000 m ³ /s
Tempo di ritorno	Non precisato

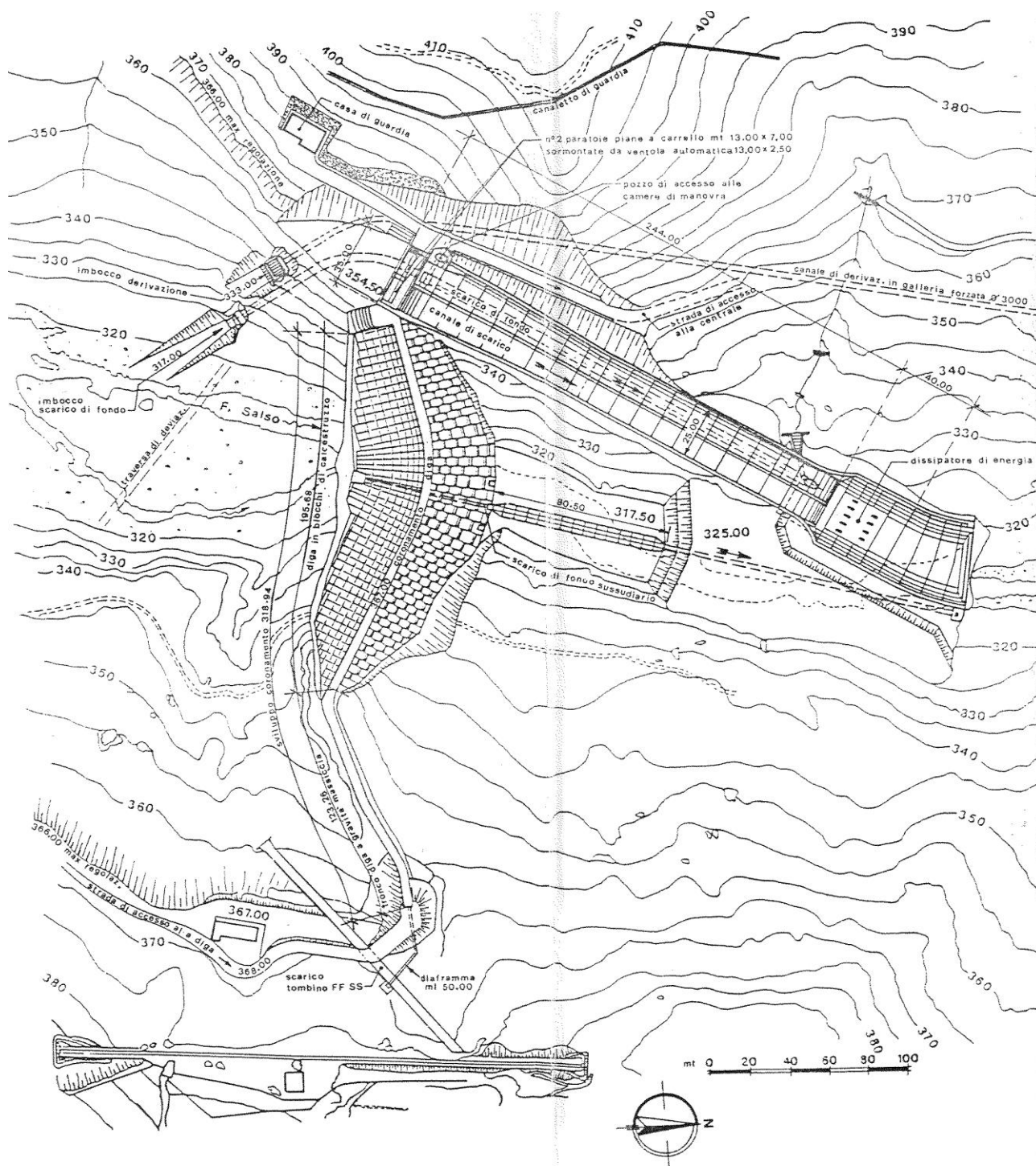


Figura 3.1: Planimetria della diga

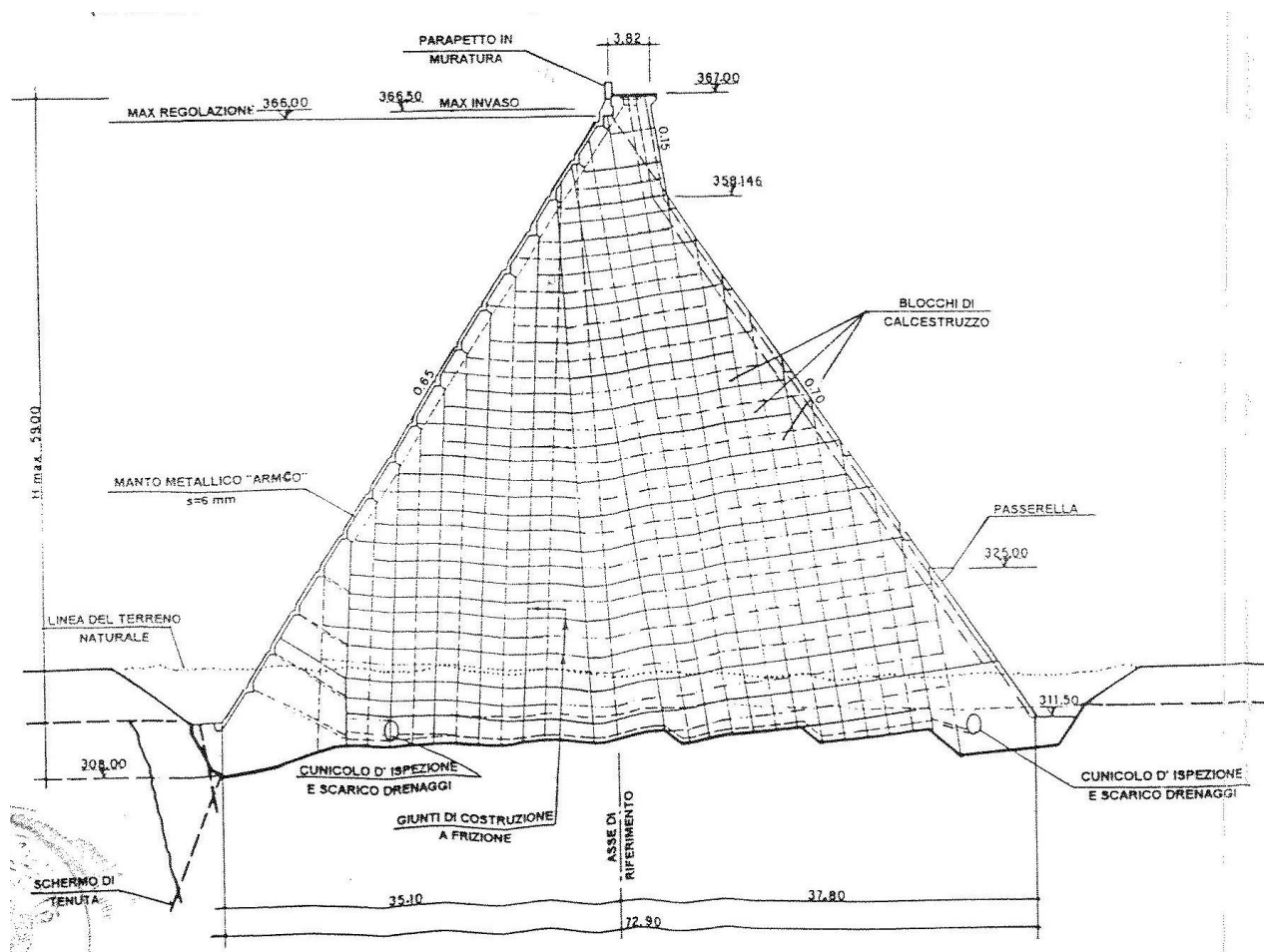


Figura 3.2: Sezione trasversale tipo della diga

3.2. Dati principali delle opere di scarico

3.2.1. Scarico di superficie

È costituito da un manufatto a due luci con soglia a quota 355.50 m s.l.m., dell'ampiezza di 13.00 m ciascuna, sormontate da paratoie aventi un'altezza totale di ritenuta di 9.50 m. Ogni paratoia è composta da un elemento inferiore piano a carrello, dell'altezza di 7.0 m, e da una soprastante ventola automatica, dell'altezza di 2.5 m. Due canali rettilinei affiancati, lunghi circa 320 m, convogliano le acque ad un'unica vasca di dissipazione, munita di denti dissipatori; da qui le acque proseguono nell'alveo fluviale. I dispositivi di sollevamento, i cui comandi sono posti nella camera di manovra in sponda sinistra, possono essere alimentati con motore elettrico, con motore diesel, con gruppo elettrogeno d'emergenza e con pompa a mano, azionata per le ventole dal ponte di manovra a quota 378.50 m s.l.m..

Con serbatoio alla quota di massimo invaso, pari a 366.50 m s.l.m., la portata massima evacuabile risulta pari a 1640.0 m³/s.

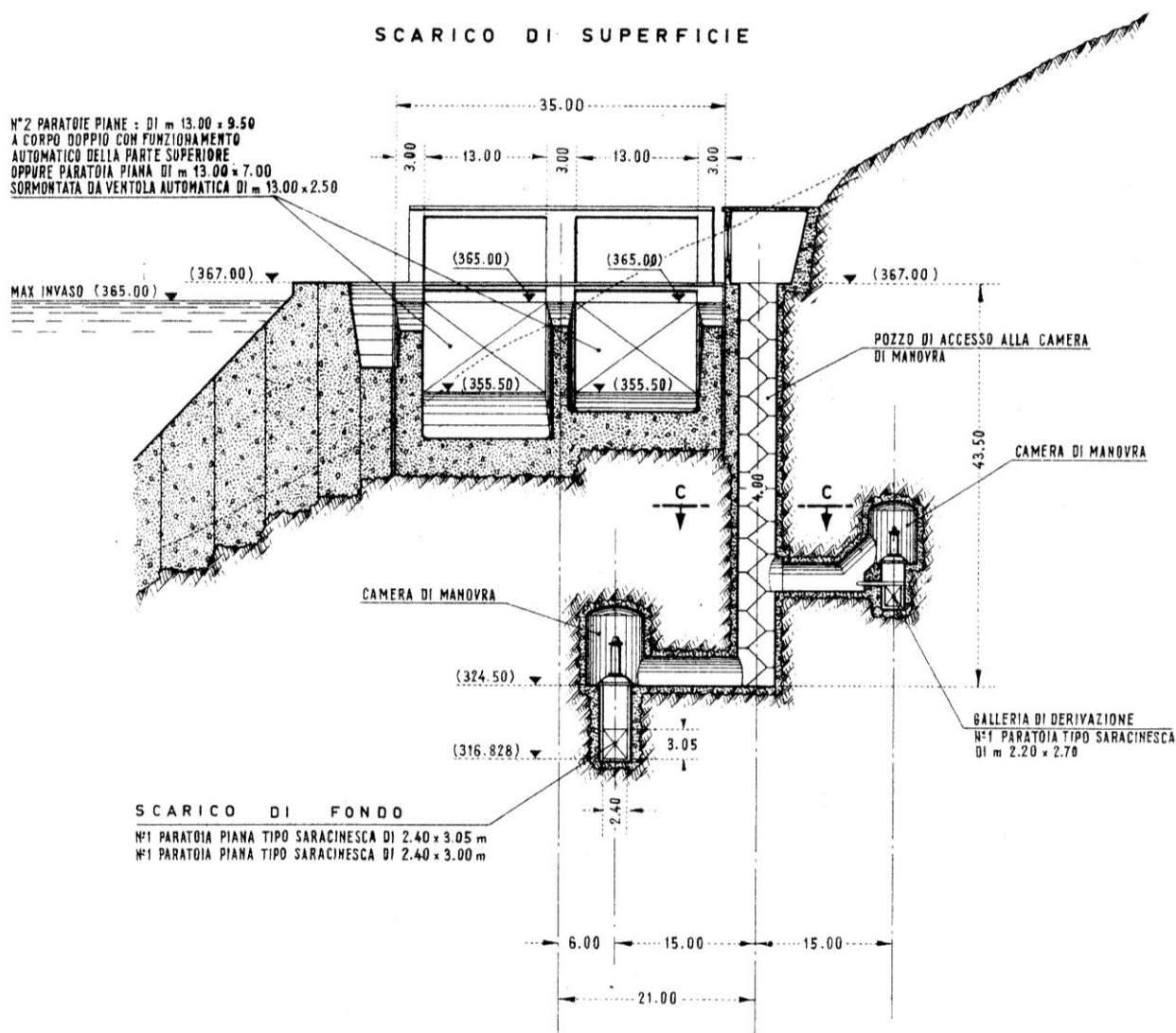


Figura 3.3: Prospetto dello scarico di superficie dal progetto originale della diga

3.2.2. Scarico di fondo

È costituito da una galleria, sottostante il canale di sinistra dello scarico di superficie, di diametro di 4.3 m, con quota di imbocco pari a 317.00 m s.l.m.. Gli organi di intercettazione sono costituiti da due paratoie piane a strisciamento poste in serie, di dimensione di 2.40 x 3.00 m, alla cui camera di alloggiamento, ubicata sotto il canale di scarico, si accede tramite un pozzo verticale in sponda sinistra, adiacente la struttura dello scarico di superficie. I dispositivi oleodinamici di sollevamento, posti nella stessa camera delle paratoie, possono essere alimentati come per lo scarico di superficie ed azionati anche a mano, in loco, e dalla cabina posta sulla sommità del pozzo di accesso.

Con serbatoio alla quota di massimo invaso originaria (366.50 m s.l.m.) la portata massima esitabile risulta pari a 175.54 m³/s.

3.2.3. Scarico di fondo sussidiario

Originariamente costituito da una tubazione di diametro 1100 mm e della lunghezza di 65 m, con soglia di imbocco a quota 317.00 m s.l.m. attraversante uno degli speroni centrali della diga ed intercettata, subito dopo l'imbocco, da una saracinesca di 1100 mm alloggiata in una apposita camera di manovra all'interno della diga, lo scarico è stato ristrutturato nei primi anni '80 inserendo nella vecchia condotta una nuova tubazione metallica di diametro 1000 mm, intercettata da una nuova saracinesca al piede di valle della diga, pensata per sopperire alla non funzionalità di quella installata a monte. La condotta è inserita in un cunicolo a cui si accede da un pozzo al piede della diga. La suddetta saracinesca viene azionata a mano in loco o mediante motori elettrici alimentati a 30 V da rete o da gruppo elettrogeno, tramite comandi installati nel pozzo di accesso ai cunicoli interni, posto al piede di valle della diga.

Con serbatoio alla quota di massimo invaso originario (366.50 m s.l.m.) la portata massima esitabile risulta pari a 18.3 m³/s.

Per effetto dell'interrimento entrambi gli scarichi profondi della diga, di fondo e di fondo sussidiario, non sono comunque attualmente utilizzabili. Anche a seguito di tale condizione con le Ordinanze datate 01/05/1999 e 4/05/2006 il Servizio Nazionale Dighe (S.N.D.) ha imposto i seguenti limiti alla possibilità di gestione dell'invaso:

- × quota massima di regolazione pari a 356.50 m s.l.m. (366.00 m s.l.m. il valore di progetto);
- × quota di massimo invaso pari a 365.50 m s.l.m. (366.50 m s.l.m. il valore di progetto).

La massima portata esitabile dallo scarico di superficie con paratoie totalmente aperte alla quota di massimo invaso imposta dall'ordinanza citata risulta pertanto pari a 1399.3 m³/s.

Da qui la ratio della realizzazione di un nuovo scarico di fondo a quote più elevate (cfr. Capitolo 5).

3.2.4. Opera di derivazione

Il serbatoio è inoltre asservito direttamente, tramite galleria di derivazione e condotta forzata, alla centrale di Regalbuto che può turbinare una portata massima di 16.5 m³/s.

L'opera di derivazione è ubicata in sponda sinistra ed è costituita da un'opera di imbocco con soglia a quota 333.0 m s.l.m., protetta da griglia, a cui segue una galleria forzata a sezione circolare, del diametro di 3.0 m, che, dopo un'ampia curva, si dirige parallelamente all'alveo alla centrale idroelettrica posta in sponda sinistra, poco a valle della diga.

Circa in corrispondenza del sovrastante scarico di superficie della diga, la derivazione è intercettata da una paratoia piana di dimensioni 2.5 x 2.7 m, alloggiata in una camera sotterranea, a cui si accede dallo stesso pozzo di accesso alla camera delle paratoie dello scarico di fondo. La paratoia è manovrabile con dispositivo oleodinamico, alimentato da energia elettrica da rete e da gruppo elettrogeno, dalla suddetta camera o dalla cabina di manovra sovrastante il pozzo d'accesso, o manualmente dalla suddetta cabina.



Figura 3.4: Foto storiche dell'opera di derivazione (sopra) e dello scarico di fondo (sotto)

4. EVOLUZIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI DELL'INTERVENTO

4.1. Progetto Preliminare Settembre 2014

Costituendo una importante riserva idrica per l'irrigazione di 20.000 Ha di agrumeti di alto pregio della piana di Catania (province di Catania, Enna e Siracusa) per il serbatoio di Pozzillo si è rilevata l'urgente necessità di avere la disponibilità di uno scarico profondo della diga che ne possa consentire lo svasso completo e con l'obiettivo di preservare, per quanto possibile, la normale utilizzazione per l'uso irriguo e per la produzione di energia elettrica, il Proprietario/Concessionario e Gestore dell'opera hanno proposto di ripristinare la funzionalità dello scarico di fondo esistente realizzando una nuova opera di imbocco a quota 333,0 m slm.

Tale soluzione è stata preferita ad altre in quanto, come evidenziato dal rilievo batimetrico 2011, allo stato attuale l'invaso non dispone di un significativo volume liquido da vuotare a quota inferiore rispetto alla presa dell'opera di derivazione (soglia a quota 333,0 m s.l.m.) inoltre non sono individuabili soluzioni tecniche ed ambientali che consentano di rimuovere con immediatezza l'intero volume di sedimenti che giacciono a ridosso del paramento diga fino all'imbocco degli scarichi di fondo.

La soluzione progettuale proposta dal concessionario in fase di progettazione preliminare consentiva di limitare le interferenze tra la realizzazione del nuovo scarico di fondo e la normale gestione dell'invaso e perseguiva l'obiettivo di rendere efficiente lo scarico di fondo in tempi più contenuti mediante la contrazione delle diverse fasi di progettazione, autorizzazione ed esecuzione dei lavori. A tal fine la soluzione progettuale riduceva notevolmente, rispetto alle soluzioni valutate dagli studi precedenti, il volume e l'impatto ambientale connesso alla rimozione dei sedimenti: volume di sedimenti da movimentare circa 55.000 m³ (rispetto ai 550.000 m³ necessari per raggiungere gli imbocchi originari degli scarichi profondi), movimentazione dei sedimenti all'interno dello stesso bacino lacustre e confinamento in geotubi. Inoltre si stimava di eseguire quasi tutte le lavorazioni per il ripristino dello scarico della diga senza interferire significativamente con la gestione ordinaria dell'invaso, ad eccezione della sola attività di svasso completo necessario per la realizzazione del nuovo imbocco dello scarico di fondo e della galleria di raccordo con lo scarico di fondo preesistente. Il ripristino della funzionalità dello scarico di fondo esistente con la realizzazione di una nuova opera di imbocco a quota 333,0 m s.l.m., non modificava quanto riportato nel Foglio di Condizione per l'Esercizio e la Manutenzione della diga di Pozzillo, in merito alla portata esitata con livello nel serbatoio alla quota 366,50 pari a 177,60 m³/s e alla curva di svuotamento del serbatoio fino alla quota degli attuali sedimenti.

4.1.1. Descrizione degli interventi

Il progetto di ripristino dello scarico di fondo, con nuovo imbocco a quota 333 m s.l.m., prevedeva la realizzazione di alcuni nuovi manufatti necessari per raccordare il nuovo imbocco con la galleria dello scarico di fondo preesistente, oggi interrita a monte delle paratoie dello scarico.

Le nuove opere che venivano indicate da realizzare nel progetto preliminare, elencate dall'invaso verso valle, erano:

- 1) una nuova struttura di imbocco dello scarico di fondo, posta a quota 333,0 m s.l.m., in prossimità

- dell'imbocco dell'opera di presa della derivazione di Regalbuto (interasse tra imbocco scarico e opera di presa circa 15 m);
- 2) un tratto di galleria a debole pendenza, diametro interno Ø5.0 m, che si sviluppa per circa 15 m, a valle del raccordo scatolare di collegamento con la nuova opera di imbocco dello scarico;
 - 3) un tratto di galleria inclinata a 45°, che avrebbe costituito la discenderia tra quota 333 e 317 m s.l.m.. La discenderia si sarebbe sviluppata per 17 m circa e si sarebbe raccordata agli estremi con curve circolari alle due gallerie a debole pendenza poste a quota 333 e 317 m s.l.m.. La sezione della discenderia sarebbe quindi variata da Ø5.0 (diametro della galleria a quota 333 m) a 4,3 m (diametro della galleria a quota 317 m).

Per accedere e risanare parte della galleria dello scarico di fondo esistente a quota 317 m il progetto prevedeva la realizzazione di un pozzo verticale. Lo scavo era previsto operando dal piano di campagna in corrispondenza del terrazzamento a quota 353,5 m s.l.m., poco a monte dello scarico di superficie della diga.

Il pozzo verticale previsto aveva profondità di circa 38 m e diametro interno di 10.0 m in corrispondenza del piano di campagna. Il pozzo sarebbe stato quindi realizzato sulla verticale del tratto in curva della galleria dello scarico di fondo, a monte delle paratoie.

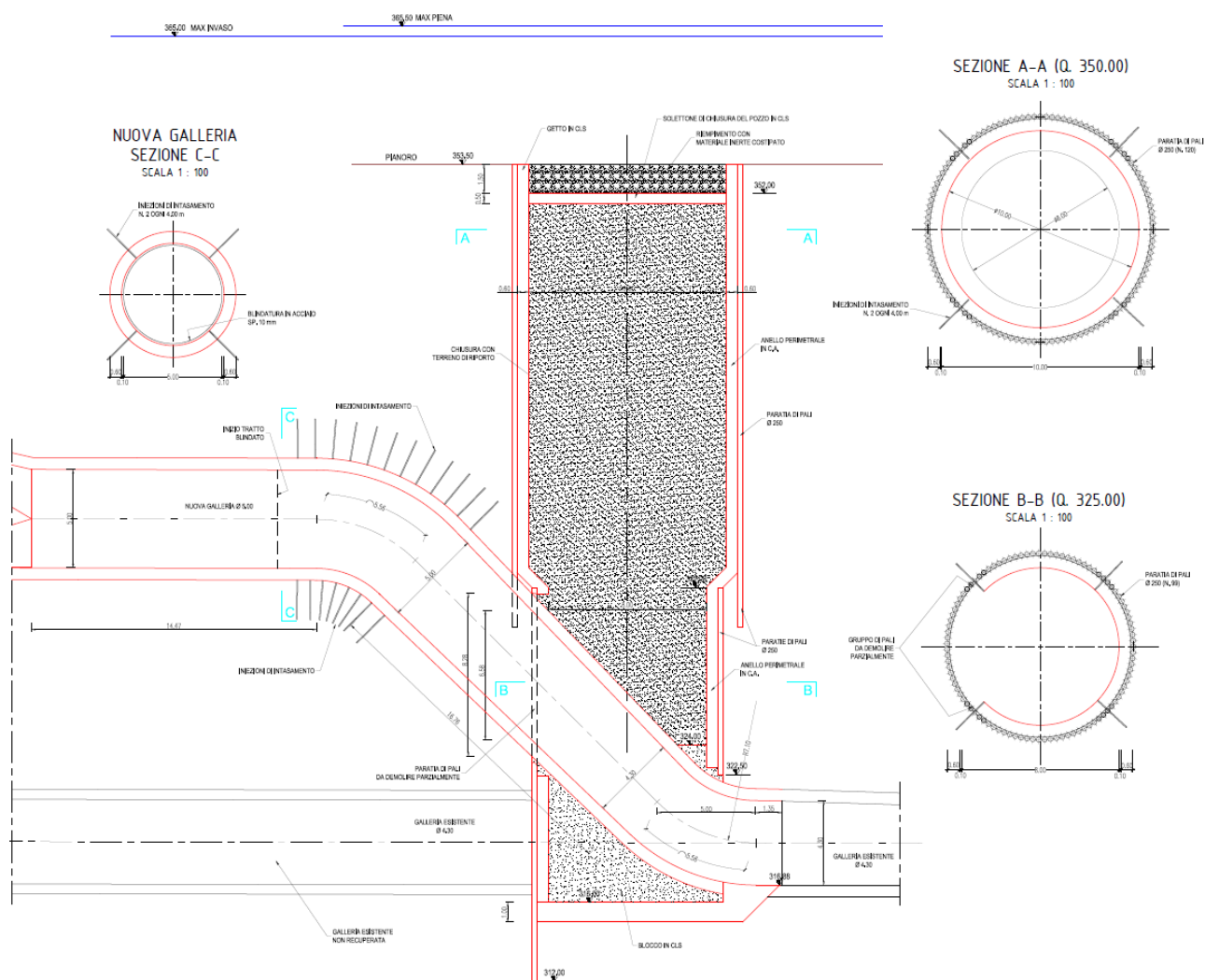


Figura 4.1: Tavola 5 - Sezioni particolari pozzo e galleria

Lo scavo del pozzo raggiungeva quindi la quota di 315 m circa intercettando la galleria dello scarico di fondo esistente, il cui estradosso in calotta è posto a quota 322 m s.l.m. circa, 30 m a monte delle paratoie dello scarico (60 m a valle dell'imbocco interrto). La sezione del pozzo sarà circolare, rastremata a quota 333 m s.l.m. in modo da ridurre il diametro interno da 10 m ad 8 m (tavola n. 5 - Figura 4.1).

Prima di completare lo scavo del pozzo verticale e demolire la galleria dello scarico di fondo intercettata, il progetto prevedeva la stabilizzazione del sedimento che ostruisce lo scarico lato vaso mediante iniezioni di malta o resine.

Completato lo scavo del pozzo verticale era prevista la rimozione dei sedimenti, la pulizia e il risanamento della galleria di scarico a valle del pozzo, la sostituzione delle paratoie dello scarico e la manutenzione del loro sistema di movimentazione.

Mediante dragaggio, a bacino pieno, si prevedeva quindi la rimozione dei sedimenti che giacciono all'interno dell'invaso in prossimità dell'area andava realizzata la nuova opera di imbocco dello scarico di fondo a quota 333 m s.l.m..

Stante la caratterizzazione ambientale e il volume dei sedimenti da movimentare il progetto prevedeva la loro collocazione all'interno dello stesso invaso e, onde evitare il permanere di elevati livelli di torbidità nel bacino, il loro conferimento era destinato al confinamento all'interno di geotubi drenanti ubicati sul fondo dell'invaso. I geotubi, opportunamente disposti, avrebbero costituito barre utili per limitare l'afflusso di sedimenti da monte verso il paramento della diga e le opere idrauliche. Quale opzione alternativa, in funzione dei risultati della caratterizzazione del materiale da dragare, il progetto prevedeva lo smaltimento di parte di questi sedimenti in discarica o avviato a riutilizzo.

Infine, dopo aver svasato completamente il bacino, si sarebbe proceduto alla realizzazione della nuova opera di imbocco dello scarico di fondo a quota 333 m s.l.m. ed allo scavo del nuovo tratto di galleria che, con un primo tratto a debole pendenza e la successiva discenderia, avrebbe raccordato l'opera di imbocco con la galleria di scarico preesistente. Lo sviluppo complessivo in asse della nuova galleria, da opera di imbocco a galleria di scarico a quota 317 m s.l.m., era di circa 43 m.

Quest'ultima fase dei lavori era l'unica che comportava una sostanziale interferenza con la gestione dell'invaso di Pozzillo. Le altre fasi dell'intervento di ripristino dello scarico potevano essere programmate su più annualità in modo da non comportare sostanziali limitazioni per l'uso dell'acqua nel periodo irriguo e comunque con limitate interferenze sui volumi potenzialmente invasati nella stagione piovosa.

L'attività di dragaggio, in concomitanza con eventi di piena, sarebbe stata sospesa in caso di necessità di rilascio dell'acqua dalla derivazione o dallo scarico di superficie. In definitiva, come accennato in premessa, il progetto preliminare prevedeva la movimentazione di circa 55.000 m³ di sedimenti mediante dragaggio e trasporto pneumatico verso monte, all'interno dello stesso invaso.

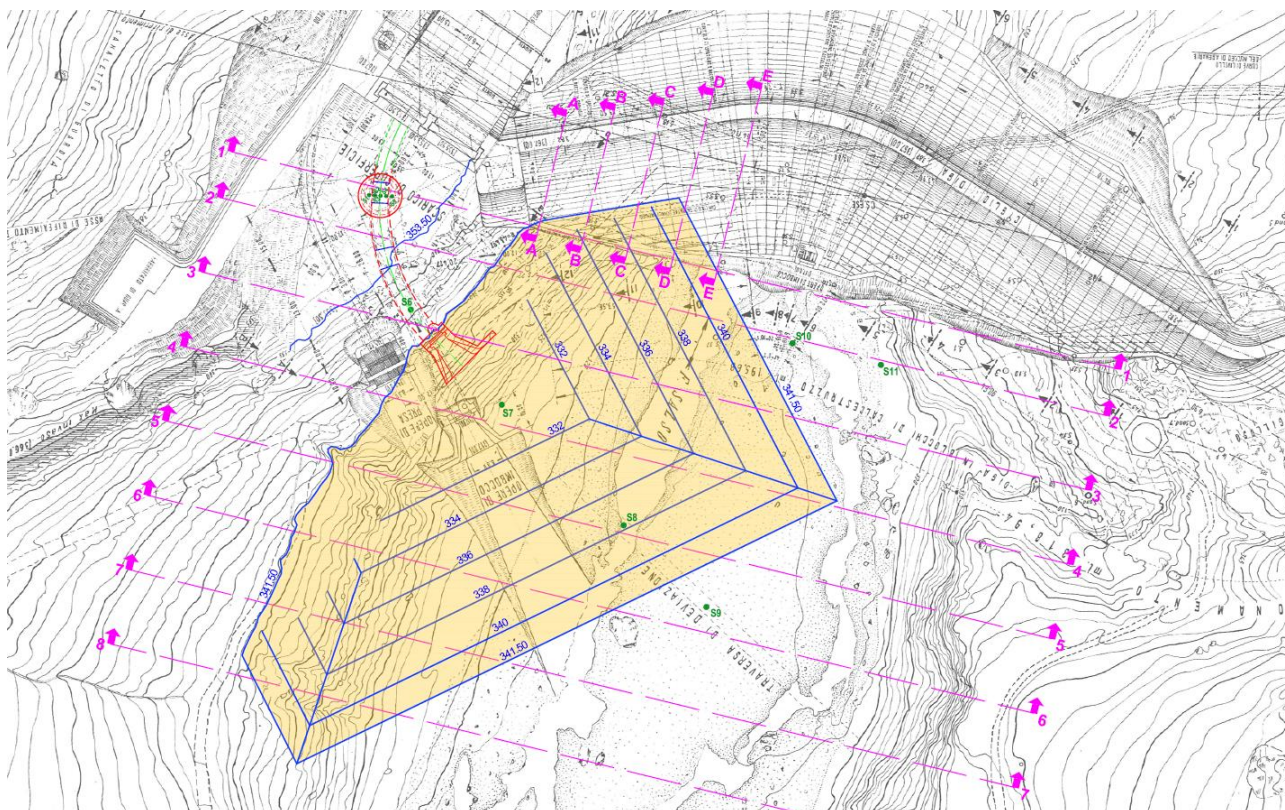


Figura 4.2: Tavola 2 - Planimetria Area Dragaggio

Come detto, per limitare fenomeni di intorbidimento dell'acqua ed evitare che il materiale dragato venisse nuovamente trascinato dalla corrente verso l'opera di presa e la diga, i sedimenti venivano confinati in geotubi disposti sul fondo del lago a quota 341,5 m circa. Era previsto l'utilizzo di geotubi con diametro nominale di 4 m, volume nominale 12,56 m³/ml. Considerato che l'effettivo volume di riempimento dei geotubi è pari mediamente a 10 m³/ml, era previsto il riempimento di circa 5500 ml di geotubi. I geotubi venivano quindi affiancati in coppie ed utilizzati per realizzare cinque barre trasversali ubicate sul fondo dell'invaso a distanza di 450 ÷ 750 m dalla diga (interasse medio tra le barre 75 m) con funzione di limitare nuovi apporti di sedimenti verso l'opera di presa e la diga (tavola 1 - Figura 4.3).

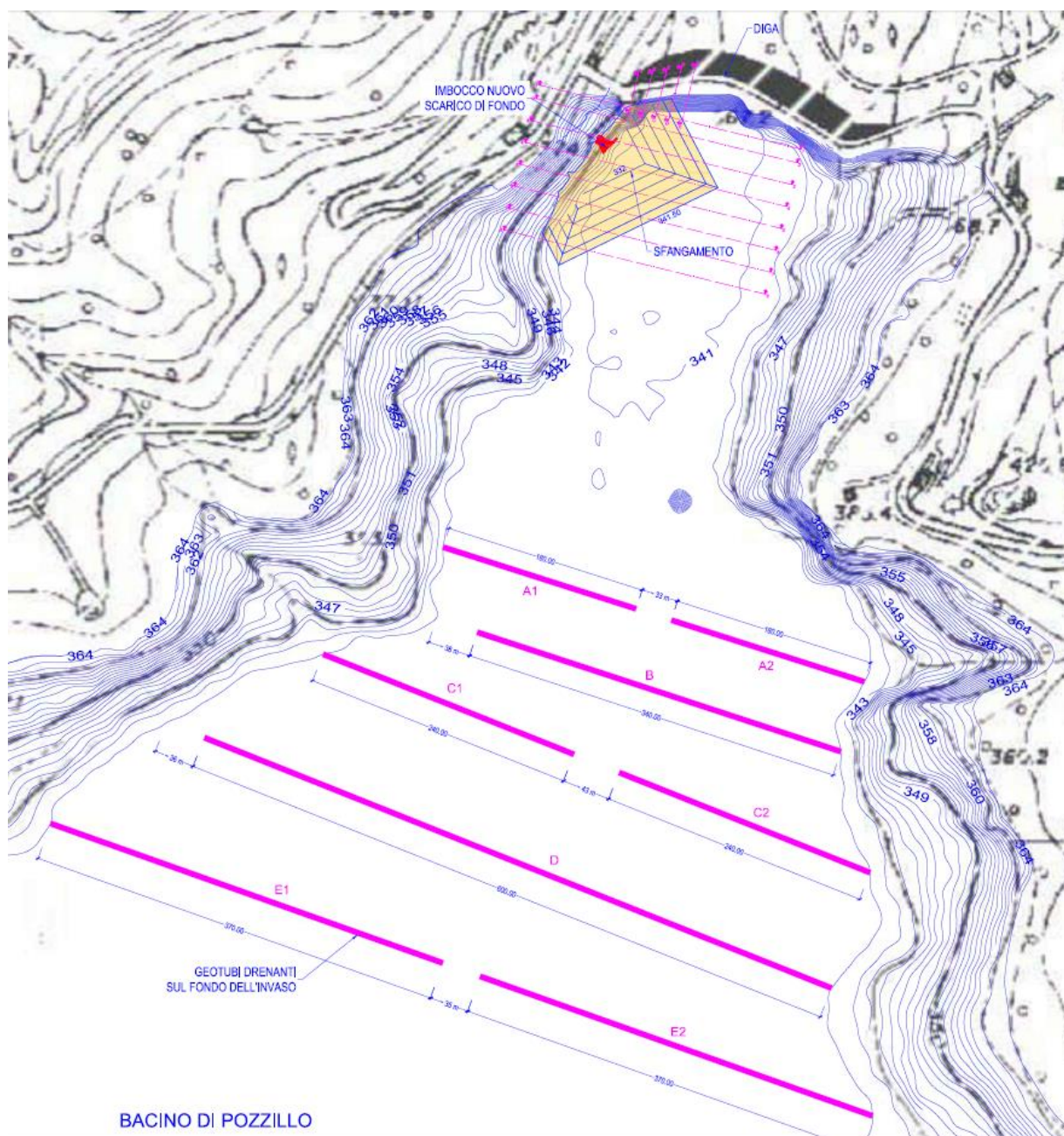


Figura 4.3: Tavola 1 - Batimetria bacino con ubicazione geotubi

Parte dei sedimenti da dragare, se le loro caratteristiche meccaniche e di permeabilità lo avrebbero consentito, sarebbero stati utilizzati per la realizzazione di una traversa di deviazione provvisoria atta a convogliare le acque fluenti verso l'opera di presa di Regalbuto, a difesa dell'area interessata dai lavori di realizzazione del nuovo imbocco dello scarico di fondo. La traversa di deviazione provvisoria era prevista con geotubi di dimensioni tali da poter essere rimossi a fine lavori.

4.2. Modifiche al Progetto Preliminare di febbraio 2017

A seguito dei primi risultati dei rilievi, dei sondaggi e delle indagini geognostiche preliminari eseguite da Enel Produzione, le cui attività in situ sono state completate in data 12/11/2016 si è reso necessario un aggiornamento del progetto e della stima dei lavori.

Le attività eseguite sono state le seguenti: batimetria dell'invaso, rilievo topografico dell'area in cui insiste la galleria dello scarico di fondo ed indagini geognostiche.

Negli allegati "A" e "B" al documento "Specifica Tecnica per la progettazione" sono riportate alcune foto dei carotaggi off shore e le schede sintetiche dei risultati delle prove scissometriche.

Di seguito si sintetizzano i più significativi risultati dei suddetti rilievi, sondaggi e indagini che hanno determinato la necessità di aggiornare la stima dei lavori:

- lo spessore di circa 10 m di sedimenti da movimentare per accedere in alveo e realizzare il nuovo imbocco dello scarico di fondo, è caratterizzato da caratteristiche meccaniche e geotecniche molto scadenti; in particolare la coesione C_u , determinata con prove scissometriche, come si evince dall'allegato "B", è compresa generalmente tra 10 e 20 KPa (0,1-0,2 kg/cmq);
- la consistenza dei sedimenti da dragare fino alla quota di 332 m slm non consente l'utilizzo, ipotizzato nel progetto preliminare "settembre 2014", dei geotubi per il confinamento finale del materiale dragato che dovrà, pertanto, essere collocato in apposite vasche di decantazione e deposito da realizzare all'interno del serbatoio;
- le indagini hanno confermato che la galleria dello scarico di fondo, intercettata dalle perforazioni eseguite da terraferma, è interrita per l'intero tratto a monte delle paratoie di intercettazione e necessita della rimozione di sedimento già prevista nel progetto preliminare "settembre 2014".

Di seguito si elencano le principali opere introdotte con questo aggiornamento del progetto non previste nel precedente preliminare "settembre 2014".

4.2.1. Opere di difesa area dragaggio

Considerate le scadenti caratteristiche geotecniche dei sedimenti da movimentare mediante dragaggio, a serbatoio pieno, è stato necessario da parte del concessionario integrare il progetto e prevedere un'opera di difesa a protezione dell'area di accesso in alveo antistante il nuovo imbocco dello scarico di fondo con il fine di garantire la sicurezza del personale operante. L'opera di protezione prevista, che delimitava una semicirconferenza di raggio 25 m, sarebbe dovuta essere costituita da pali accostati gettati in opera incastrati alla base nel terreno in posto; il progetto prevedeva la sua realizzazione prima dell'operazione di svaso finale, operando ad invaso pieno da imbarcazione, anche in parziale sovrapposizione con le attività di dragaggio dei sedimenti.

4.2.2. Ripristino opera di derivazione elettro-irrigua

La batimetria eseguita nel 2015 avendo evidenziato la presenza di sedimenti a ridosso della griglia dell'opera di presa della derivazione elettro-irrigua, da quota 333 m s.l.m. a quota 341 m s.l.m. ha indotto il concessionario a prevedere la pulizia e manutenzione della griglia nonché del primo tratto del derivazione;

4.2.3. Maggiori volumi da dragare

La valutazione svolta a seguito delle indagini relativamente alle scadenti caratteristiche fisiche e geotecniche dei sedimenti ha inoltre indotto il concessionario a rivedere la pendenza dell'area di scavo riducendola dal 20% a circa il 10% con il conseguente incremento del volume da dragare, in prossimità del nuovo imbocco dello scarico di fondo, da circa 55.000 m³ a circa 100.000 m³, con l'obiettivo di mantenerne la piena efficienza nel tempo.

4.2.4. Maggiori oneri dragaggio

L'impossibilità di utilizzare i geotubi per il confinamento finale del materiale dragato e la conseguente necessità di realizzazione di apposite vasche di decantazione e deposito all'interno del serbatoio comportava un extra costo valutato in circa 16 €/m³ da aggiungere al costo unitario di 44 €/m³ previsto dal progetto preliminare "settembre 2014" per un totale di circa 60 €/ m³.

4.2.5. Maggiori oneri per monitoraggio e caratterizzazione ambientale

L'onere del monitoraggio dello svaso e per la caratterizzazione ambientale dei sedimenti, già previsto dal progetto preliminare "settembre 2014", veniva rivalutato oltre che per la maggior quantità del sedimento dragato anche per la diversa modalità di movimentazione all'interno dell'invaso.

4.2.6. Sistemazione versante sponda sinistra

Fenomeni erosivi che nella stagione invernale 2014-2015 hanno interessato il versante in sponda sinistra, in corrispondenza della galleria dello scarico di fondo e della vasca di smorzamento a valle diga, rendevano necessaria la realizzazione di opere di ingegneria ambientale per la canalizzazione ordinata delle acque piovane.

4.2.7. Verifica sismica

Ad integrazione di quanto previsto dal progetto preliminare "settembre 2014", il quadro economico ha visto inserita anche l'attività professionale di rivalutazione della sicurezza sismica della diga ai sensi del D.M 26/03/2014 considerando l'attuale quota dei sedimenti e per la quale Enel avrebbe messo a disposizione i risultati delle prove di indagine già eseguite.

	Ripristino scarico di fondo della Diga di Pozzillo nel Comune di Regalbuto (Enna) – Progetto Definitivo	GEN0102REC_Relazione generale	pag. 26 Mag-19
--	--	-------------------------------	-------------------

5. SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA

5.1. Analisi, indagini e Studi integrativi condotti

A seguito di bando di gara con base il progetto preliminare nella sua versione definitiva del febbraio 2017 l'ATI Corip S.r.l. ha assunto l'incarico per la redazione del progetto definitivo. Durante la fase preliminare della Progettazione Definitiva sono state sviluppate alcune tematiche, per le quali si è ritenuto opportuno procedere ad un approfondimento tra i quali è stata anche condotta una campagna di rilievi topografici integrativi per una verifica ed un aggiornamento dell'assetto plano-altimetrico dell'area d'intervento oltre ad una serie di altre attività nel seguito meglio elencate e specificate.

5.1.1. Raccolta del materiale esistente

Le attività di reperimento del materiale esistente, propedeutico alla stesura del Progetto Definitivo sono consistite nelle seguenti:

1. Reperimento presso l'Assessorato Territorio e Ambiente – Dipartimento Urbanistica della Regione Siciliana di supporti cartografici georiferiti nel sistema di riferimento Gauss Boaga fuso est (Datum Roma 40):
 - Ortofoto in formato .ecw;
 - CTR in scala 1:10'000 in formato vettoriale (fogli n. 623110 e n. 623120);
 - DTM 1x1 m in formato .asc.
2. Raccolta di dati di pluviometrici e idrometrici relativi alle postazioni di misura presenti nel bacino idrografico afferente allo sbarramento in questione (Annali Idrologici dell'ex Ufficio Idrografico di Palermo), per individuazione stazioni attive e dismesse, ricostruzione storia delle stazioni, ubicazione, ecc.;
3. Raccolta di indagini geognostiche già eseguite, per estrapolare i parametri di resistenza meccanica del sedimento all'interno dell'invaso e del terreno di fondazione delle opere di sostegno previste in progetto;
4. Acquisizione informazioni presso ENEL S.p.A., gestore dello sbarramento:
 - Disegni del progetto originale della diga;
 - Foglio delle condizioni per l'esercizio e la manutenzione della diga;
 - Progetto di gestione dell'invaso;
 - Relazione tecnica UID1869 sulla "*Verifica della sicurezza idrologica dell'invaso*";
 - Articolo estratto dal fascicolo n. 4, Vol. XXXVI, 1959, della rivista mensile "*L'Energia Elettrica*";
 - Curva livelli d'invaso – volumi invasati;
 - Curva di funzionamento dello scarico di fondo esistente;
 - Tabella di funzionamento dell'opera di derivazione;
 - Livelli d'invaso giornalieri dal 1970 ad oggi, misurati alla stazione idrometrica installata sulla diga;
 - Andamento dei volumi entranti e derivati mensilmente a scopo irriguo ed idroelettrico dal 2008 al 2017;

- Rilievi batimetrici effettuato per Enel dalla ditta URS Italia S.p.A. nel 2011 e nel 2015.

5.1.2. Sopralluoghi ed incontri

Oltre ai sopralluoghi condotti da singoli esperti dei diversi settori nell'ambito delle indagini descritte in seguito, sono stati realizzati anche specifici sopralluoghi e/o riunioni tecniche che hanno coinvolto tutto il gruppo di lavoro nonché, in alcuni casi, i tecnici di Enel S.p.A..

Tali sopralluoghi e riunioni, svoltisi prevalentemente fra l'aprile ed il maggio 2018, hanno costituito un efficace tavolo tecnico di confronto durante le fasi di progettazione che hanno permesso di tener conto, fin dal principio, dei vincoli e delle peculiarità del territorio in esame nonché dei diversi interessi in gioco.

5.1.3. Indagini topografiche

Per la corretta definizione dello stato di fatto è stato eseguito un apposito rilievo dello scarico di superficie della diga e della sponda del lago in sinistra idraulica, prospiciente l'area interessata dall'intervento. Detto rilievo è stato realizzato con strumentazione GPS e restituito in scala 1:200, georiferito nel sistema di riferimento Gauss Boaga fuso est.

Si è inoltre provveduto a reperire il rilievo celerimetrico della viabilità d'accesso al coronamento della diga in sinistra idraulica, eseguito nel 2016 dalla società GEO R.A.S. S.r.l., nell'ambito del progetto di una pista provvisoria di servizio da realizzare all'interno dell'invaso Pozzillo.

5.1.4. Aspetti geomorfologici, geologici ed idrogeologici

L'assetto geologico dell'area di intervento è costituito dall'affioramento della formazione del Flysch numidico, si tratta di marne argillose di colore nerastro, a struttura prevalentemente indistinta, passanti verso l'alto ad argille marnose di colore grigio e grigio-verdastro, a struttura scagliosa o indistinta intercalate da livelli di arenarie grigie e da locali intercalazioni di quarzareniti medio-fini grigie e giallastre, in strati da sottili a medi. A luoghi si rinvencono porzioni costituite da quarzareniti medio-fini di colore grigio e giallastro, in grossi banchi generalmente gradati, con frequenti intercalazioni di argille marnose di colore grigio e bruno in strati da molto sottili a medi. Età: Oligocene superiore - Burdigaliano

Nell'area di intervento è possibile individuare le seguenti unità litostratigrafiche:

- membro quarzoareniti (litofacies A): costituisce un ammasso roccioso fratturato in bancate massicce di un materiale da duro a molto duro, di spessore da decimetrico a qualche metro. Questi corpi dispongono di una geometria lenticolare che varia lateralmente e verticalmente; essi possono inoltre essere intercalati dall'orizzonti argillitici.
- membro marnoso arenaceo (litofacies B): caratterizzato da alternanza di marne e argilliti con livelli di arenarie, quarzo areniti e calcareniti in rapporto variabile ma con una tendenziale prevalenza degli strati marnoso-argillitici; gli strati arenacei possono avere spessore da centimetrino a qualche metro. Questa litofacies costituisce, nel complesso, un ammasso roccioso misto con una dominante marnoso argillitica che lo assimila ad un comportamento da roccia tenera.
- membro marnoso arenaceo alterato: si tratta del membro marnoso che subisce un'eluviazione consistente e pertanto per uno spessore di diversi metri le caratteristiche meccaniche della formazione acquisiscono parametri residuali. Nell'area di intervento viene collocato lungo la strada.

- depositi alluvionali olocene -attuali: ubicati lungo il fiume a valle dalla diga.

La diga è impostata in asse di una lente di quarzareniti e arenarie di spessore deca metrico. La spalla sinistra si dispone con azimuth dell'immersione N350° e inclinazione di circa 45° in prossimità dell'imbocco della presa; la spalla destra ha giacitura N030° e inclinazione verticale.

Dal punto di vista strutturale il territorio in esame è caratterizzato da vari sistemi di dislocazione tettonica, orientati prevalentemente in direzione NW-SE e NE-SW. I disturbi tettonici sono evidenziati dall'intensa fatturazione dei livelli arenacei competenti (con la conseguente formazione di brecce di faglia) e dall'intensa microfratturazione della componente argilloso marnosa che lungo i piani di faglia assume caratteri di roccia sciolta tipicamente scagliosa. L'assetto geologico-strutturale è fortemente condizionato dal processo tettonico che ha portato al sovrascorrimento del Flysch Numidico sull'unità di M. Judica. I terreni quindi si presentano fratturati e la struttura nel complesso è fortemente disarticolata.

5.1.5. Studio idrologico e idraulico

▪ **Analisi dell'informazione pluviometrica**

Per stimare il valore delle precipitazioni di diversa durata ad assegnato tempo di ritorno si è utilizzato l'approccio della "regionalizzazione" dell'informazione idrologica disponibile, facendo ricorso in particolare ai risultati prodotti nell'ambito del Progetto VAPI; l'analisi degli eventi idrologici intensi, su base regionale, consente infatti di sfruttare al meglio i dati sperimentali disponibili e ricavare con maggiore affidabilità le precipitazioni in funzione di durata e tempo di ritorno, in quanto integra la limitata informazione temporale con la più ampia informazione spaziale. Fondamentale, in questo genere di analisi, è il concetto di "regione" definita come un gruppo di siti "idrologicamente omogenei", ossia con una distribuzione di probabilità di eventi idrologici che si può ritenere unica a meno di un fattore di scala.

▪ **Analisi statistica diretta dell'informazione idrometrica**

Analogamente alla metodologia seguita per la valutazione delle precipitazioni, anche per stimare le portate di assegnato tempo di ritorno si è utilizzato l'approccio della "regionalizzazione" dell'informazione idrologica disponibile, facendo ricorso ai risultati prodotti nell'ambito del progetto VAPI. Nelle fonti di letteratura si perviene alla conclusione che la Sicilia può essere suddivisa nelle stesse zone omogenee pluviometriche, anche nei confronti delle portate e che la curva di crescita delle portate al colmo può essere definita stimando i parametri sulla base dei dati giornalieri.

▪ **Predisposizione e taratura del modello afflussi-deflussi**

Determinate tramite metodo diretto le portate di piena attese al serbatoio per tempi di ritorno fino a 100 anni, il passaggio successivo è stato quello di calibrare un modello di trasformazione afflussi-deflussi a partire dalla portata al colmo affluente al serbatoio associata ai medesimi tempi di ritorno.

A tale scopo è stato impiegato il metodo cinematico o razionale.

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura; nello specifico è stato assunto pari a 7.50 ore.

Il coefficiente di deflusso è stato valutato per tentativi in modo da riprodurre, a partire dalla sollecitazione meteorica di durata pari al tempo di corrivazione di cui sopra, delle portate al colmo paragonabili a quelle ottenute utilizzando la sola informazione idrometrica per i vari tempi di ritorno considerati.

L'onda di piena nella sua compiutezza è stata quindi valutata, basandosi sulle suddette portate al colmo, adottando le relazioni di Gregorig.

▪ **Verifica del funzionamento idraulico del nuovo scarico di fondo**

Per i vari gradi di apertura delle paratoie, la max portata scaricabile, che si verifica ovviamente in corrispondenza del livello di max invaso sito a 366.50 m s.l.m., è risultata essere superiore nella nuova configurazione di progetto rispetto a quella originaria. Pur avendo considerato una scabrezza del rivestimento interno pari a quella assunta nel progetto originario ed essendo presenti due curve che producono una perdita di carico concentrata non trascurabile, il miglioramento delle prestazioni idrauliche dell'organo di scarico di fondo è spiegabile con il decremento delle perdite di carico per attrito lungo la galleria di scarico: infatti, essa presenta uno sviluppo longitudinale inferiore e un diametro medio maggiore.

▪ **Laminazione dell'evento di piena di progetto e valutazione dell'adeguatezza idraulica degli scarichi**

Per quantificare l'effettivo grado di sicurezza idrologico-idraulica della diga di Pozzillo durante le operazioni di cantiere, è stato necessario indagare il comportamento del sistema invaso-organi di scarico all'arrivo degli eventi di piena di dato tempo di ritorno considerando anche la capacità di laminazione dell'invaso.

Per ottenere il livello idrico massimo raggiunto nell'invaso e le corrispondenti portate massime esitate dagli scarichi, si sono pertanto effettuate delle simulazioni numeriche del processo di laminazione operato dal volume di invaso sugli idrogrammi in ingresso.

La valutazione degli effetti di laminazione sull'idrogramma di progetto, per assegnato tempo di ritorno, è stata effettuata tramite un modello numerico che permettesse l'implementazione della relazione tra portate in ingresso, portate in uscita e volume invasato.

Si è potuto osservare come, su base statistica, la sicurezza delle lavorazioni all'asciutto è garantita dall'attivazione della sola opera di derivazione solamente se, in caso di arrivo di piena trentennale (tempo di ritorno assunto per tale verifica), il livello idrico nell'invaso è inferiore o uguale a 345.00 m s.l.m..

5.1.6. Studi ambientali e archeologici

Il Lago Pozzillo ricade interamente all'interno del sito della Rete Natura 2000 ZSC Lago di Pozzillo; per questo motivo, oltre allo Studio di Impatto Ambientale, è stato predisposto anche lo Studio di Incidenza. La definizione del quadro ambientale di riferimento è stata effettuata raccogliendo i dati disponibili sull'uso del suolo, la geologia, la flora, la fauna, la qualità dell'aria e dell'acqua; sono state utilizzate in particolare le informazioni pubblicate da ARPA (qualità delle acque e dell'aria), opportunamente integrate con gli studi specialistici disponibili (p.e. P.d.G. della ZSC e articoli scientifici sul fitoplacton del Lago Pozzillo). Sono inoltre stati acquisiti ed elaborati i dati climatici, metereologici e idrologici rilevati da Enel e i dati ambientali prodotti nel corso di studi pregressi per conto di Enel (batimetrie e indagini sui sedimenti e sulla qualità delle acque e sulla fauna ittica dell'invaso). L'andamento storico dello stato dell'ecosistema lacustre è stato così ricostruito rispetto alle caratteristiche idrologiche (p.e. livelli di invaso), morfologiche (capacità di invaso e interrimento), idrochimiche (distribuzione verticale stagionale dei principali parametri di qualità delle acque e concentrazione dei nutrienti), della comunità planctonica e di quella ittica. E' stato poi definito il quadro di riferimento programmatico, con un inquadramento dell'area di studio rispetto agli strumenti di pianificazione vigenti. Facendo riferimento alle caratteristiche del progetto, lo Studio di Impatto ha analizzato i potenziali effetti sui diversi comparti ambientali, prospettando per quelli potenzialmente significativi le opportune misure di mitigazione. Lo Studio di Incidenza ha focalizzato la valutazione sui possibili effetti del progetto rispetto agli habitat e alle specie di interesse comunitario presenti nella ZSC; a tal fine le informazioni disponibili sono state integrate da quelle raccolte durante un apposito sopralluogo effettuato nel mese di luglio 2018, che ha permesso di aggiornare l'effettiva estensione degli habitat di interesse comunitario e l'elenco delle specie di uccelli presenti. Nel corso della predisposizione di questi studi, l'interazione con il gruppo di progettazione ha permesso di selezionare le modalità di realizzazione delle opere previste più sostenibili, evitando ripercussioni rilevanti e/o non reversibili sui comparti ambientali coinvolti. Lo Studio di Impatto Ambientale contiene infine un programma di monitoraggio dei comparti ambientali nelle diverse fasi del progetto (ante operam, in corso e post operam), in modo da permettere interventi in caso di necessità.

5.1.7. Verifica di occupazione temporanea ed eventuali espropri

L'esproprio è regolamentato dal *“Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità”*, approvato con il DPR del 8 giugno 2001 n. 327 e successive modifiche ed integrazioni aggiornate al 2012.

La presente verifica delle aree e valutazione di occupazione temporanea, servitù e/o eventuali espropri di aree private è stata elaborata a partire dalla sovrapposizione planimetrica degli interventi in progetto agli estratti di mappa catastali del comune di Regalbuto. Una volta individuati i mappali sono state eseguite le relative visure catastali per l'individuazione degli intestatari dei beni immobili.

Le aree che verranno interessate dai lavori per il ripristino dello scarico di fondo della diga di Pozzillo nel Comune di Regalbuto ricadono tutte in zone di proprietà pubblica.

5.2. CARATTERISTICHE DEL PROGETTO PROPOSTO

5.2.1. Criticità progetto preliminare Enel e soluzioni individuate per il Progetto Definitivo

Come evidenziato ai punti precedenti, l'attività preliminare alla progettazione definitiva ha previsto una serie di rilievi, controlli, studi e verifiche molto approfondite che hanno consentito di fare una valutazione delle problematiche ed un'analisi di come queste erano state affrontate e risolte nella fase progettuale precedente. Gli approfondimenti e la lettura critica delle diverse soluzioni che nel tempo sono state proposte per il superamento delle criticità, assieme ad una valutazione costi benefici sulle possibili soluzioni alternative ha comportato una rivisitazione profonda delle tecnologie individuate nella progettazione preliminare salvaguardandone però la logica e gli obiettivi finali.

In effetti, la finalità progettuale portata avanti dal concessionario, condivisa peraltro con il Ministero delle Infrastrutture nell'organo del Servizio Dighe e con la Regione Sicilia cui è stato richiesto parere preliminare, era quella di ripristinare le condizioni di sicurezza garantendo la possibilità di operare lo svaso del bacino attualmente non possibile a causa della presenza dei sedimenti e del conseguente interrimento dello scarico originario.

Tale obiettivo veniva raggiunto operando un sovrizzo delle opere di scarico fino alla quota della derivazione (333.0 m s.l.m.m.), ovvero realizzando una nuova opera secondo le modalità descritte ai punti precedenti. Le nuove opere venivano realizzate con modalità diverse da quelle che andremo ad analizzare nel seguito ma richiedevano un'area di imbocco – che era stata quantificata in un'area di circa 30 x 60 m di fronte alle nuove opere – necessaria a garantire la funzionalità del nuovo scarico per un congruo tempo dal termine delle lavorazioni.

Punti cardine del progetto, considerati invarianti da mantenere nella Progettazione definitiva, sono stati gli obiettivi e le geometrie di massima per i quali si sono espressi, con parere favorevole preliminare, sia gli organi regionali che quelli statali e che vengono nel seguito sinteticamente riassunti:

- Realizzazione di una nuova opera di scarico alla quota di 333.0 m s.l.m.;
- Realizzazione di un pozzo di intercetto sul pianoro a quota 353.50 circa fino ad intersecare la galleria di scarico esistente alla quota di circa 315.0 m s.l.m.
- Realizzazione di un raccordo alla nuova opera di scarico con tubo Ø 5000 mm da realizzarsi ex novo;
- Realizzazione di un'area di calma di circa 1800 mq a quota 333.00 m s.l.m. di fronte alle nuove opere di scarico al fine di garantire la funzionalità e la durabilità delle opere;
- Pulizia e ripristino dell'opera di presa e derivazione esistente, delle opere elettromeccaniche e della galleria di scarico nel tratto di valle;
- Opere di ingegneria naturalistica e deflusso delle acque sul versante in sinistra idraulica a valle dello sbarramento.

Considerando tali aspetti il progetto definitivo qui presentato non ha apportato significative variazioni ma, piuttosto, ne ha cambiato le modalità di raggiungimento, **senza precludere futuri interventi volti a ripristinare completamente lo scarico originale**. Le variazioni introdotte sono dovute ad una serie di

criticità emerse durante l'analisi preliminare del progetto che hanno convinto gli scriventi ed il concessionario stesso a rivedere alcune caratteristiche del progetto e, soprattutto, le modalità di esecuzione delle opere.

Effettivamente dall'analisi delle indagini geognostiche integrative del 2016, messe a disposizione dalla concessionaria a norma 50/2016, come allegato al Progetto Preliminare, e dalle precedenti informazioni reperite presso gli archivi ENEL è emerso che i sedimenti presenti sul fondo non hanno caratteristiche meccaniche sufficienti a mantenere pendenze né di 1/10 né di 1/20 sicché la fattibilità della "tramoggia" a protezione dell'area di calma avrebbe avuto breve vita utile ed il pendio non avrebbe soddisfatto i requisiti di stabilità subacquea trovandosi rapidamente a rifluire nell'area di recente dragaggio.

La soluzione indicata nella revisione del Progetto Preliminare nella versione del febbraio 2017, per la quale i sedimenti sarebbero dovuti essere trattenuti da una paratia di pali a protezione del cantiere, avrebbe peraltro complicato le cose laddove la sua realizzabilità sarebbe dovuta essere soggetta allo svasso dell'intero bacino e la realizzazione di pali trivellati tradizionali. Rimandando l'analisi delle problematiche di svasso, l'esecuzione di pali trivellati in tradizionale sul sedimento oggetto di recente svasso è un tema che ha evidenziato notevoli criticità la cui analisi consente di comprendere meglio le scelte operate.

L'esecuzione di pali trivellati in opera in terreni dalle caratteristiche meccaniche molto scadenti, ai limiti della consistenza, comporta, oltre ad ovvie criticità in ambito di sostegno del foro, problematiche relative all'impianto cantiere dovendo sostenere il peso delle attrezzature di perforazione e delle macchine a corredo delle opere (autobetoniere, pale meccaniche, carri ecc ecc). Parimenti la perforazione di elementi rocciosi, che nel caso specifico sono presenti subito a letto del sedimento, nasconde problematiche dovute alla necessità di utilizzare attrezzature completamente opposte a quelle utilizzabili nei casi di attraversamento dei terreni teneri. In tali condizioni si è ritenuto che la tecnologia indicata, oltre a creare problemi praticamente irrisolvibili a livello di perforazione era comunque da sostituire per via delle problematiche relative all'impianto del cantiere,

Ulteriore problematica da evidenziarsi relativamente alle tecnologie di esecuzione delle opere di sostegno è poi da identificarsi con la presenza, all'interno del versante, di una ricca falda acquifera alimentata dallo stesso bacino. Tale falda, all'atto dello scavo del pozzo e della galleria, avrebbe filtrato attraverso la roccia fratturata creando problemi nello scavo. Al fine di superare tale criticità sarebbero dovute essere eseguite una serie non prevedibile di iniezioni di impermeabilizzazione con evidenti sovraccosti nel piano economico.

La necessità di eseguire lo svasso poi, non solo a causa dell'esecuzione della palificata ma anche, e soprattutto, per garantire la realizzabilità delle nuove opere di imbocco e della galleria di collegamento al pozzo intercetto, comportava problematiche irrisolvibili nei limiti di budget relativamente all'impatto ambientale delle opere.

In effetti, lo svasso dell'intero bacino, oltre a complicare la gestione irrigua delle aree a valle della diga, con conseguenze gravi sull'indotto economico, ambientale e sociale delle aree, introduceva un gravoso problema della gestione del patrimonio ittico che avrebbe comportato o la perdita di un'infinità di esemplari oppure la gravosissima raccolta dei medesimi e la loro messa a dimora provvisoria in un opportuno specchio lacustre all'uopo selezionato o preparato.

Appare del tutto evidente, pertanto, che una soluzione che avrebbe garantito il raggiungimento degli obiettivi progettuali, nei limiti di budget, assieme ad una gestione più flessibile del patrimonio idrico, con una minore

rigidità della gestione dei livelli del bacino, per la durata dei lavori, doveva essere un obiettivo di primo interesse.

Infine, tra le criticità emerse nel progetto, la gestione dei sedimenti dragati in vasche di essiccazione è apparso non perseguibile in quanto il processo di essiccazione avrebbe richiesto allo stesso tempo aree eccessivamente estese e tempi di maturazione non compatibili con le esigenze progettuali.

Tutte queste criticità sono state superate nella versione del progetto preliminare qui esposto e nel seguito più approfonditamente analizzato.

Senza voler anticipare i contenuti degli approfondimenti esposti nel presente testo è opportuno sintetizzare che l'introduzione di due tecnologie, poco note in questi ambiti ma abbondantemente sviluppate all'estero, hanno comportato la fattibilità degli interventi introducendo anche variazioni in termini di geometrie e di fasizzazione del cantiere ma garantendo il raggiungimento degli obiettivi. Le tecnologie cui si fa riferimento sono relative alla realizzazione delle opere di contenimento tramite O-Piles (o sistemi equivalenti), ovvero tramite un sistema di pali interconnessi in acciaio, e l'utilizzo di un sistema di ispessimento dei fanghi dragati tramite centrifuga mutuandone l'utilizzo dal trattamento dei fanghi di perforazione con sistemi *nodig*.

Di entrambe le tecnologie si anticipa nel seguito una descrizione con le maggiori peculiarità evidenziando che per quanto attiene all'ispessimento dei fanghi il presente progetto lascia la possibilità di utilizzare metodologie alternative, con pari risultato, a scelta dell'appaltatore quali ad esempio l'utilizzo di idonee filtropresse.

5.2.1.1. Tecnologia degli O-Pile (o sistemi equivalenti di paratie di pali interconnessi)

Quanto anticipato al punto precedente, relativamente alle criticità di realizzazione delle opere di contenimento in termini di cantieristica e perforazione, viene qui ripreso ed approfondito nell'ottica di ragionare e riportare su di una delle novità tecnologiche di maggior rilievo introdotte nella presente versione progettuale.

Come detto, le opere di contenimento dovranno essere realizzate in diversi terreni e con diverse attrezzature a corredo. Infatti, con riferimento alla relazione geologica ed alla relazione geotecnica allegate al progetto, nell'area sono presenti, oltre ai sedimenti causa della copertura e della perdita di funzionalità dello scarico di fondo, anche delle piccole coperture terrose insistenti su banchi di arenaria e di roccia in genere.

La realizzazione di opere di sostegno infisse in roccia e passanti terreni teneri al limite della consistenza, come risultano i fanghi di accumulo presenti nell'area di scarico, crea, in generale, delle grosse problematiche in termini di esecuzione con riferimento alla scelta della corretta tecnologia di scavo. Se infatti la perforazione in terreni inconsistenti necessita di elementi di rivestimento del foro e l'utilizzo di attrezzi di scavo a cucchiaio (bucket), ovvero l'utilizzo di pali ad elica continua con trascinamento automatico del rivestimento, la perforazione di terreni rocciosi e molto consistenti comporta l'utilizzo di martelli fondo foro che difficilmente possono essere utilizzati in condizioni di terreno inconsistente.

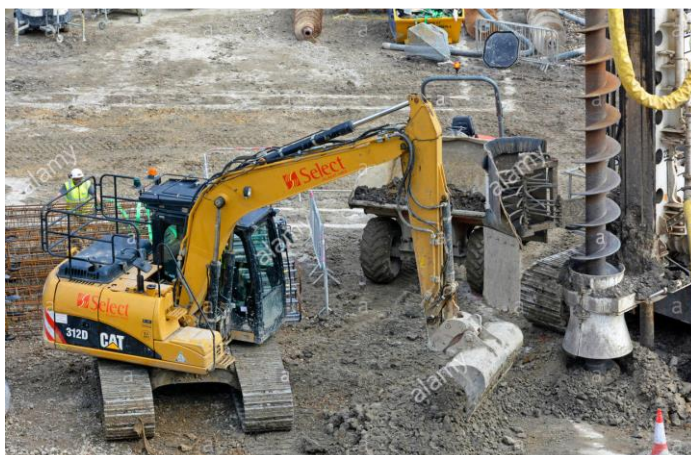


Figura 5.1: tecniche di scavo tradizionali, a sinistra il cucchiaio a destra l'elica continua.

A corredo delle problematiche fin qui riportate vi è l'esigenza di garantire la tenuta idraulica per tutte le opere a terra compresa la cuffia di ritenuta attorno alla nuova opera di scarico. Tale problematica necessiterebbe l'utilizzo di palancolati o di muri combinati muniti di opportuni gargami a tenuta.



Figura 5.2: Muro combinato di palancole e travi di irrigidimento

Come è possibile immaginare, risolvere tutte le problematiche fin qui riportate, ha comportato la necessità di individuare una tecnologia originale che fosse in grado allo stesso tempo di comportarsi come un muro combinato di palancole interconnesse che fosse in grado di penetrare rocce compatte attraversando al contempo terreni teneri che necessitano il trascinamento di un lamierino metallico di rivestimento.

La descritta tecnologia si individua sul mercato con diversi nomi ma che fanno tutti riferimento alla tipologia di pali in acciaio interconnessi con gargame, eventualmente a tenuta, realizzati con martello fondoforo e smarino idraulico o pneumatico.

Per eseguire l'operazione di trascinamento del rivestimento, che ha anche funzione statica, il martello ha una testa a perdere in grado di eseguire un sovrascavo necessario, da un lato, all'avanzamento del tubolare e, dall'altro, ad inserire il gargame di interconnessione con il palo limitrofo (Figura 5.3).



Figura 5.3: Elementi di composizione del martello *fondoforo* e della "scarpa a perdere"

Il gargame, al fine di garantire maggiore resistenza e maggiore contenimento dell'eventuale sigillante di impermeabilizzazione dovrà avere la tipica conformazione ad omega come riportato in Figura 5.4 e Figura 5.5.

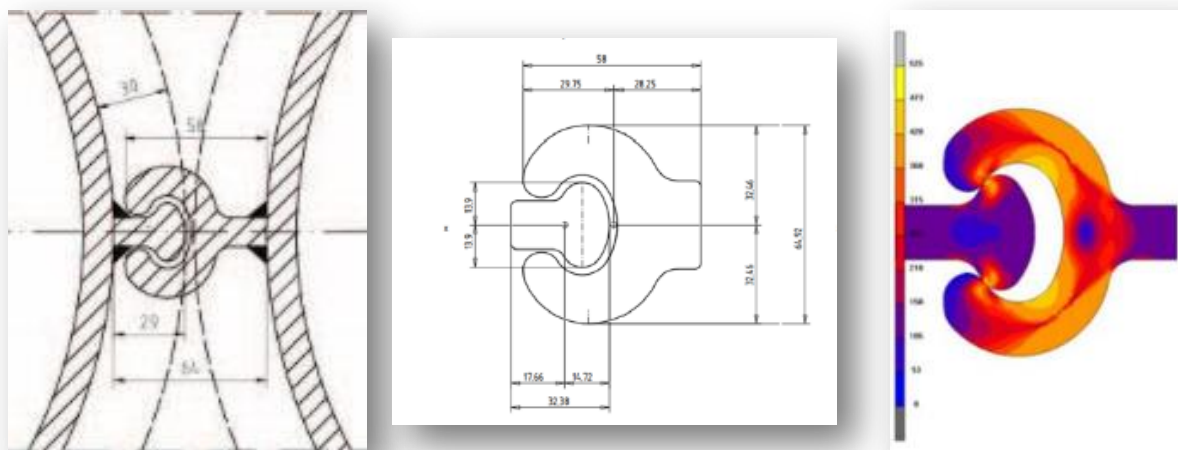


Figura 5.4: Gargame ad omega

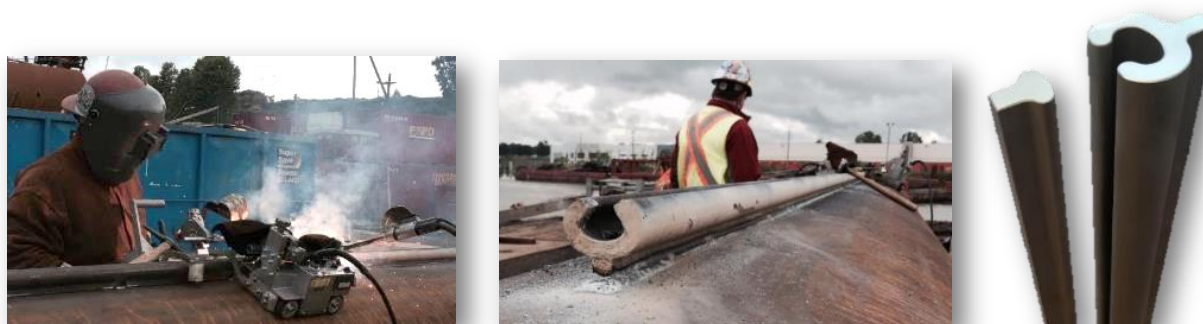


Figura 5.5: Gargame ad omega durante la fase di saldatura lungo il fusto del lamierino.

La possibilità di iniettare anche l'anulus di sovrascavo dovuto alla perforazione, nel caso di gargame fino al piede dell'opera, garantisce l'impermeabilizzazione a tenuta evitando l'aggiramento delle opere. È infatti possibile, utilizzando un canale di iniezione adiacente al gargame, iniettare del betoncino a completa saturazione dell'anulus come evidenziato dalle prove eseguite nel cantiere di Skanska e riportato in Figura 5.6.



Figura 5.6: Sovrascavo realizzato nel granito e riempito dal betoncino

L'utilizzo di una dima di attacco dello scavo consente di mantenere la precisione e la verticalità stessa dell'istallazione ed il corretto incardinamento del gargame femmina sul gargame maschio che, quando si necessita della tenuta idraulica, garantisce il corretto funzionamento del sigillante. Ulteriori soluzioni tecnologiche come il flusso d'aria coassiale interno alle aste ed il relativo smarino pneumatico, in luogo delle alette di sovrascavo laterali ed il flusso d'aria diretto esternamente al palo, consentono di mantenere l'allineamento evitando al contempo cedimenti alle aree circostanti.

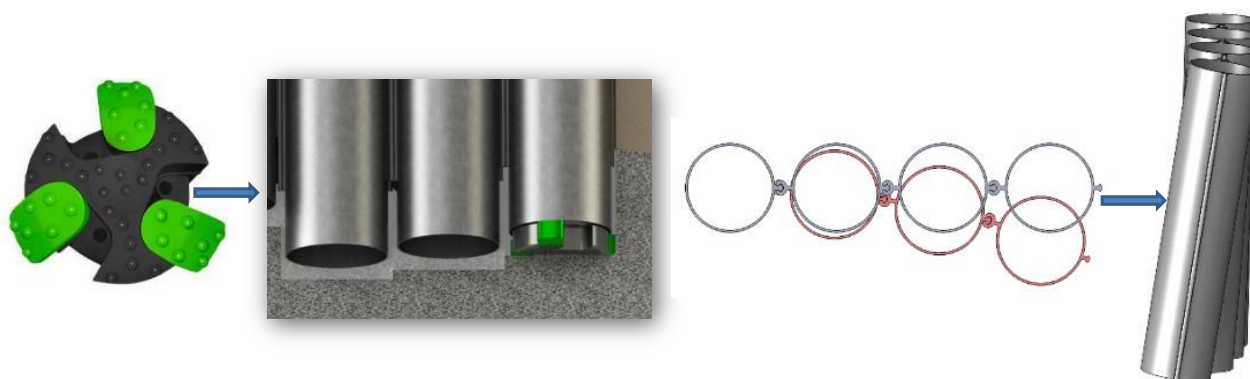


Figura 5.7: Disallineamento provocato dall'uso di alette laterali.

Tramite tale tecnologia sono stati realizzati, in particolare nei paesi scandinavi ove i depositi glaciali scarsamente consistenti sovrastanti un substrato roccioso duro sono molto frequenti, numerosi cantieri sia a terra che a mare riuscendo al contempo di garantire la soluzione a tutte le criticità indicate in premessa.



Figura 5.8: Installazione dei pali interconnessi in un cantiere a Skanska, Helsinki.

Soluzioni in mare o in bacini idrici simili a quello in questione sono state largamente provate con ottimi risultati necessitando però di una logistica studiata ad hoc al fine di garantire l'allineamento e la verticalità del tubolare oltre al necessario incardinamento dei gargami.



Figura 5.9: esempio di installazione in acqua

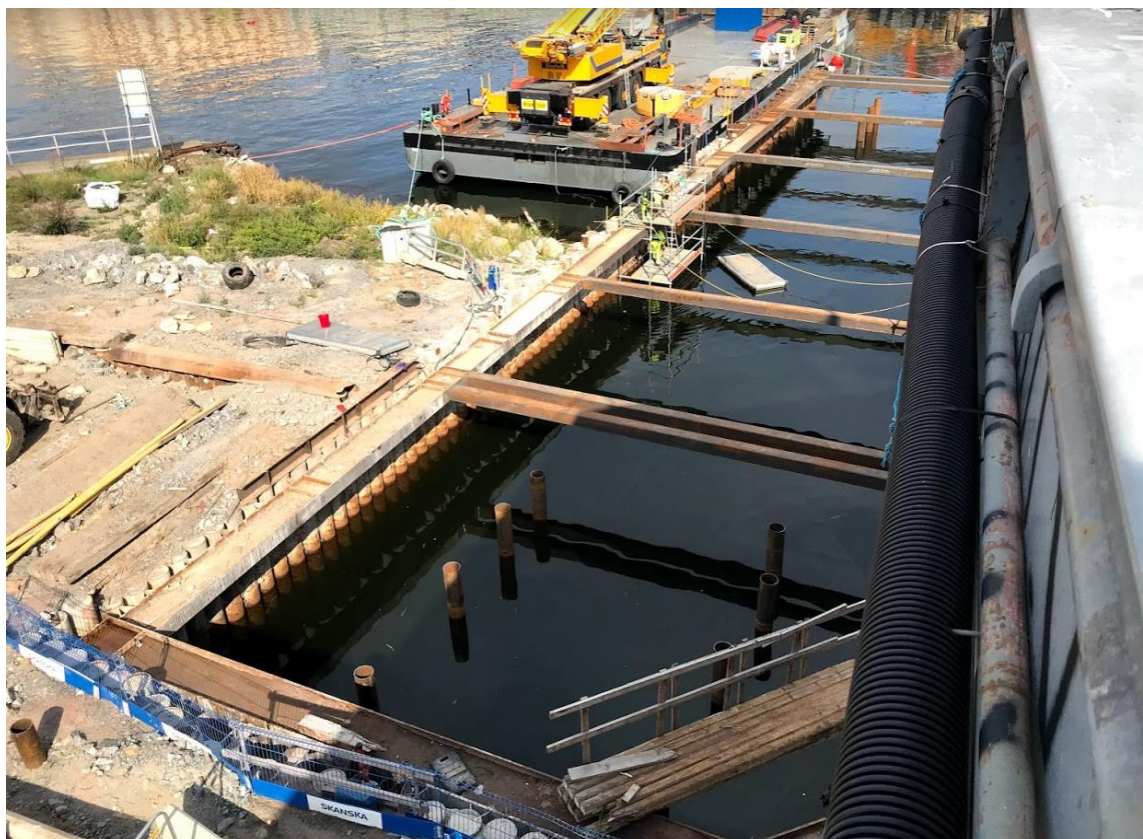


Figura 5.10: Impianto cantiere durante la realizzazione delle paratie nella laguna di Stoccolma per la realizzazione di una nuova chiusa.



Figura 5.11: Creazione di una vasca a fianco al canale con paratia a tenuta. Notare la differenza di livello idrico tra il canale e la vasca a verifica della perfetta tenuta idraulica del sistema proposto.

5.2.1.2. Sistema di ispessimento sedimenti dragati

Nel campo dell'ispessimento fanghi ed in particolare nel trattamento dei materiali di smarino delle gallerie e di perforazione con l'ausilio di fanghi bentonitici, il tema del ricircolo dei fanghi di perforazione e del recupero del materiale di scavo tramite ispessimento è da sempre stata una delle maggiori criticità in ambito organizzativo, logistico ed ambientale.

Negli ultimi anni hanno trovato largo utilizzo i cicli di ispessimento che prevedevano, a seconda della granulometria del materiale di scavo, utilizzo di linee di ispessimento e differenti tecnologie. Nel caso di fanghi con contenuti in sabbia molto limitati (inferiori al 5-7%) si trova grande convenienza nell'utilizzo di sistemi di ispessimento meccanico per centrifugazione unitamente al condizionamento chimico che consente di ridurre il volume del fango passando da rapporti solido liquido di 1/7 – 1/10 a contenuti d'acqua del 30/40% rendendo il fango palabile e trasportabile.

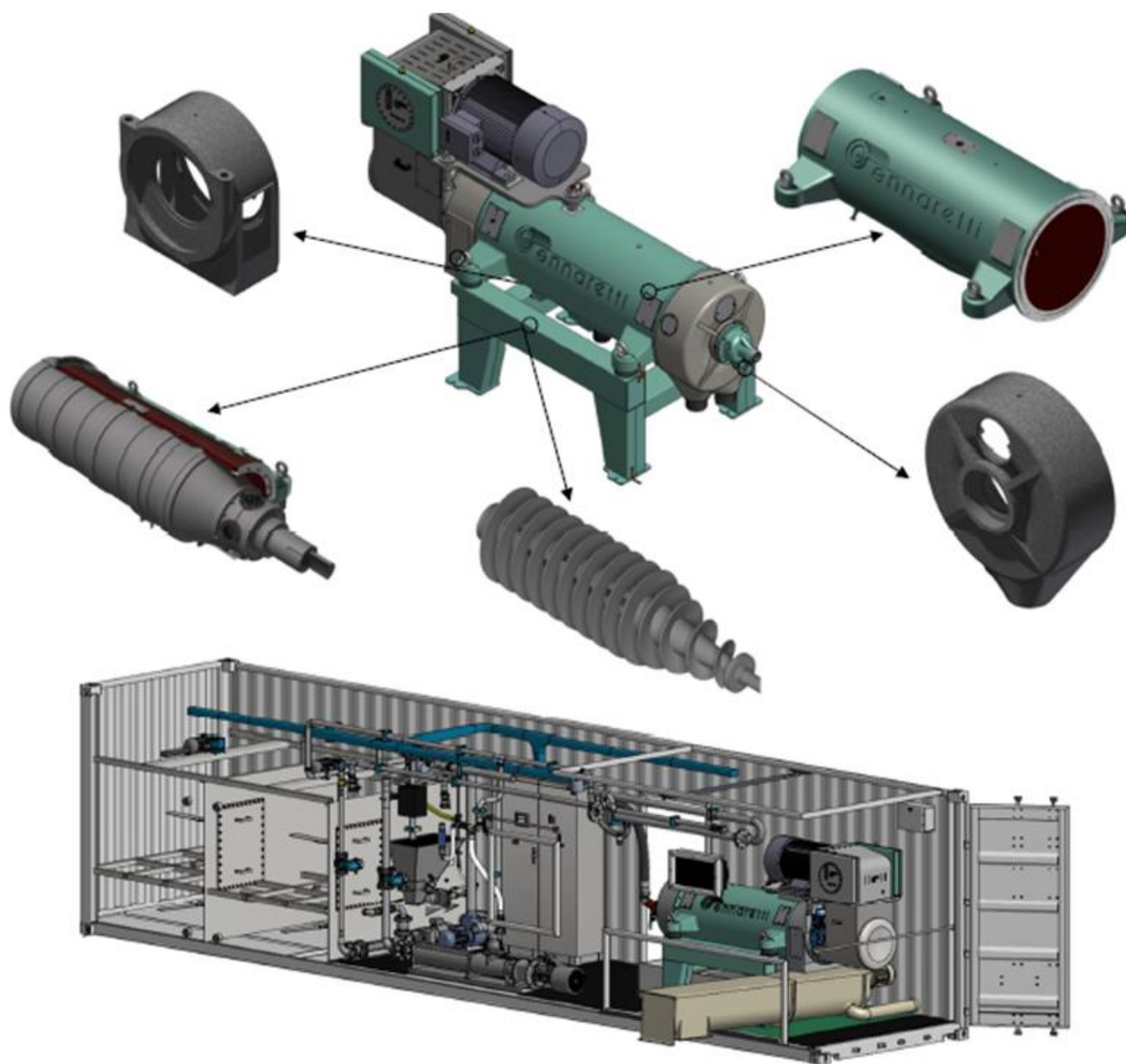


Figura 5.12: schema strutturale della centrifuga e dell'impianto di ispessimento.

I sedimenti presenti nei pressi dello scarico di fondo della diga di Pozzillo hanno contenuti di sabbia mediamente inferiori al 5% e possono pertanto essere trattati con ispessimento meccanico senza prevedere un dissabbiatore in testa. Il dragaggio del materiale tramite centrifuga aspirante refluyente alimenta la linea fanghi posta in sponda destra con rapporti solidi liquidi prossimi ad 1/10 e l'utilizzo di due centrifughe con produzione oraria di 30/45 mc risultano sufficienti per il trattamento dell'intera massa dei materiali dragati in accordo con il cronoprogramma lavori.

Il processo di ispessimento meccanico con l'aiuto di deflocculanti polielettrolitici biodegradabili funziona secondo il principio della separazione della linea d'acqua dalla particella solida che avviene all'interno della centrifuga, con riferimento alla Figura 5.13, approssimativamente nel punto 10. Una volta ottenuta la separazione l'acqua prosegue il suo flusso fino allo scarico mentre il materiale semisolido risale la coclea in virtù della velocità differenziale tra la girante ed il mantello.

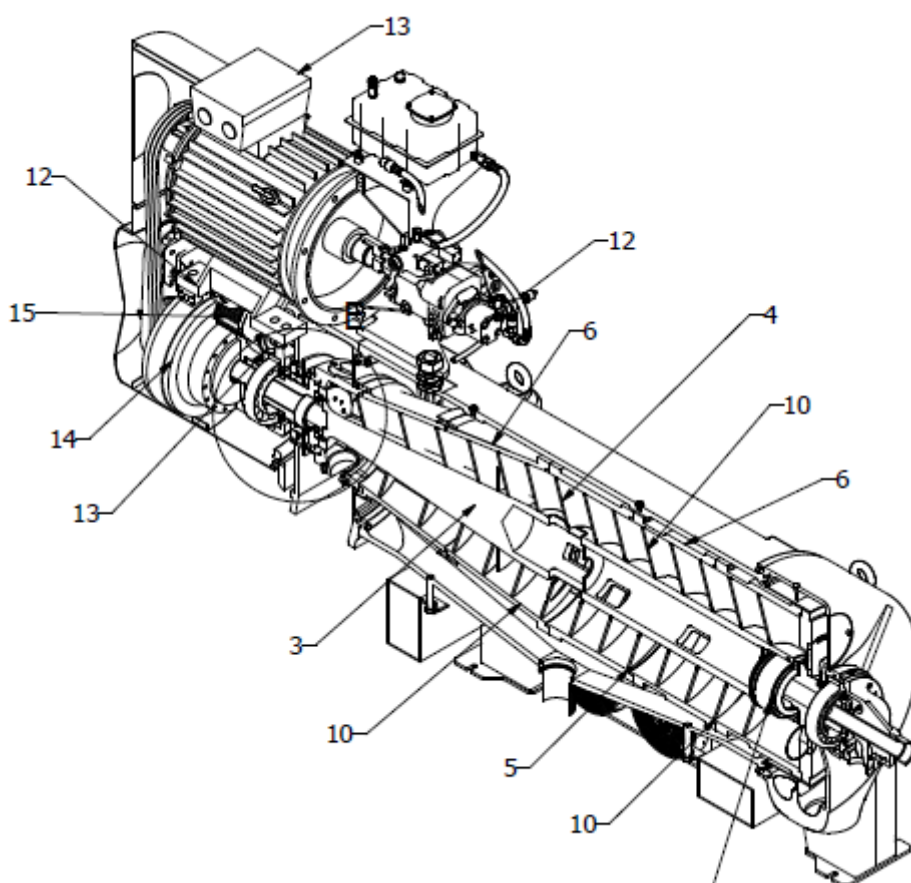


Figura 5.13: componenti interni della centrifuga

All'uscita dalla centrifuga si hanno infine acqua chiara che può essere immessa liberamente nel bacino idrico e un fango palabile pronto per il trasporto a dimora.



Figura 5.14: impianto di ispessimento in funzione: A: controllo o computerizzato; B scarico acque; C scarico fanghi.

Come accennato in premessa, tale tecnologia è in grado di produrre ad una velocità sufficiente al conseguimento degli obiettivi progettuali è comunque fatta salva la possibilità, da parte dell'appaltatore, di utilizzare metodologie equivalenti a parità di risultato.

5.2.2. Descrizione degli interventi

Nel seguito vengono descritti gli interventi e le attività ad essi complementari previsti in progetto e nell'ordine temporale, così come stabilito dal cronoprogramma allegato al presente incarto progettuale.

- 1) Paratia di protezione del dragaggio nell'area antistante all'opera di derivazione elettro-irrigua: Pali Ø504 mm in acciaio dello spessore 16 mm con la testa a quota 341.50 m s.l.m. una lunghezza massima di 30 m riempiti per tutto il loro sviluppo con betoncino, interconnessi tra loro con un gargame in acciaio a forma di omega.
- 2) Paratia di protezione delle lavorazioni necessarie alla realizzazione del nuovo imbocco dello scarico di fondo: Pali Ø800 mm in acciaio dello spessore 20 mm con la testa a quota 353.50 m s.l.m. una lunghezza massima di 36 m riempiti per tutto il loro sviluppo con betoncino, interconnessi tra loro con un gargame in acciaio a forma di omega.

- 3) Dragaggio di circa 12'000 mc di sedimenti e trasporto pneumatico in destra idraulica del fiume Salso, verso un'area pianeggiante in cui verrà installato un impianto di trattamento meccanico degli stessi, sito a quota superiore a 362 m s.l.m.
- 4) Paratia circolare, di diametro interno pari a 10m, a protezione dello scavo del pozzo di intercetto: Pali Ø 504 mm dello spessore 16 mm con la testa a quota 353.50 m s.l.m. una lunghezza di 42 m riempiti per tutto il loro sviluppo con betoncino, interconnessi tra loro con un gargame in acciaio a forma di omega e giunto impermeabilizzato con opera di contrasto costituita da una centinatura metallica a passo 5 m circa.
- 5) Opera di protezione dello scavo della nuova galleria di collegamento tra l'opera di scarico e la galleria esistente costituita da due paratie giustapposte di pali Ø 504 mm in acciaio, interconnessi tra di loro con un gargame in acciaio a forma di omega e giunto impermeabilizzato, contrastate con 4 ordini di elementi tubolari, di lunghezza variabile necessaria al raggiungimento della quota di posa della nuova galleria.
- 6) Operazioni necessarie al ripristino delle opere esistenti:
 - Galleria di scarico: scavo dei sedimenti nel tratto di galleria esistente (circa di 400mc), idropulizia e manutenzione dello strato di gunite dei tratti di galleria a monte (ca 9m) e a valle (ca 203m) delle paratoie e risanamento del tratto di rivestimento metallico di 40m a cavallo delle paratoie.
 - Pozzo e cunicoli di accesso alle camere di manovra: manutenzione e pulizia del rivestimento delle pareti in calcestruzzo (Area totale di ca 1065mq), manutenzione della struttura delle scale (ca 350 mq) con risanamento del parapetto fino alla quota di 333,5 m s.l.m. e sostituzione totale per le restanti rampe fino alla quota di 324,50 m s.l.m.. Sostituzione dell'impianto elettrico e idraulico dell'intera struttura.
 - Ripristino imbocco opera di derivazione
- 7) Opere Elettromeccaniche: sostituzione e manutenzione delle paratoie dello scarico di fondo (dimensioni 2.40mx3.00m) e dell'opera di presa elettro-irrigua (dimensioni 2.50mx2.70m)
- 8) Nuovo tratto dello scarico di fondo:
 - Scavo della trincea fino alla quota di posa della nuova galleria
 - Realizzazione del nuovo imbocco della galleria di scarico
 - Messa in opera della discenderia del nuovo scarico
 - Innesto con il tratto di galleria esistente
- 9) Regimentazione idraulica del versante in sponda sinistra composto da due rami discendenti sulle attuali incisioni con sistema di briglie per la riduzione dell'energia del flusso di lunghezza complessiva di circa 170 m. L'intervento è composto da un canale a sezione rettangolare con protezione di gabbioni e materassi tipo reno e da opportune briglie.
- 10) Estensione muro d'ala vasca di dissipazione a valle del canale tramite il ripristino delle gabbionate preesistenti e manutenzione e pulizia della stessa. Ripristino della funzionalità dell'inghiottitoio presente sul versante in sponda sinistra tramite protezione in calcestruzzo, griglia di protezione e scaletta alla marinara per l'accesso.

5.3. Analisi critica delle possibili alternative

Da quanto fin qui emerso appare evidente come la scelta della soluzione sia stata dettata da numerose condizioni al contorno che hanno influito in maniera determinante anche in relazione alle possibilità tecnologiche presenti nel panorama di mercato a costi accettabili. Ciononostante, è doveroso richiamare una serie di altre opzioni che sono state esaminate prima della scelta definitiva della soluzione.

In prima istanza è però utile richiamare che il presente progetto è derivato dall'approvazione di un progetto di massima che, per quanto necessitasse di alcuni approfondimenti, è stato oggetto di condivisione con gli enti competenti (Regione Sicilia e UTD) ottenendone il via libera; tale progetto prevedeva l'abbandono dell'attuale imbocco dello scarico di fondo a quota 317 m s.l.m. per realizzarne uno nuovo a quota 333 m s.l.m., con rimozione della quantità di sedimenti strettamente necessaria a realizzare una tramoggia di invito dal piano di interrimento a quota 341,50 m s.l.m.

In secondo luogo è necessario sottolineare come il progetto dovesse essenzialmente ripristinare le condizioni di sicurezza tramite la riattivazione dello scarico di fondo riducendo al minimo le interferenze sulla gestione dell'invaso in maniera economicamente accettabile.

A seguito degli approfondimenti di carattere geognostico, che hanno evidenziato come le scarse caratteristiche meccaniche dei sedimenti non garantissero la stabilità della scarpata subacquea, è emersa la necessità, per qualsiasi soluzione progettuale alternativa, di prevedere la sostituzione della tramoggia di invito con un'opera di sostegno verticale utile a raggiungere la quota dei 333 m s.l.m., in prossimità del nuovo scarico, a partire dal piano di interrimento a quota 341,50. In tali condizioni, le opzioni progettuali alternative a disposizione potevano essere indicativamente le seguenti:

1. realizzazione di una galleria tradizionale sul fianco del versante per intercettare, con l'ausilio di un pozzo verticale, la galleria di scarico esistente
2. realizzazione di un pozzo, all'interno del bacino, per intercettare l'imbocco dello scarico di fondo esistente e realizzazione di uno sfioratore a calice fondato a quota 315 m s.l.m. (fondo alveo originario):
3. realizzazione di un pozzo sulla sponda del bacino per intercettare la galleria di scarico esistente e realizzazione di uno sfioratore a calice fondato a quota 333 m s.l.m.
4. realizzazione di uno scarico *ex novo* in altra sede.

Di queste ipotesi si andrà, in via estremamente sintetica, a descriverne i motivi di esclusione per la soluzione definitiva.

La prima ipotesi dell'elenco è effettivamente l'ipotesi progettuale preliminare così come presentata agli Enti, su proposta di EGP. Tra i motivi di esclusione, primo tra tutti, è da annoverarsi la necessità dello svuotamento del lago per un periodo di tempo necessario all'esecuzione della galleria sul versante. Lo svuotamento del lago, oltre a creare notevoli problemi alla stagione irrigua, avrebbe avuto un impatto ambientale notevole andando ad influire sulla gestione delle specie ittiche ovvero un importante aggravio economico per lo spostamento provvisorio di queste ultime. Un'altra motivazione è legata alle difficoltà e alle incognite di regolare l'invaso a zero in fase di cantiere, non disponendo dello scarico di fondo ma solo della galleria di presa la quale è posta a quota 333 m s.l.m. e risulta interrita fino alla quota di 341,5 m s.l.m.. Inoltre di complessa previsione sarebbero le opere necessarie alla gestione delle acque di falda di filtrazione

attraverso il versante. La soluzione progettuale definitiva scelta tende a ricalcare questa soluzione risolvendone le problematiche di svuotamento tramite la realizzazione della tura provvisoria e riducendo i costi della galleria realizzandola con metodo *cut & cover*.

La seconda ipotesi si basava sulla realizzazione di uno sfioratore a calice consentendo di riattivare l'imbocco dello scarico esistente alla quota di 317.0 m s.l.m. Tale tipologia di intervento, già utilizzata in altri ripristini negli ultimi anni, è stata una delle soluzioni più approfondite per via dei numerosi vantaggi che avrebbe avuto. Purtroppo però, la necessità di realizzare opere di contenimento in acque libere con piano di lavoro variabile a circa 5 – 15 m da un fondo, costituito da circa 25 m di sedimento, sovrastante la roccia di base, non ha consentito di risolvere la questione in termini accettabili dal punto di vista economico anche in relazione alla tecnologia disponibile.

Per la realizzazione di tale opera sarebbero stati infatti necessari dei pali di lunghezza superiore a 50 m soggetti a carichi flessionali rilevanti. In effetti la soluzione di progetto, paratia di pali interconnessi, è stata individuata proprio per risolvere la criticità dell'alternanza tra fanghi inconsistenti e rocce, accoppiata con la possibilità di garantire la tenuta idraulica tra i giunti adiacenti dei pali. Ad oggi, tale soluzione tecnologica sembrerebbe avere dei limiti oltre i 45 m che, nel presente caso, sarebbero stati abbondantemente superati. Oltre a dette criticità, che sono state ritenute non superabili a costi accettabili, vi è da aggiungere che la realizzazione di un intercetto con innesto a 90° avrebbe creato notevoli problematiche idrauliche a meno di non realizzare un pozzo estremamente ampio nel quale riuscire a creare un raccordo opportunamente sagomato da risolvere i problemi di turbolenza. Le grandi dimensioni, oltre a incrementare notevolmente i costi avrebbero ulteriormente incrementato le problematiche di tipo tecnologico.

La soluzione teoricamente più agevole da un punto di vista tecnologico è quella elencata al numero 3 dell'elenco. In tale soluzione, la riattivazione dello scarico di fondo sarebbe stata eseguita con modalità simili a quella del punto precedente con la semplificazione di poter operare direttamente a quota 341,50 m s.l.m., dopo aver vuotato il lago ed opportunamente consolidato i sedimenti superficiali, riattivando lo scarico esistente tramite pozzo di intercetto e realizzazione di sfioro a calice fondato a quota 333 m s.l.m. Anche in questo caso, lo svuotamento del lago e la realizzazione di un condotto di scarico con angolo a 90°, è stata considerata una criticità non accettabile dal sistema.

L'ultima ipotesi analizzata, la realizzazione di un nuovo scarico di fondo in altra posizione plano-altimetrica, è stata presa in considerazione nella misura in cui si è ritenuto di poter superare le numerose interferenze con le preesistenze. L'analisi dell'ipotesi progettuale ha però ben presto indotto la scrivente ad abbandonare l'idea in considerazione del fatto che la realizzazione di opere ex novo avrebbe comportato costi abbondantemente oltre il piano economico senza peraltro risolvere tutte le problematiche di messa in sicurezza dell'invaso.

Pertanto, una volta escluse tutte le ipotesi elencate e numerose altre, combinazione di quelle descritte, si è ritenuto che l'unica soluzione che garantisse al contempo il superamento di tutte le criticità e l'esecutività tecnologica delle opere all'interno del piano economico, fosse quella presentata nel presente progetto.

Viepiù che tale soluzione ha una serie di elementi fortemente positivi a corredo che la rendono estremamente più efficiente. Per citarne solo alcuni, ricordiamo:

- la possibilità di garantire la funzionalità dell'invaso durante l'esecuzione delle opere;

- la realizzazione di una vasca di calma che garantisce una migliore manutenzione;
- la possibilità di intervenire anche sull'opera di presa in condizioni di sicurezza ed assoggettare anche quest'ultima alla protezione da parte della vasca di calma;
- la garanzia di operare sempre all'aperto evitando le opere in sotterraneo;
- la possibilità di lavorare in cantiere asciutto evitando opere subacquee;
- Non preclude futuri interventi di ripristino dello scarico di fondo originale.

Pertanto, per quanto si ritenga che possibili ulteriori alternative siano sempre possibili, la soluzione individuata è quella che minimizza il rapporto costi benefici.

6. CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

6.1. Opere di protezione del dragaggio e degli interventi di ripristino - Interventi (1), (2), (3), (4) e (5)

Per consentire la realizzazione degli interventi di ripristino dello scarico di fondo della diga del Pozzillo, tramite realizzazione di un nuovo scarico a quota 333.0 m s.l.m., sono state programmate una serie di opere provvisorie necessarie alla protezione degli scavi.

In particolare la realizzazione del nuovo scarico di fondo necessita:

- di un pozzo di intercetto per raggiungere la galleria di scarico esistente;
- di una trincea di collegamento tra il pozzo e le nuove opere nel bacino;
- delle nuove opere di sostegno lato bacino;

Al fine di eseguire queste ultime sono necessarie una ulteriore serie di opere di sostegno provvisorie necessarie a raggiungere le quote di lavoro in sicurezza per le maestranze.

Premesso che le opere in c.a. relative all'esecuzione del nuovo scarico di fondo saranno eseguite sul fianco del pendio, attualmente subacqueo, a quota 333.0 m s.l.m. e che la quota dei sedimenti si attesta a 341.50 m s.l.m. risulta necessario che si operino una serie di opere finalizzate al raggiungimento delle quote di lavoro in condizioni tali da consentire l'installazione di un cantiere edile.

Inoltre, le prescrizioni di progetto derivanti dalle richieste della committenza comportano la necessità di operare una rimozione tramite dragaggio di un'area prospiciente al nuovo scarico di fondo per circa 1800 m² fino alla quota di 333.0 m s.l.m..

A tal fine sono state ipotizzate e progettate una serie di opere che vengono nel seguito descritte sia nella loro funzione provvisoria (e permanente) sia nelle modalità di esecuzione delle stesse.

Con riferimento alla Figura 6.1 è possibile individuare una serie di elementi strutturali che consentono la fasizzazione del progetto e la realizzazione delle opere ed in particolare:

- il pozzo di intercetto della galleria esistente spinto fino a quota 315.80 m s.l.m. (circa 38 m di scavo) realizzato con pali Ø504 mm in acciaio interconnessi tra di loro con giunto impermeabilizzato e centinatura metallica a passo 5 m circa;
- due paratie giustapposte di pali Ø504 mm in acciaio, interconnessi tra di loro con giunto impermeabilizzato, contrastate con 4 ordini di elementi tubolari, necessaria al raggiungimento della quota di posa della nuova galleria di collegamento tra l'opera di scarico e la galleria esistente;
- una cuffia di protezione realizzata tramite paratia provvisoria di pali Ø812.8 mm in acciaio, interconnessi tra di loro con giunto impermeabilizzato, necessaria ad eseguire le lavorazioni sul fianco del pendio e per rendere l'area protetta ed asciutta durante le lavorazioni;
- una ulteriore cuffia di protezione e di sostegno realizzata tramite pali Ø 504 mm in acciaio, interconnessi tra di loro ma con giunto permeabile, disposta a protezione delle aree da dragare e necessarie al sostegno del sedimento eccedente l'area da dragare e riportare a quota di 333.0 m s.l.m.

Tutti questi elementi avranno una funzione ed una tempistica di realizzazione e parziale smontaggio che saranno nel seguito descritte.

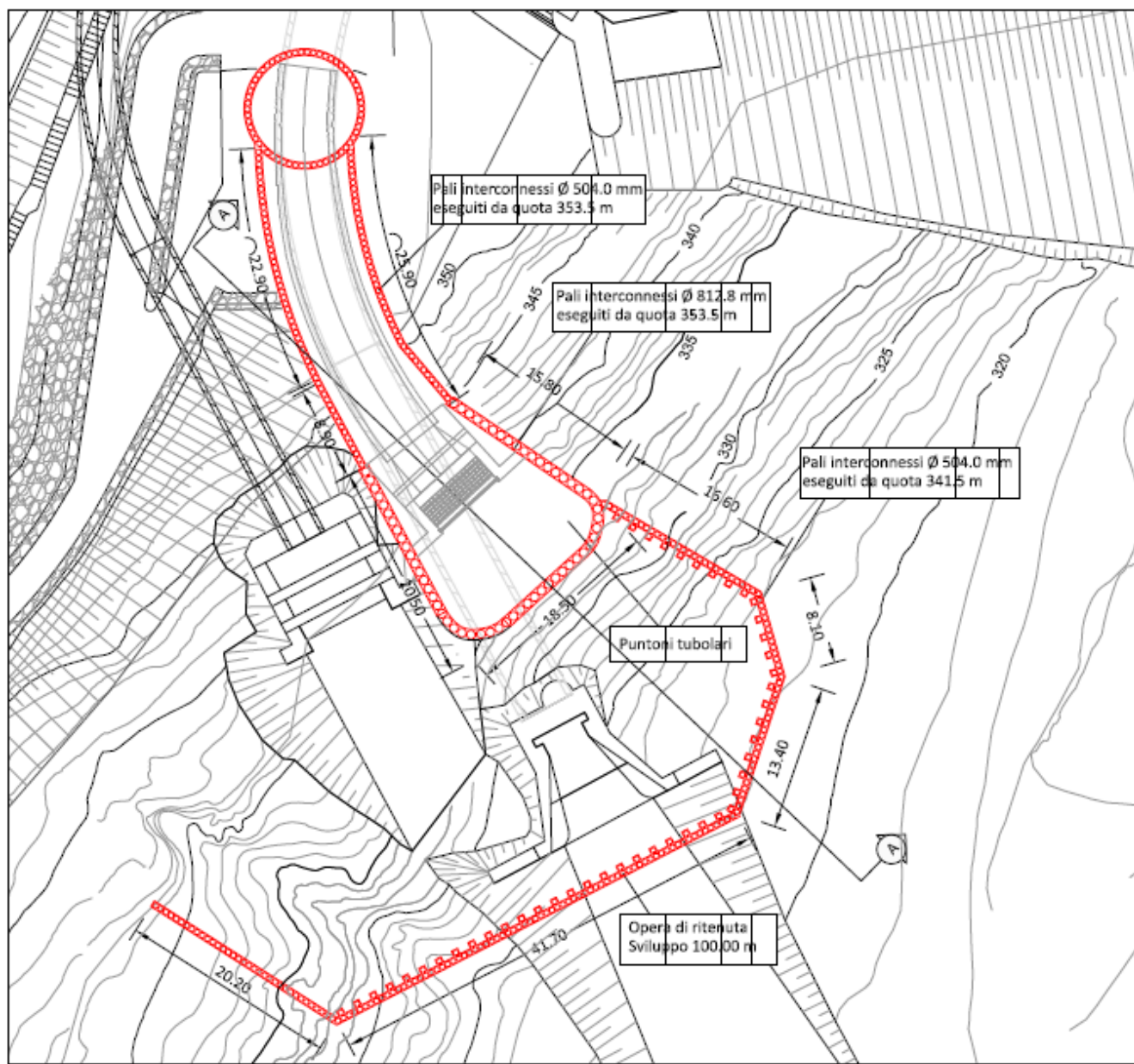


Figura 6.1: Planimetria opere provvisorie

6.1.1. Materiali impiegati opere di protezione e contenimento

Nel seguito si riportano le specifiche dei materiali impiegato per le opere di contenimento.

MATERIALI:

CALCESTRUZZO:

CLS PER STRUTTURE IN ELEVAZIONE E FONDAZIONE (A/C max 0.55 - Classe di esposizione XC3 - Consist. S3-S4 - CEM III-V)	C28/35
MAGRONE E GETTI DI LIVELLAMENTO (Classe di esposizione X0 - CEM I-V)	C12/15
CLS PER RIEMPIMENTO PALI	C25/30

ARMATURE:

ACCIAIO PER LAMIERE	S460 NH/NLH
ACCIAIO PER CORDOLI PALI	S275 JR
ACCIAIO PER PUNTONI TUBOLARI E PROFILATI METALLICI	S355 JR
ACCIAIO PER BARRE (ad adherenza migliorata controllato in stabilimento)	B450 C (saldabile)

COPRIFERRO NETTO:

STRUTTURE IN ELEVAZIONE E IN FONDAZIONE (tolleranza -0/+10mm)	>40mm
--	-------

SOVRAPPOSIZIONE - ANCORAGGI:

> 50 Ø : - STRUTTURE IN FONDAZIONE ED ELEVAZIONE

IMPERMEABILIZZAZIONE GIUNTI:

IMPERMEABILIZZANTE WADIT

GABBIONI METALLICI:

RETE METALLICA A DOPPIA TORSIONE A MAGLIA ESAGONALE 6X8 O 8X10 CM
TRAFILATO DI FERRO DIAMETRO DA 2.70 A 3.00 MM

Figura 6.2: Tabella materiali opere di contenimento

6.1.2. Modalità esecutive degli interventi

Come detto, per la realizzazione del nuovo scarico di fondo, sarà necessario realizzare delle opere di protezione secondo una serie di fasi che, con riferimento alle immagini qui riportate ed agli elaborati grafici allegati al Progetto definitivo, si andrà sinteticamente a descrivere.

Si specifica che quanto nel seguito descritto specifica una logica di *consecutio* delle lavorazioni che, per ragioni di tipo logistico, idraulico e cantieristico sono state ulteriormente suddivise in sottofasi successive, tali lavorazioni vengono meglio descritte nelle relazioni specialistiche.

Fase 1:

Perforazione ed esecuzione di una prima cuffia di ritenuta e da una ulteriore cuffia di protezione costituite da pali in acciaio interconnessi. La prima cuffia, realizzata con pali Ø 812.8 mm in acciaio dello spessore 20 mm avrà la testa a quota 353.50 m s.l.m. una lunghezza massima di 36 m e realizzata tramite opere provvisorie (moli o banchine provvisionali) da terra. Lungo il fusto del palo si provvederà a riempire il tubolare metallico fino alla quota di 341.50 m s.l.m. con betoncino ed a realizzare l'interconnessione tra palo e palo inserendo un prodotto sigillante (wadit) che garantisca la tenuta del giunto. L'opera così realizzata, connessa alle opere

similari della trincea e del pozzo di intercetto, garantirà di isolare l'area di esecuzione delle opere durante tutto la durata del cantiere. Il riempimento parziale dei pali dell'opera, solo fino alla quota di 341.50 m s.l.m., è così pensata per consentire una sua parziale rimozione al termine della realizzazione delle opere di scarico.

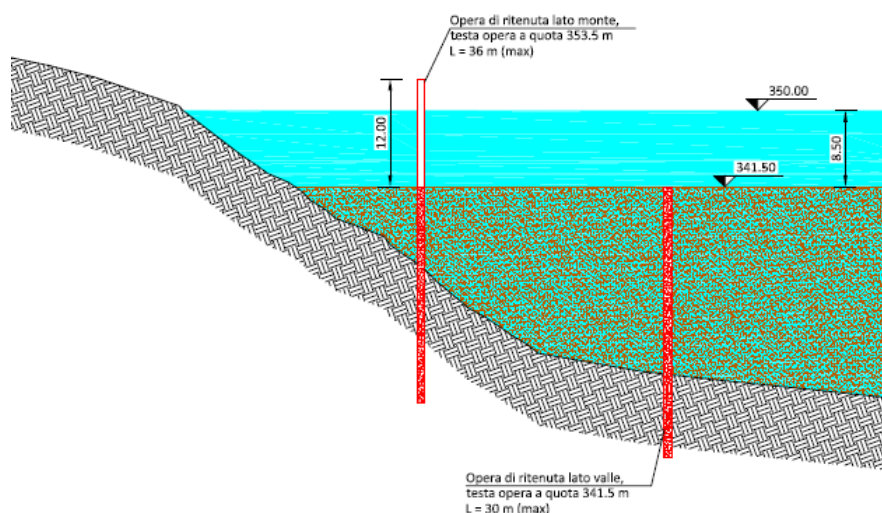


Figura 6.3: Fase 1 di realizzazione delle opere nel bacino

In questa prima fase viene ad essere realizzata anche la seconda cuffia di protezione, tramite pontone o equipaggiamenti di cantiere natanti, con pali Ø504 mm in acciaio dello spessore 16 mm avrà la testa a quota 341.50 m s.l.m. una lunghezza massima di 30 m riempiti per tutta la loro lunghezza con betoncino. Tali pali, interconnessi tra loro con un gargame in acciaio a forma di omega, manterranno una permeabilità propria del giunto superiore a 1×10^{-5} m/s tale da garantire nelle future fasi di esercizio uno svaso sufficientemente rapido da svuotare il bacino in caso di emergenza.

Fase 2:

In questa seconda fase viene installato il primo ordine di puntoni in testa all'opera di ritenuta idraulica (la cuffia di ritenuta lato terra) finalizzato ad irrigidire il sistema di contrasto. I contrasti saranno realizzati tramite tubolari opportunamente ancorati alle opere di ritenuta da una trave di ripartizione saldata sui pali stessi. La disposizione dei tubolari di contrasto sarà tale da consentire un accesso agevole alle aree protette per garantire la movimentazione dei materiali e la costruzione delle opere nelle fasi future.

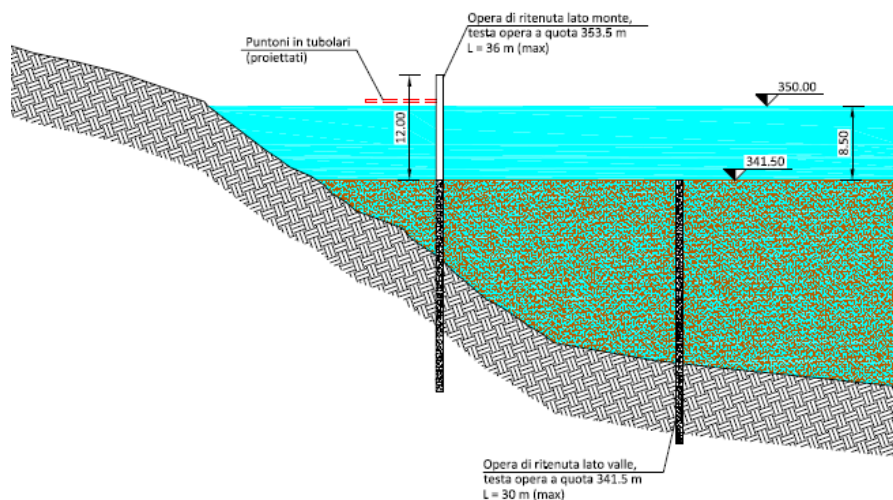


Figura 6.4: Fase 2 di realizzazione delle opere nel bacino

Fase 3:

In questa fase vengono rimossi tutti i sedimenti all'interno dell'area protetta dalla prima e dalla seconda cuffia di protezione. Tale fase, di durata di alcuni mesi, viene in realtà suddivisa in differenti sottofasi andando ad intervenire prima nell'area prospiciente la sponda ed in secondo ordine all'area più vasta tra le due opere. Ai fini della struttura è possibile compattare queste operazioni in un'unica fase in quanto a livello strutturale risulta maggiormente gravoso e pertanto dimensionante.

Le operazioni di dragaggio dei sedimenti contenuti tra le opere di ritenuta avverranno tramite draga aspirante rifluente, eventualmente equipaggiata con attrezzi disagregatori, ed inviata all'impianto di disidratazione ed ispessimento presente nella sponda opposta e quindi a dimora.

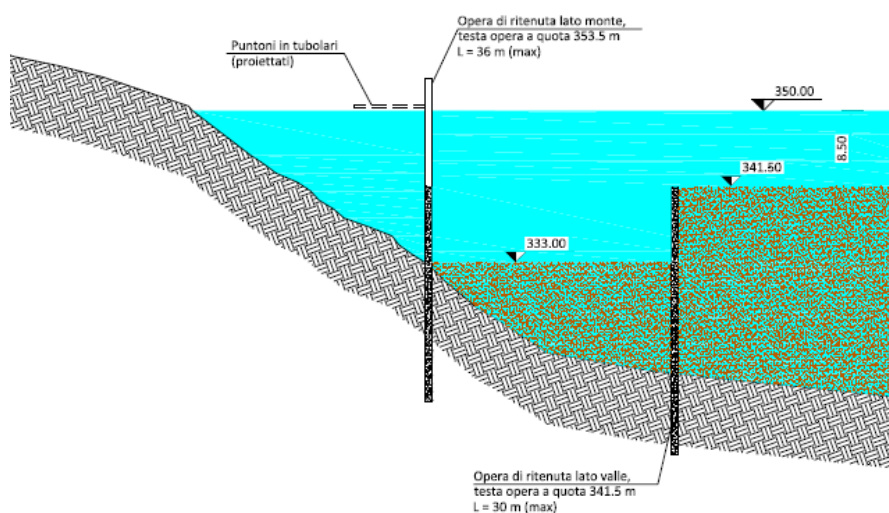


Figura 6.5: Fase 3 di realizzazione delle opere nel bacino

Fase 4 – Fase 10:

Una volta garantita la protezione e rimossi i sedimenti può essere dato il via alle operazioni di rimozione dell'acqua all'interno dell'area isolata dalla cuffia impermeabile.

Tali operazioni, da eseguirsi tramite impianto idrovoro o tramite utilizzo della medesima attrezzatura già in uso per la rimozione dei sedimenti, saranno cadenzate dalla progressiva installazione dei 4 livelli di contrasto e dalla completa rimozione delle acque contenute all'interno dell'area conterminata.

La posizione dei livelli di contrasto è stata scelta in conformità alla realizzazione delle opere civili all'interno della cuffia in tal modo dimensionati.

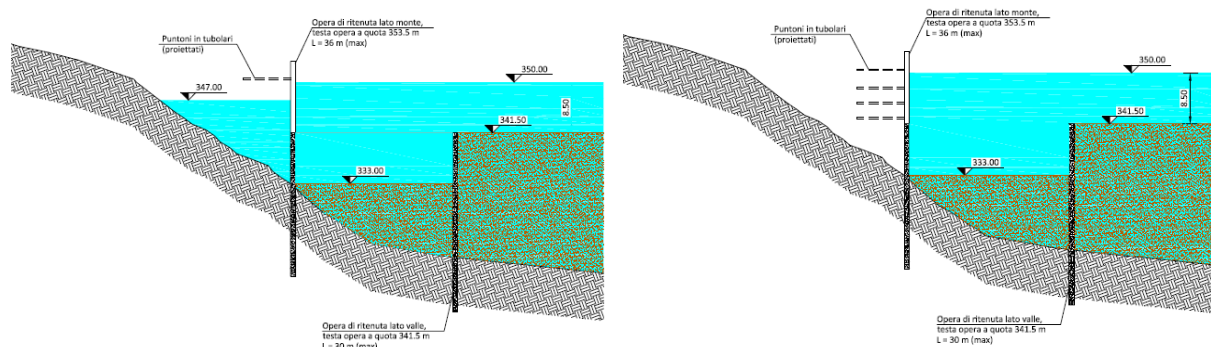


Figura 6.6: Fasi 4-10 di realizzazione delle opere nel bacino

Fase 11 - 12:

In precedenza a tale fase, a terra, sono state eseguite le lavorazioni consistenti nella realizzazione delle opere di sostegno e successivo scavo della trincea per l'alloggiamento del tubo forma per la galleria idraulica. Sarà pertanto possibile a questo punto operare lo sbancamento del pendio ed eseguire le opere civili relative alla costruzione del nuovo scarico di fondo con i relativi collegamenti strutturali.

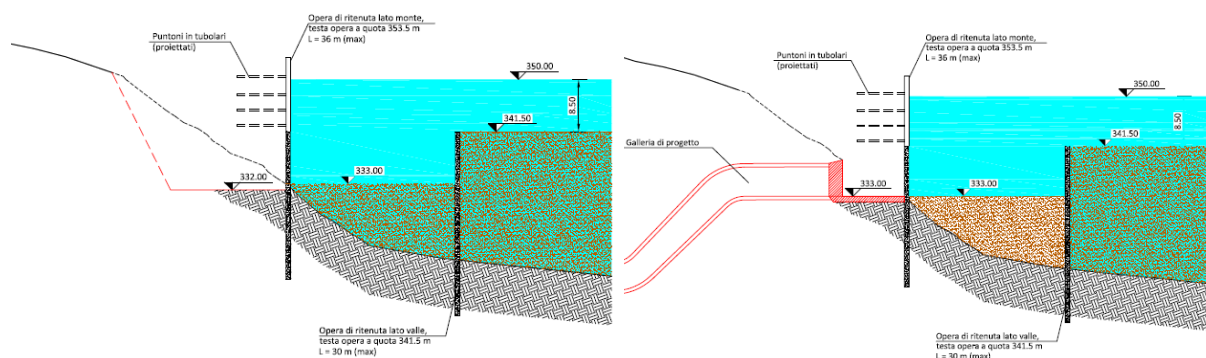


Figura 6.7: Fasi 11-12 di realizzazione delle opere nel bacino

Fase 13:

In questa fase sarà necessario riempire nuovamente il bacino per consentire all'opera di sostegno di venire scaricata dalle azioni derivanti dal peso dell'acqua per le successive fasi di parziale rimozione.

Tale riempimento può essere realizzato tramite impianto idrovoro operando lo scarico all'interno dell'area o anticipando l'operazione di apertura controllata dei giunti.

In sostanza, la paratia di ritenuta ha ormai perso la sua funzione di protezione e pertanto in questa fase o in quella successiva risulta necessario rimuovere le caratteristiche di impermeabilità della stessa. Questo è necessario ai fini di una corretta gestione idraulica dell'invaso che, in caso di vuotamento completo, necessita di garantire lo svuotamento fino a quota 333.0 m s.l.m. ovvero pari alla quota del fondo dell'area compresa tra la cuffia di monte e quella esterna.

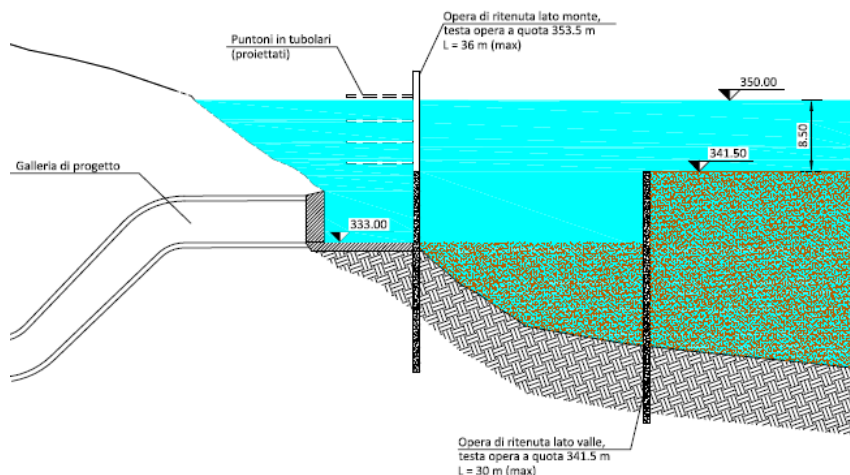


Figura 6.8: Fase 13 di realizzazione delle opere nel bacino

Fase 14:

Rimozione della parte sommitale della paratia di ritenuta interna operata tramite smontaggio dei contrasti e taglio del lamierino dei pali fino alla quota di 341.50. Con tale operazione, e con l'operazione di apertura dei giunti a garanzia di una permeabilità dell'opera almeno pari a 1×10^{-5} m/s, si costituisce un elemento di ritenuta della corrente tale da creare una vasca di calma di fronte allo scarico utile alla raccolta dei sedimenti con i successivi interventi programmati di manutenzione garantendo al contempo che tali sedimenti non raggiungeranno il nuovo scarico mantenendo la sua completa efficienza.

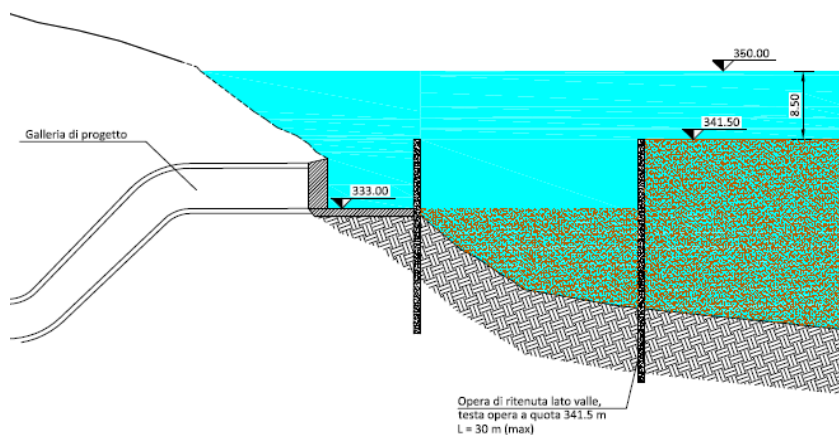


Figura 6.9: Fase 14 di realizzazione delle opere nel bacino

Fase 15:

L'ultima fase è chiaramente quella della messa in esercizio dello scarico e del mantenimento della vasca di calma ai fini della sedimentazione come indicato al punto precedente. In tali condizioni è del tutto evidente che la paratia di monte che, durante la fase provvisoria, ha garantito la protezione dall'acqua del bacino perde la sua funzione statica in quanto completamente scarica da ogni azione mentre quella più esterna continua a garantire una funzione statica di ritenuta dei sedimenti da quota 341.50 m s.l.m. a 333.00 m s.l.m. quota del sedimento interno all'area dragata.

Le condizioni di carico e le relative verifiche di stabilità statiche sismiche sono riportate nelle apposite relazioni allegate al presente progetto.

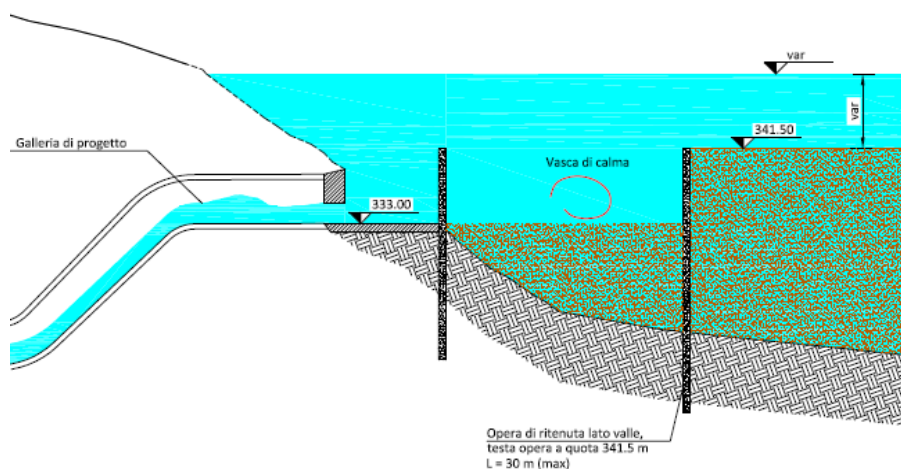


Figura 6.10: Fase 15 di realizzazione delle opere nel bacino

6.2. Pulizia e manutenzione della galleria e sostituzione delle paratoie dello scarico di fondo esistente - Intervento (6)

Per accedere e risanare parte della galleria dello scarico di fondo esistente a quota 317 m s.l.m. sarà realizzato un pozzo verticale. Lo scavo sarà effettuato operando dal piano di campagna in corrispondenza del terrazzamento a quota 353.5 m s.l.m., poco a monte dello scarico di superficie della diga.

Il pozzo verticale avrà profondità di circa 38 m e diametro interno di 10 m in corrispondenza del piano di campagna. Il pozzo sarà realizzato sulla verticale del tratto in curva della galleria dello scarico di fondo, a monte delle paratoie, sostenendo lo scavo con una paratia circolare di Pali Ø500 mm. Detta paratia sarà irrigidita con delle cerchiature ottenute con profilati in acciaio HEA300, a spaziatura verticale di 5.00 m.

Lo scavo del pozzo raggiungerà la quota di 315 m s.l.m. circa intercettando la galleria dello scarico di fondo esistente, il cui estradosso in calotta è posto a quota 322 m s.l.m. circa, 30 m a monte delle paratoie dello scarico (60 m a valle dell'imbocco interrito).

Completato lo scavo del pozzo verticale saranno effettuati la rimozione dei sedimenti, la pulizia e il risanamento della galleria di scarico a valle del pozzo, la sostituzione delle paratoie dello scarico e la manutenzione del loro sistema di movimentazione.

La struttura della galleria dello scarico di fondo a quota 317 m s.l.m. sarà intercettata lato invaso dalla paratia di pali perimetrali che, raggiungerà in profondità la quota di 312 m s.l.m.. In direzione opposta, verso il vano paratoie, la galleria di scarico non sarà intercettata dalla paratia di pali che raggiungerà la quota di 322.5 m s.l.m., arrestandosi poco sopra l'estradosso della galleria per limitare danni a strutture esistenti che potranno fare parte dello scarico di fondo ripristinato.

Il tratto di galleria di scarico tra imbocco e paratia di pali del pozzo verticale viene abbandonato mentre sarà ripristinato il tratto di galleria dal pozzo verso valle. La galleria di scarico a quota 317 m s.l.m., in prossimità del pozzo verticale, sarà demolita avendo cura di rimuovere tutte le parti che possono essersi danneggiate e di predisporre una superficie idonea per collegare la struttura esistente alla galleria di raccordo con il nuovo imbocco.

Dopo aver completato il pozzo verticale e demolito il tratto di galleria di scarico intercettato dal pozzo, saranno rimossi e conferiti in discarica i sedimenti depositati all'interno della galleria di scarico fino alle paratoie, volume di 400 m³ circa.

Per le operazioni di pulizia l'accesso alla galleria potrà avvenire da valle, dopo aver aperto le paratoie dello scarico, e da monte attraverso il pozzo. La galleria di scarico ha un rivestimento metallico dello spessore 8 mm per un tratto di 40 m che raccorda le due paratoie piane di intercettazione (dimensioni 2.40 x 3.05 m) con i tratti di galleria verso monte e verso valle.

Per quanto riguarda il tratto a monte, sarà necessario rimuovere i sedimenti accumulati a seguito dei tentativi di cacciata eseguiti in passato per tentare di liberare l'invaso. Si procederà quindi con la rimozione dei sedimenti eseguendo lo scavo con mezzi meccanici e allontanando il materiale attraverso il pozzo di intercetto.

Il tratto a valle delle paratoie, dai documenti messi a disposizione dall'ENEL, risulta essere stato oggetto di intervento manutentivo negli anni 1996-1997 ed è quindi ragionevole pensare che risulti sgombro da sedimenti non essendo state più aperte le paratoie fino ad oggi.

Per l'intero sviluppo della galleria si prevede un'idropulitura prima di procedere con gli interventi di manutenzione e ripristino.

Per il ripristino della galleria di scarico si provvederà inoltre alla sostituzione delle due paratoie piane tipo saracinesca di cui sopra ed alla manutenzione del loro sistema di comando e movimentazione.

La sostituzione della paratoia di monte dello scarico e le opere di manutenzione del tratto di galleria tra pozzo verticale e paratoie devono essere effettuate operando con livelli di invaso inferiori a 353 m s.l.m.. Prevedibilmente nel periodo tardo primaverile per non interferire significativamente con la gestione della risorsa idrica dell'invaso.

La sostituzione della paratoia di valle e i lavori in galleria a valle delle due paratoie dello scarico non sono vincolati al livello dell'invaso, purché programmati dopo il ripristino della piena efficienza e tenuta della paratoia di monte.

6.2.1. Ripristino opera di derivazione

La batimetria eseguita nel 2015 ha evidenziato la presenza di sedimenti a ridosso della griglia dell'opera di presa della derivazione elettro-irrigua, da quota 333 m s.l.m. a quota 341 m s.l.m..

Non conoscendo però esattamente le condizioni in cui versa il manufatto di imbocco, si possono solo ipotizzare i possibili interventi in base allo stato di conservazione che si risconterà una volta terminato il dragaggio. Nel caso peggiore bisognerà attuare interventi di tipo strutturale sul manufatto di calcestruzzo e sostituire le griglie metalliche di protezione, altrimenti, nel caso in cui l'assenza di cicli di asciutto/bagnato sul manufatto abbia limitato il degrado dell'opera, potrebbero essere necessari anche interventi meno importanti come il rifacimento di giunti, sarcitura delle lesioni e di ripristini superficiali.

6.3. Opere Elettromeccaniche: sostituzione e manutenzione delle paratoie - Intervento (7)

A seguito dell'interrimento delle Opere di Imbocco dello Scarico di Fondo, è prevista la ricostruzione delle stesse posizionandole a livello superiore. La galleria di alimentazione dello Scarico di Fondo, partendo dalla quota di installazione delle nuove opere, torna a raggiungere il livello 317.00 m s.l.m. in cui sono situate le paratoie di regolazione dello scarico. Data l'anzianità di queste ultime e il conseguente degrado, in occasione degli interventi all'Imbocco, è stata programmata anche la loro sostituzione, mentre le parti murate verranno ispezionate e riparate ove necessario. Ovviamente tale intervento prevede anche la sostituzione completa degli organi di comando sui quali non è possibile intervenire con lavori di manutenzione in quanto di tipologia obsoleta e non essendo più reperibili elementi di ricambio.

Nella relativa Relazione tecnica sono definite tutte le attività inerenti alla sostituzione di queste paratoie ed opere accessorie, attività che comprendono: rilievi in opera, progettazione di dettaglio, costruzione in officina, collaudi in officina, trasporti, movimentazione in cantiere, montaggio in opera, messa in servizio e manuali di uso e manutenzione delle nuove apparecchiature.

6.3.1. Caratteristiche tecniche principali

- | | |
|---|-----------------------------------|
| • numero delle paratoie | 2 |
| • larghezza libera della luce | 2.40 m |
| • altezza della luce paratoia di monte | 3.05 m |
| • altezza della luce paratoia di valle | 3.00 m |
| • quota della soglia | 316.83 m s.l.m. |
| • quota del piano di manovra | 324.50 m s.l.m. |
| • massimo livello di invaso | 365.00 m s.l.m. |
| • massimo livello di piena | 365.50 m s.l.m. |
| • tenuta metallica su quattro lati, da monte verso valle | |
| • manovre di apertura e chiusura a carico squilibrato | |
| • organo di manovra: cilindro oleodinamico a doppio effetto | |
| • velocità di manovra in apertura e chiusura | 0.3 m/min |
| • temperatura ambiente di riferimento | - 10°C ÷ + 50°C |
| • umidità relativa dell'aria | 90 % a 20°C |
| • norme di calcolo | D.M. del 14 gen 2008
DIN 19704 |

6.3.2. Descrizione delle opere

Diaframma

Le nuove paratoie sono del tipo piano a strisciamento e sono costituite da una struttura in acciaio elettrosaldato. Ciascun diaframma è formato da un mantello piano di monte supportato da travi orizzontali che distribuiscono il carico idraulico sulle due fiancate laterali; nervature verticali riducono le dimensioni dei pannelli sottoposti a pressione. Le fiancate laterali appoggiano su elementi in ottone o bronzo che fungono da pattini di strisciamento e sono lavorati in officina dopo il montaggio, in modo da costituire anche gli elementi di tenuta. Un analogo piatto dello stesso materiale sulla traversa superiore e un altro sul bordo inferiore della paratoia completano il perimetro delle tenute. Il piano di tenuta è a valle della paratoia e la tenuta inferiore è prossima a questo piano; il bordo inferiore del diaframma è quindi sagomato in modo da provocare la graduale riduzione del getto fino alla zona di tenuta, senza rischi di cavitazione.

Centralmente, in corrispondenza delle travi superiori, la paratoia è conformata per il collegamento all'asta del cilindro oleodinamico; opportuni rinforzi permettono di trasmettere la forza di manovra alla restante struttura. Entrambe le paratoie devono essere manovrate sotto il massimo battente idraulico, costituito dal massimo livello di piena.

Data la minima differenza tra le dimensioni verticali delle luci delle due paratoie (50 mm), le strutture dei due elementi possono essere identiche, dovrà essere rilevata sul posto la quota delle rispettive controsedi di tenuta, per valutare se i piatti di tenuta superiori debbano essere posizionati ad altezze diverse.

E' comunque da prevedere una serie di rilievi pressoché completa da eseguire in opera sulle parti fisse a seguito dello smontaggio delle paratoie; occorre infatti confermare o rivedere le dimensioni degli alloggi in cui le nuove paratoie devono essere installate rispetto ai documenti originali dell'impianto.

Parti Fisse

Non è prevista la sostituzione delle parti fisse inghisate nelle opere civili. Per ciascuna paratoia, dovrà essere fornito un set completo di controsedi di strisciamento e tenuta, composto da piatti lisci o spianati in acciaio inossidabile AISI 304. Dopo l'estrazione della paratoia, verrà valutato, congiuntamente con la Direzione Lavori, lo stato di conservazione degli elementi esistenti e l'affidabilità dei collegamenti alla struttura inghisata; potrà quindi essere decisa la sostituzione parziale o totale degli stessi. In caso di sostituzione, occorre rimuovere le parti interessate, spianare con molatura la superficie sottostante e pulirla da eventuali incrostazioni o residui di saldatura. I nuovi piatti saranno quindi posizionati e saldati prendendo come riferimento il nuovo piano di tenuta; saranno quindi aggiustati manualmente, con mole o raschietto, per correggere eventuali imperfezioni. Data la difficoltà che si riscontra normalmente nell'esecuzione in opera di queste finiture, è sconsigliabile eseguire la sostituzione dei piatti se non necessario, per evitare un peggioramento del piano di tenuta rispetto all'esistente.

I nuovi elementi della controsede che non saranno impiegati resteranno di proprietà dell'Ente Appaltante come ricambi.

Su tutte le superfici interne delle casse paratoie, dovrà essere ripristinato il ciclo di protezione superficiale, costituito da sabbiatura e riporto di più mani di vernice, come meglio specificato in seguito. Dato che le operazioni dovranno essere eseguite in spazi molto ristretti, previo accordo con la Direzione Lavori, la

sabbiatura potrà essere sostituita da metodi differenti, quale, ad esempio, idropulitura ad alta pressione. Durante l'esecuzione del ciclo di protezione, le superfici di acciaio inossidabile destinate al contatto e alla tenuta idraulica con la paratoia, saranno opportunamente protette.

Coperchio cassa

I coperchi delle casse di contenimento delle paratoie devono essere interamente sostituiti.

I nuovi coperchi, in acciaio al carbonio elettrosaldato, fungono anche da supporto per i cilindri oleodinamici e per le aste degli indicatori di posizione. I gruppi tenuta acqua-aria e aria-olio devono essere separati tra loro tra una camera intermedia; in corrispondenza di essa, il coperchio presenta una o più aperture per controllare eventuali perdite e il tipo di fluido fuoriuscito.

Dovranno essere eseguiti opportuni rilievi per garantire l'esecuzione di una corretta interfaccia con le flange delle casse murate

Cilindro oleodinamico di manovra

Il cilindro è del tipo a doppio effetto ed è costituito da:

- corpo cilindrico in acciaio al carbonio realizzato da tubo meccanico senza saldature, rettificato internamente fino ad una rugosità inferiore a $0,4\ \mu\text{m}$; le testate sono flangiate per il collegamento al coperchio superiore e a quello inferiore, quest'ultimo è forato e lavorato per ottenere le sedi degli organi di scorrimento e tenuta.
- pistone dotato di anelli di guida e guarnizioni facilmente reperibili sul mercato.
- stelo in acciaio al carbonio ad alta resistenza, rivestito con uno spessore di cromo eseguito secondo UNI ISO 6158, avente uno spessore minimo di $50\ \mu\text{m}$, l'estremità inferiore dell'asta è filettata per il collegamento alla paratoia con dado e relativo dispositivo anti-allentamento.
- tenute sull'asta di tipo commerciale, raschiatore e anelli di guida in bronzo.
- il finecorsa meccanico superiore è costituito dal coperchio, mentre quello inferiore è provocato dal contatto tra la paratoia e la sede fissa inferiore; la corsa dell'asta deve essere quindi superiore alla luce della paratoia di almeno 100 mm per permettere l'uscita netta del bordo inferiore della paratoia in condizioni di completa apertura e per ottenere un margine di sicurezza in chiusura di $20 \div 30\ \text{mm}$.

La pressione di esercizio non dovrà superare 180 bar.

Gruppo indicatore di posizione

Il gruppo di segnalazione della posizione della paratoia deve consentirne la visualizzazione locale, la trasmissione del segnale a distanza e l'indicazione dei finecorsa di apertura e chiusura.

Il parametro che ferma le pompe della centrale oleodinamica è costituito dall'indicazione di due pressostati collegati alle due camere del cilindro, che avvertono l'incremento di pressione dovuto alla battuta del pistone sul coperchio superiore o della paratoia sulla soglia.

I finecorsa elettrici si attivano in prossimità degli estremi della corsa e forniscono l'indicazione luminosa della posizione; nel caso la paratoia si blocchi in posizione intermedia azionando i pressostati, la mancata attivazione dei finecorsa elettrici fornisce la condizione di allarme per blocco paratoia.

Il trasmettitore elettronico di posizione deve avere una precisione $\geq$ di 2 mm e deve essere di un tipo approvato dalla Direzione Lavori.

L'indicatore di posizione locale deve avere una scala graduata con passo non superiore a 20 mm.

Sistema di by-pass

Come in tutti gli scarichi di fondo, la paratoia di valle deve essere considerata di servizio; quindi opera normalmente sotto carico squilibrato e può funzionare anche parzializzata. Per una migliore conservazione della paratoia di monte, avente funzioni di guardia e di manutenzione, questa può manovrare sotto il massimo battente in condizioni di emergenza, ma le normali manovre avvengono a carico equilibrato. Deve pertanto essere installato un by-pass per il riempimento e l'equilibratura delle pressioni della camera intermedia.

Il sistema, DN 150 mm, PN 10 bar, è costituito da:

- Una valvola a saracinesca di manovra comandata da un cilindro oleodinamico a doppio effetto, dotata di finecorsa per la segnalazione al quadro di comando;
- Una valvola a saracinesca manuale, anch'essa dotata di finecorsa elettrici;
- Tubazione completa di collegamenti alla condotta, curve e giunto di smontaggio.

Aeroforo

Non sono previsti interventi particolari sul condotto di aerazione, con l'eccezione di una normale pulizia e ritocchi superficiali. Nel caso in cui, a seguito di un sopralluogo, risultasse una situazione di considerevole danneggiamento, eventuali interventi e relativi costi saranno definiti congiuntamente tra Impresa Appaltatrice e Direzione Lavori.

Centrale oleodinamica

La centrale oleodinamica dovrà fornire l'olio in pressione necessario ad alimentare le due paratoie principali e la valvola di servizio del by-pass. Non è necessario manovrare contemporaneamente più di una apparecchiatura.

La pressione di esercizio non dovrà superare 180 bar, quella di progetto 200 bar.

La centrale sarà essenzialmente costituita da:

- Due gruppi elettropompa, ciascuno in grado di azionare una paratoia alla velocità indicata; uno dei due gruppi è mantenuto in stand-by e viene avviato automaticamente in caso di avaria del gruppo in esercizio. Ogni gruppo è completo di:
 - Piastra di supporto per montaggio pompa immersa con giunto elastico di accoppiamento motore/pompa.
 - Motore elettrico asincrono trifase, costruzione chiusa autoventilata, isolamento classe F, protezione IP 55, avviamento diretto.
 - Pompa volumetrica ad ingranaggi completa di filtro in aspirazione con soglia filtrante 40 micron.
 - Valvola di sicurezza
 - Valvola di ritegno.
 - Filtro in pressione con soglia di filtrazione 25 micron, completi di segnalatore visivo ed elettrico

del grado di intasamento.

- Un serbatoio olio in lamiera di acciaio saldata e verniciata, provvisto di:
 - Portello d'ispezione;
 - Tappo di riempimento con filtro aria/olio;
 - Indicatore di livello;
 - Interruttori di livello olio minimo e massimo;
 - Termostato olio di allarme massima temperatura;
 - Rubinetti di svuotamento.
 - Vasca in acciaio inox per il contenimento delle perdite olio.
- Un gruppo pompa a mano composto da:
 - Pompa a mano cilindrata 12cc/colpo
 - Valvola di intercettazione
 - Valvola di ritegno ad anellino
 - Valvola di sicurezza
- Un pannello portastrumenti in lamiera con:
 - Pressostati con raccordi minitest e tubo flessibile, per controllo gruppi elettropompa.
 - Manometri con raccordi minitest e tubo flessibile, sulla mandata delle pompe.
 - Cassetta elettrica di raggruppamento

Tubazioni oleodinamiche

In generale, la velocità dell'olio idraulico nelle tubazioni non dovrà superare i seguenti valori:

- Tubazioni di mandata: 5 m/s
- Tubazioni di ritorno: 3 m/s

I collegamenti fra centrale oleodinamica e cilindri sono costituiti da tubi senza saldatura di opportune dimensioni in acciaio inossidabile AISI 304.

I tratti di tubo con diametro maggiore di 20 mm sono collegati mediante giunzioni con flangia a saldare in acciaio inox AISI 304, guarnizione di tenuta in gomma e bulloneria in acciaio inox. Le curve, i pezzi speciali a T, ecc. sono anch'essi in acciaio inossidabile del tipo a saldare. Le tubazioni con diametro inferiore a 20 mm sono collegate con raccorderia ad anellino in acciaio inox.

In prossimità dei pistoni sono previsti rubinetti di intercettazione sulle due camere, per blocco in sicurezza durante le attività di manutenzione. Devono essere installati attacchi minitest per controllo pressioni.

Olio di riempimento

L'olio idraulico di primo riempimento è di tipo sintetico biodegradabile avente le seguenti caratteristiche:

- Classe di viscosità ISO VG 32
- Indice di viscosità 140

Quadro elettrico di comando locale

Il controllo delle due paratoie e della saracinesca del by-pass avviene dal quadro elettrico locale, il quale è predisposto per il comando volontario manuale sia locale che remoto. I segnali di stato e operativi sono gestiti da un PLC installato all'interno del quadro locale, che si interfaccia col suo omologo in casa di guardia.

L'armadio elettrico locale deve pertanto:

- Azionare i gruppi elettropompa, dando priorità a quello definito dall'operatore e mantenendo il secondo gruppo in stand-by; al verificarsi di anomalie sul primo, commuta automaticamente sul secondo. Con selettore in automatico, il gruppo si avvia azionando il comando di manovra di una utenza.
- Ricevere e trattare i segnali provenienti dai fine corsa di apertura e chiusura delle paratoie, della saracinesca di by-pass, e dai trasduttori di posizione.
- Ricevere e trattare i segnali provenienti dai pressostati relativi a entrambe le camere dei due cilindri delle paratoie.
- Trasmettere in casa di guardia le segnalazioni di stato, di posizione e gli allarmi.

L'armadio è installato nella cabina in cui è alloggiata la centrale oleodinamica (la posizione esatta sarà definita dalla Direzione Lavori), è quindi di tipologia adatta per installazione al coperto e costruito in lamiera verniciata. I portelli sono con chiusura a chiave e sezionatore di potenza con bloccoporta. E' inoltre completo di: zoccolo per l'ingresso dei cavi, sistema d'illuminazione interna con accensione automatica all'apertura della porta, resistenza anticondensa con termostato ambiente per l'inserimento automatico e sistema di segnalazione di tensione inserita con portella aperta.

Le apparecchiature sono installate nella piastra interna, quelle di potenza devono essere separate da quelle di controllo; eventuali apparecchiature di potenza che siano sotto tensione anche con portello aperto e con sezionatore generale di rete disinserito, devono essere protette da opportuna copertura in plexiglass, posizionate nella parte bassa in vicinanza delle morsettiere, in prossimità della barra in rame per la messa a terra.

Nella piastra di fondo si trovano pressacavi, o raccordi per guaina, per ingresso e uscita dei cavi, sia di potenza sia ausiliari, per collegamenti locali ed a distanza. Ogni pressacavo/raccordo, è provvisto di opportuna targhetta con la sigla del nome del cavo riportata sullo schema elettrico.

Le caratteristiche tecniche dell'armadio sono le seguenti:

- tensione di alimentazione trifase 380-400 V - 50 Hz
- alimentazione circuiti di comando in c.a. 110V – 50Hz
- alimentazione trasduttori ed indicatori di posizione in c.c. 24 Vcc (da batteria in tampone)
- segnalazioni analogiche 4-20 mA
- norme di riferimento CEI-UNEL-IEC
- protezione IP55

L'armadio è completo di:

- sezionatore tripolare di linea con bloccoporta;
- interruttori automatici tripolari di protezione dei motori elettrici;

- interruttori automatici bipolari per circuiti ausiliari su linea in c.a.;
- interruttori automatici bipolari per circuiti ausiliari su linea in c.c.;
- eventuali avviatori per i motori elettrici;
- relè termici di protezione sovraccarico per i motori elettrici;
- trasformatore per circuiti ausiliari;
- gruppo per linea 24 Vcc, composto da un alimentatore AC/DC, da un modulo DC/DC (per alimentazione circuito in cc e come carica batteria) e da una batteria 24V/12Ah;
- relè ausiliari su circuiti in c.a., del tipo a basso assorbimento;
- relè ausiliari su circuiti in c.c., del tipo a basso assorbimento;
- relè temporizzatori per c.c.;
- duplicatore di segnale analogico 4-20mA, con separazione galvanica, con un ingresso e due uscite, con collegamento sia attivo che passivo;
- scaricatori di sovratensione per segnale analogico 4-20mA e alimentazione a 24Vcc;
- strumento digitale multifunzione per tensione e correnti di linea;
- selettore di predisposizione comandi paratoie (LOC-ESCL-DIST);
- pulsanti di comando Apertura-Chiusura-Arresto paratoie;
- pulsante di prova lampade;
- selettore a chiave per abilitazione comandi (INS – ESCL);
- lampade di segnalazione, per 24Vcc, tipo a led ad alta luminosità;
- indicatori di posizione paratoie di tipo digitale per segnale 4-20mA, alimentazione ausiliaria 24Vcc;
- scaldiglia anticondensa con termostato ambiente;
- lampada di illuminazione interna con accensione automatica per apertura porta interna;
- dispositivo di segnalazione tensione inserita con portella aperta;
- morsettiere di potenza, morsettiera ausiliaria per collegamenti locali e a distanza, con relativi accessori.
- PLC con relativo software finalizzato alle operazioni suddette.

Cavi elettrici

I collegamenti elettrici tra le varie apparecchiature in campo e l'armadio elettrico sono realizzati con i seguenti tipi di cavo:

- cavi di potenza, comando e segnalazione tipo FROR7 a norme CEI 20-22 non propaganti l'incendio ed a bassa emissione di gas tossici.
- cavi schermati per segnali analogici tipo N1VC7V-K a norme CEI 20-22 II, non propaganti l'incendio con schermatura in treccia di rame.

I cavi elettrici saranno posizionati all'interno di idonee canaline, o alloggiati all'interno di condutture metalliche tipo conduit in acciaio inox, fissati alle opere civili con supporti anch'essi in acciaio inox.

6.4. Realizzazione nuovo tratto scarico di fondo - Intervento (8)

Per la realizzazione dell'opera d'imbocco e la posa della galleria del nuovo scarico di fondo, lo scavo verrà sostenuto tramite una doppia paratia di Pali Ø500 mm, che si intesteranno su quella in Pali Ø800 mm prevista a ridosso del nuovo imbocco ovvero sulla paratia di delimitazione del pozzo, lato lago e lato valle rispettivamente. Lo scavo sarà effettuato operando dal piano di campagna in corrispondenza del terrazzamento a quota 353.5 m s.l.m., poco a monte dello scarico di superficie della diga. Verranno installati dei puntoni di contrasto in acciaio, per evitare fenomeni di instabilità degli elementi tubolari costituenti l'opera di sostegno allo scavo.

Il manufatto in progetto è una galleria a sezione interna circolare, che attingerà dal manufatto di imbocco con fondo a quota +333.00 e si raccorderà alla galleria esistente con fondo a quota +316.88.

All'esterno, la sezione del manufatto sarà a volta circolare fino al diametro orizzontale della galleria, e di qui a pareti verticali fino alla base d'appoggio, piana.

La struttura è prevista in c.a. normale gettato in opera; prima del getto sarà posata la camicia interna anti-usura in lamiera d'acciaio che, in fase costruttiva, fungerà da cassero a perdere.

Caratteristiche principali:

- lunghezza: m 47 circa, con andamento altimetrico a spezzata di un tratto orizzontale ed uno inclinato a 45°, questo unito al precedente ed alla galleria esistente con raccordi a spezzata poligonale; il tracciato in pianta copre un arco di cerchio di raggio m 46;
- diametro interno del tratto in piano, fino al termine della curva di raccordo con il tratto inclinato (compresa): m 5.00;
- riduzione progressiva lineare del diametro nel tratto inclinato, fino alla curva di raccordo con la galleria esistente (questa esclusa);
- diametro interno dalla base del tratto inclinato al raccordo con la galleria esistente: m 4.30
- spessore della volta: cm 60;
- spessore del basamento: cm 110, di cui cm 50 come getto di prima fase, su cui saranno tassellate le selle di sostegno della camicia in acciaio, le quali resteranno poi inglobate nel getto successivo.

Specifiche materiali impiegati

La classe di resistenza del calcestruzzo da utilizzare per il manufatto è scelta tenendo conto del valore minimo raccomandato dalle norme UNI EN 206-1:2016 Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità e UNI 11104:2016 Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1. in funzione della classe di esposizione ambientale.

La classe di resistenza del calcestruzzo da utilizzare per il manufatto è scelta tenendo conto del valore minimo raccomandato dalle norme sopracitate in funzione della classe di esposizione ambientale.

prospetto 1 **Classi di esposizione**

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.
2 Corrosione indotta da carbonatazione Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel coprifermo o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2.

Per la classe di esposizione XC2, le citate norme indicano la classe minima di conglomerato: C25/30, dosato a 300 kg di cemento per m³ di impasto.

Per conferire al manufatto in progetto una durabilità superiore, e come cautela nei confronti di eventuale debole aggressività del suolo (rif. [D] prospetto 1, classe XA1) si adotterà conglomerato C30/37 con:

- rapporto acqua/cemento ≤ 0.55
- dosaggio di cemento: 320 kg/m³ di impasto

Conglomerato: C30/37

– Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} =$	37.00	MPa
– Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = R_{ck} \cdot 0.83$	= 30.71	MPa
– Resistenza cilindrica media	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 38.71	MPa
– Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c =$	1.50	
– Coeff. riduttivo resistenza lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	
– Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	= 17.40	MPa
– Modulo elastico	$E_c = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$	= 33019	MPa

- Max resistenza a compressione
(SLE combinazione caratteristica,
[A] par. 4.1.2.2.5.1) $\sigma_{c,max} = 0.60 \cdot f_{ck} = 18.43 \text{ MPa}$

Acciaio per armatura: B450C

- Resistenza caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
- Coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{M0} = 1.15$
- Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 391.30 \text{ MPa}$
- Modulo elastico $E = 210000 \text{ MPa}$
- Max resistenza a trazione
(SLE combinazione caratteristica,
[A] par. 4.1.2.2.5.2) $\sigma_{s,max} = 0.80 \cdot f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

Acciaio per carpenteria: S275 JR UNI EN 10025

- Resistenza caratteristica di snervamento $f_{yk} = 275 \text{ MPa}$
- Resistenza caratteristica di rottura $f_{tk} = 430 \text{ MPa}$
- Coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{M0} = 1.05$
- Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 261.90 \text{ MPa}$
- Modulo elastico $E = 210000 \text{ MPa}$
- Coefficiente di Poisson $\nu = 0.3$

Bulloni alta resistenza: 8.8 (vite) – 8 (dado) UNI EN ISO 898-1

- Tensione di snervamento $f_{yb} = 649 \text{ MPa}$
- Tensione di rottura $f_{tb} = 800 \text{ MPa}$
- Coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{M2} = 1.25$

6.4.1. Modalità esecutive

Di seguito si elencano le fasi costruttive della nuova galleria con una descrizione degli interventi per ciascuna di esse. Ogni fase di realizzazione è rappresentata nel dettaglio nella tavola NSF0507CRA.

FASE COSTRUTTIVA 1

In primo luogo si demolisce il tratto di galleria esistente intercettato dal pozzo. Si procede poi al taglio dei Pali che delimitano il pozzo di intercetto in corrispondenza dell'imbocco della galleria esistente. Si prepara infine il piano di posa del primo concio della tubazione tramite un getto di cls per ammorsamento al fondo scavo e la realizzazione della soletta di spessore 50 cm per l'appoggio delle selle.

- Demolizione del tratto di galleria esistente intercettato dal pozzo;
- Taglio dei Pali che delimitano il pozzo di intercetto in corrispondenza dell'imbocco della galleria esistente;
- Preparazione del piano di posa del primo concio tramite un getto di cls per ammorsamento al fondo scavo e la realizzazione della soletta di spessore 50 cm per l'appoggio delle selle.

FASE COSTRUTTIVA 2

Si espongono le armature presenti all'interno della galleria esistente e si effettua l'infioresatura per collegarle alle nuove armature del rivestimento della galleria in progetto. Si procede alla posa del concio 4B della tubazione, completo di blindaggio e selle e al fissaggio delle selle sul basamento con tasselli chimici. Si collegano infine le armature della nuova tubazione con quelle della vecchia galleria.

- Esposizione delle armature presenti all'interno della galleria esistente e infioresatura per collegarle alle nuove armature del rivestimento della galleria in progetto;
- Posa del concio 4B della tubazione, completo di blindaggio e selle; fissaggio delle selle sul basamento con tasselli chimici; collegamento delle armature con quelle della galleria esistente.

FASE COSTRUTTIVA 3

Viene posato il concio 4A della tubazione, completo di blindaggio e selle e si procede al fissaggio delle selle sul basamento con tasselli chimici; il concio viene saldato al concio 4B. Si esegue un getto di fondazione e rinfranco in cls e si continua con il getto di cls per ammorsamento al fondo scavo e la realizzazione della soletta di spessore 50 cm per l'appoggio delle selle del concio successivo.

- Posa del concio 4A della tubazione, completo di blindaggio e selle; fissaggio delle selle sul basamento con tasselli chimici;
- Saldatura del concio 4A sul concio 4B;
- Getto di fondazione e rinfranco in cls;
- Preparazione del piano di posa del concio successivo tramite un getto di cls per ammorsamento al fondo scavo e la realizzazione della soletta di spessore 50 cm per l'appoggio delle selle.

FASE COSTRUTTIVA 4

Si procede con lo scavo esterno al pozzo di intercetto e taglio dei Pali in corrispondenza del piano di posa. Si completa la demolizione della galleria esistente con successiva risagomatura del fondo scavo. Si prosegue con il getto di cls per ammorsamento al fondo scavo e la realizzazione della soletta di

spessore 50 cm per l'appoggio delle selle del concio successivo. Si effettua la posa del concio 3B della tubazione, completo di blindaggio e selle, dal fissaggio delle selle sul basamento con tasselli chimici e dalla saldatura del concio 3B sul concio 4A; si completa infine la struttura in c.a.

- Scavo esterno al pozzo di intercetto e taglio dei Pali in corrispondenza del piano di posa;
- Completamento della demolizione della galleria esistente e sagomatura del fondo scavo;
- Preparazione del piano di posa del concio successivo tramite un getto di cls per ammorsamento al fondo scavo e la realizzazione della soletta di spessore 50 cm per l'appoggio delle selle.
- Posa del concio 3B della tubazione, completo di blindaggio e selle; fissaggio delle selle sul basamento con tasselli chimici; saldatura del concio 3B sul concio 4A;
- Completamento della struttura in c.a.

FASE COSTRUTTIVA 5

Si prosegue con l'avanzamento dello scavo e sagomatura del fondo per l'intera estensione della nuova galleria e si prepara il piano di posa dei conci successivi tramite un getto di cls per ammorsamento al fondo scavo e la realizzazione della soletta di spessore 50 cm per l'appoggio delle selle. Si posano nell'ordine i conci 3A, 2, 1B e 1A della tubazione, completi di blindaggio e selle; si fissano le selle sul basamento con tasselli chimici e si saldano i conci gli uni agli altri. Si completa infine la struttura in c.a.

- Avanzamento dello scavo e sagomatura del fondo;
- Preparazione del piano di posa dei conci successivi tramite un getto di cls per ammorsamento al fondo scavo e la realizzazione della soletta di spessore 50 cm per l'appoggio delle selle.
- Posa nell'ordine dei conci 3A, 2, 1B e 1A della tubazione, completi di blindaggio e selle; fissaggio delle selle sul basamento con tasselli chimici; saldatura dei conci gli uni agli altri;
- Completamento della struttura in c.a.

FASE COSTRUTTIVA 6

Si passa dunque alle attività connesse alla realizzazione del manufatto di imbocco: si completa lo scavo e si effettua la sagomatura del fondo, si prepara il piano di posa del manufatto tramite un getto di cls per ammorsamento al fondo scavo e si realizza la soletta di spessore 50 cm. Si procede con la realizzazione del nuovo manufatto di imbocco inglobando in esso il tratto di cassero metallico e le armature della nuova galleria. Si effettua infine il taglio dei Pali in corrispondenza della soletta antistante il manufatto.

- Completamento scavo e sagomatura del fondo dove sorgerà il manufatto di imbocco;
- Preparazione del piano di posa del manufatto tramite un getto di cls per ammorsamento al fondo scavo e la realizzazione della soletta di spessore 50 cm;
- Realizzazione del nuovo manufatto di imbocco e inglobamento in esso del tratto di cassero metallico e dell'armatura della nuova galleria
- Taglio dei Pali in corrispondenza della soletta antistante il manufatto

6.5. Regimentazione idraulica del versante in sponda sinistra - Intervento (9)

L'intervento di regimazione idraulica in sponda sinistra è finalizzato al ripristino delle condizioni di sicurezza sul pendio che presenta fenomeni di erosione e di conseguente trasporto solido verso la vasca di dissipazione della tipologia del debris flow.

L'evidenza sul campo ha mostrato che i fenomeni erosivi durante le precipitazioni brevi ed intense hanno carattere fortemente torrentizio e sono in grado di trasportare materiale solido con elevata energia cinetica fino alle opere di dissipazione e scarico.

Nell'ottica di un investimento per il ripristino funzionale dello scarico appare evidente che una messa in sicurezza del versante, benchè limitata alla sola funzionalità dell'impianto steso, fosse necessaria al fine di non vanificare l'investimento.

In tale ottica le opere previste si inseriscono nella tipologia delle opere di ingegneria naturalistica che sono in grado, tramite l'uso di materiali naturali, di risolvere brillantemente le problematiche riguardanti il deflusso superficiale delle acque con particolare riferimento ai fenomeni di riduzione del trasporto solido e di debris flow.

Sul versante in sponda sinistra insistono due linee di impluvio principali che, come detto, presentano chiare caratteristiche di erosione che comporta instabilità al versante e trasporto di solidi all'interno della vasca di dissipazione.



Figura 6.11: Vista dei fenomeni di erosione sul versante in sinistra idraulica.

La soluzione adottata prevede l'esecuzione di una briglia in gabbioni di imbocco, ubicata subito a valle della strada di collegamento con l'impianto di proprietà ENEL, che incanala il lusso idrico in una sezione d'alveo a forma rettangolare (4.0 x 3.0 m), per circa 15 m, fino al raggiungimento del muro laterale della vasca di dissipazione.

In questo punto il canale si raccorda con il flusso idrico proveniente da monte e fa una curva di circa 90° verso valle, scorrendo parallelamente al muro per circa 100 m fino a stramazze, con un elemento in calcestruzzo sagomato secondo il profilo di Craeger – Scimeni, all'interno della vasca di dissipazione ricollegandosi al naturale deflusso delle acque.

Prima dello stramazzo il fosso alloggia il raccordo con un altro ramo proveniente da monte alloggiato in un secondo impluvio naturale con le medesime caratteristiche geometriche e la medesima funzionalità.

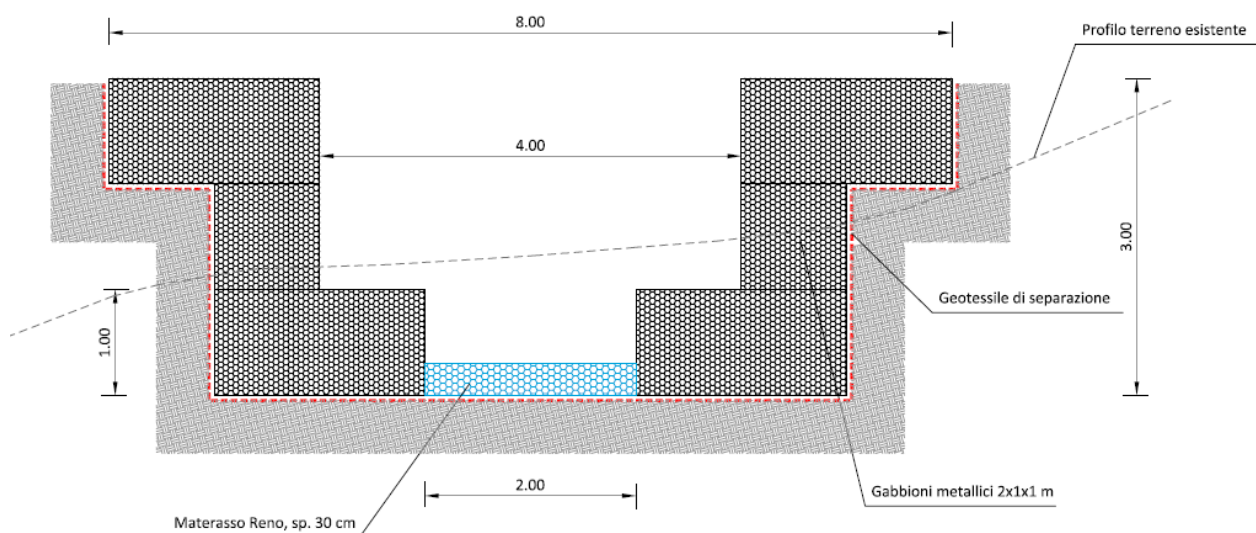


Figura 6.12: sezione d'alveo a valle della briglia.

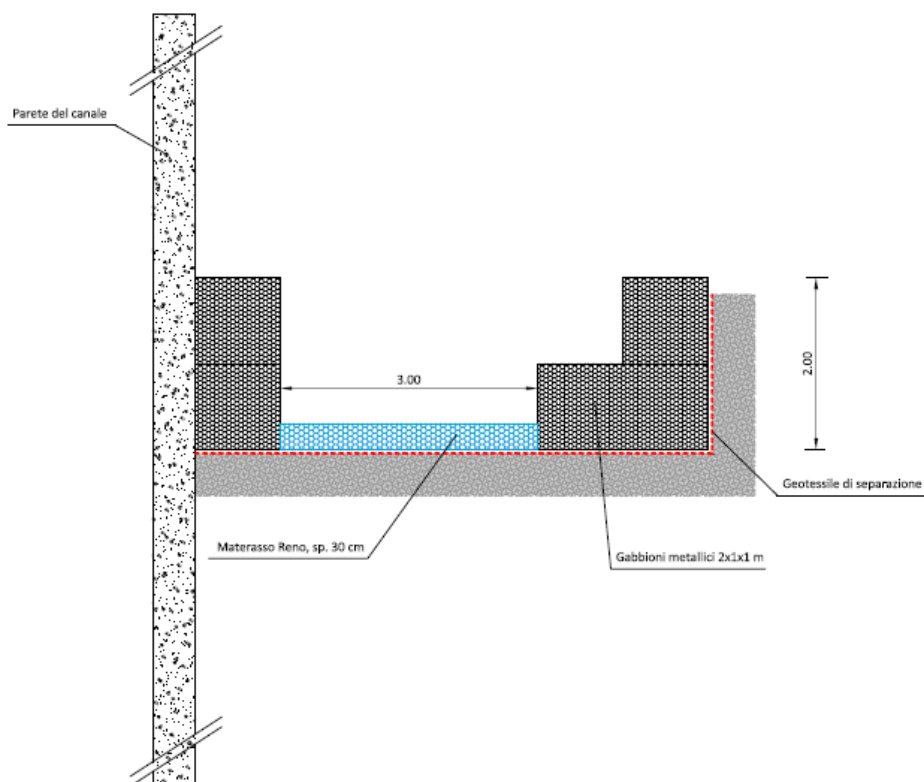


Figura 6.13: sezione d'alveo parallela al muro.

6.6. Estensione muro d'ala vasca di dissipazione e manutenzione e pulizia della stessa - Intervento (10)

Al termine del descritto intervento di regimazione superficiale delle acque di versante l'acqua viene fatta stramazzone, superando il muro esistente, all'interno della vasca di dissipazione e dunque al fosso. Lungo l'allineamento è attualmente presente un'opera di sostegno in micropali, armati con putrelle e tirantati in testa, alla cui sommità insiste una fila di gabbioni a protezione.

Parte di tali gabbioni sono stati aperti e svuotati dalle continue venute d'acqua e trasporto solido dal versante e necessitano del ripristino che avverrà tramite apposizione di nuove gabbionate lungo il lato longitudinale mentre lungo il lato trasversale troverà alloggio lo stramazzone sopra descritto.



Figura 6.14: Paratia a protezione del versante e gabbioni di protezione in testa.

La vasca di dissipazione è invece riempita anch'essa di sedimenti e sede di crescita spontanea di arbusti di ogni specie. È pertanto previsto, nell'ambito del cantiere a valle diga, di pulirne l'interno tramite escavazione e rimozione del materiale attualmente presente.

7. CRONOPROGRAMMA E MACROFASI DEI LAVORI

Il cronoprogramma dei lavori, riportato per esteso nello specifico elaborato progettuale GEN0107REA_Cronoprogramma, prevede che le opere siano realizzate in un arco temporale di 868 giorni naturali e consecutivi, avendo considerato la settimana lavorativa composta da 6 giorni su 7.

Le lavorazioni inerenti alla realizzazione del nuovo scarico di fondo dell'invaso artificiale del Pozzillo sono state organizzate, tenendo in conto che:

- 1) durante la fase di dragaggio non è possibile derivare dall'opera di presa elettro-irrigua a causa dell'eccessiva torbidità dell'acqua prodotta dalle operazioni di dragaggio;
- 2) le piene più significative si verificano nel periodo compreso tra inizio gennaio e fine marzo, in cui viene invasata la maggior parte del volume necessario per la stagione irrigua;
- 3) detta stagione irrigua inizia a giugno e termina a settembre.

Nella seguente figura si può notare l'esatta alternanza dei picchi dei volumi in ingresso all'invaso artificiale e di quelli derivati a scopo elettro-irriguo, questi ultimi sempre inferiori ai 30 milioni di m³.

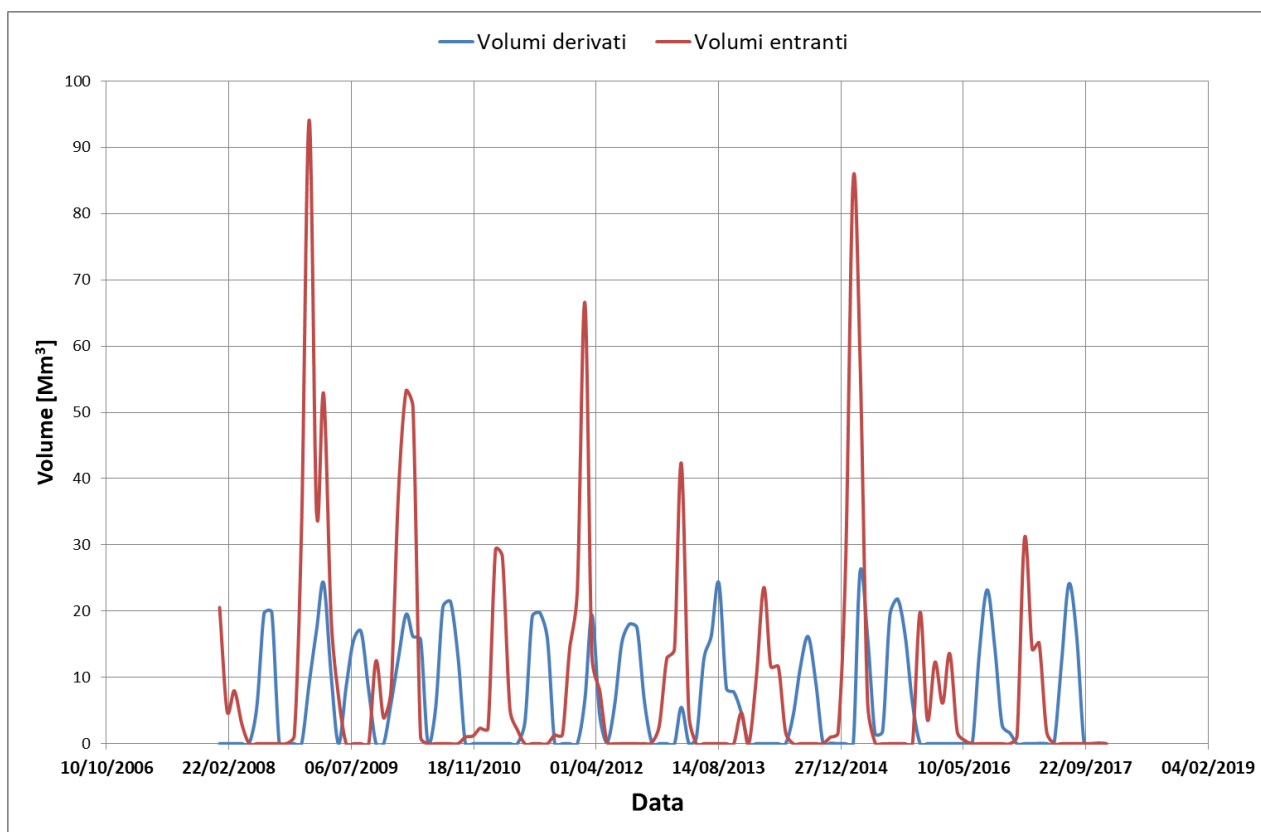


Figura 7.1: Andamento dei volumi entranti e derivati mensilmente dall'invaso (dal 2006 ad oggi)

Al fine di minimizzare le limitazioni al livello invasato, si organizzeranno le lavorazioni come mostrato nel Cronoprogramma dei Lavori allegato al presente incarto progettuale. I livelli idrici di riferimento in esso riportati sono stati estrapolati sulla base delle registrazioni idrometriche eseguite durante gli ultimi 20 anni; tali dati sono stati elaborati operando la media dei livelli medi settimanali di settimane omologhe e

considerando una derivazione costante e pari a 16.5 m³/s nel periodo compreso fra i mesi di maggio e settembre.

La pianificazione delle attività di realizzazione degli interventi si articola in una prima esecuzione della paratia di Pali Ø500 a protezione del dragaggio nel mese di settembre, allorquando i livelli idrici sono al minimo, in conseguenza dell'appena terminata derivazione a scopo irriguo. Si avrà cura solo di tener conto del pescaggio del pontone necessario all'istallazione dei Pali Ø500, iniziando, quando i livelli ancora lo consentono, dalle lavorazioni più a ridosso dello sbarramento con profondità dell'invaso minore. Dalla metà del mese di settembre, si realizzerà anche la paratia di Pali Ø800 a protezione dell'area di realizzazione del nuovo imbocco dello scarico di fondo.

Non sussistendo vincoli operativi dettati dai livelli idrici nell'invaso, nel mese di marzo è possibile intraprendere le attività di dragaggio, da interrompere a metà maggio, per poi poter consentire la derivazione di acque a torbidità limitata da giugno a settembre; nel mentre è possibile eseguire altre lavorazioni a valle della diga di regimentazione idraulica in sponda sinistra.

A settembre può riprendere il dragaggio e contestualmente, essendo il fiume Salso in regime di magra, può realizzarsi la paratia di Pali Ø500 a protezione degli scavi ed il pozzo di intercetto alla galleria di scarico esistente.

Sino a questa fase realizzativa non si pongono limitazioni ai livelli idrici accettabili nell'invaso.

Successivamente, quando le lavorazioni sono all'asciutto, s'imporrebbe un limite massimo per il livello idrico pari a 353.00 m s.l.m., ovvero la quota sommitale della paratia di Pali a protezione degli scavi meno un franco idraulico di 50 cm.

Tuttavia, avendo a disposizione solo l'opera di presa elettro-irrigua per regolare il livello dell'invaso, non è possibile garantire in maniera deterministica, in caso di piena trentennale, il livello idrico inteso come limite superiore di cui sopra. Per ragioni legate alla sicurezza delle lavorazioni, quindi, si decide il fermo cantiere (a meno del dragaggio) nel periodo delle piene (dalla fine del mese di gennaio alla prima metà del mese di marzo), accettando la possibilità di un'eventuale tracimazione della paratia e l'allagamento dello scavo del pozzo. Superato tale periodo di sospensione del cantiere, si eseguono le lavorazioni successive, mantenendo un livello idrico fissato a 353.00 m s.l.m., garantendo, così, un volume d'acqua pari a 33 milioni di m³, disponibile per la stagione irrigua successiva.

In particolare, si succederanno: lo scavo in trincea della nuova galleria, le operazioni di manutenzione e pulizia del tratto di galleria esistente, interventi previsti per le opere elettromeccaniche, la posa in opera della galleria del nuovo scarico di fondo e la relativa opera di imbocco, la manutenzione dell'opera di presa elettro-irrigua contestualmente all'inizio delle operazioni di rinterro e finiture.

7.1. Macrofasi di lavoro

Con riferimento all'elaborato GEN0108CRA_Fasi di realizzazione degli interventi vengono individuate le seguenti macrofasi di lavoro:

1. MOBILIZZAZIONE:

- Sistemazione strada di accesso
- Approntamento cantiere nuovo imbocco
- Area ca 9000mq

Contemporaneamente in questa fase (denominata 1-Bis) avviene l'approntamento cantiere in destra per accogliere:

- Uffici di cantiere
- Allestimento centro per le saldature dei Pali.
- Area occupata ca 10000mq
- Quota ≥ 362 m s.l.m.
- Accesso dalla Strada Provinciale SP83

2. a) REALIZZAZIONE PARATIE PROTEZIONE DRAGAGGIO:

- Realizzazione della paratia di Pali Ø500 per l'opera di protezione del dragaggio
- Realizzazione della paratia di Pali Ø800 per l'opera di protezione del nuovo imbocco della galleria del nuovo scarico di fondo

b) ALLESTIMENTO CENTRO TRATTAMENTO MECCANICO FANGHI:

- Area occupata 30mx15m Quota ≥ 362 m s.l.m.
- Accesso dalla Strada Provinciale SP83

3. DRAGAGGIO E PARATIA DI PALI INTERCONNESSI POZZO E GALLERIA:

- Dragaggio e pulizia opera di presa elettro-irrigua
- Realizzazione della paratia di Pali 500 per sostenere lo scavo del Pozzo di intercetto e per la Galleria

4. SCAVO POZZO E GALLERIA:

- Scavo pozzo di intercetto
- Tappo di fondo
- Scavo Galleria
- Aperture varchi nel perimetro del pozzo per il passaggio della nuova galleria

5. PULIZIA E MANUTENZIONE GALLERIA ESISTENTE E PARATOIE, REALIZZAZIONE GALLERIA:

- Pulizia e manutenzione della galleria dello scarico esistente a monte e a valle delle paratoie
- Sostituzione paratoie e manutenzione del sistema di movimentazione

	Ripristino scarico di fondo della Diga di Pozzillo nel Comune di Regalbuto (Enna) – Progetto Definitivo	GEN0102REC_Relazione generale	pag. 75
			Mag-19

- Posa in opera della nuova galleria di scarico

6. NUOVA GALLERIA:

- Realizzazione del tratto di galleria della nuova opera di scarico

7. NUOVA OPERA DI IMBOCCO:

- Realizzazione della nuova opera di imbocco della galleria di scarico

8. REGIMENTAZIONE IDRAULICA VERSANTE E RINTERRI:

- Opere di regimentazione idrauliche versante in sponda sinistra
- Rinterri
- Finiture
- Taglio Paratia di Pali
- Demobilizzazione cantiere

8. SICUREZZA E AMBIENTE

8.1. Aree di cantiere

Il cantiere per la realizzazione degli interventi volti al ripristino dello scarico di fondo si sviluppa su 4 aree principali ed accoglierà baraccamenti adibiti a ufficio e ricovero, parcheggi autovetture, aree di carico/scarico materiali, parcheggio di mezzi d'opera, impianto di alimentazione elettrica con quadro generale e quadro di distribuzione ubicati in prossimità dell'ingresso, impianto di messa a terra, rete di distribuzione dell'acqua potabile, con derivazioni in corrispondenza delle baracche e rete di fognatura per lo smaltimento dei rifiuti con apposita fossa biologica tipo Imhoff.

Le aree saranno debitamente delimitate con recinzioni adeguate e le strade di accesso al cantiere saranno provviste di idonea cartellonistica e segnaletica.

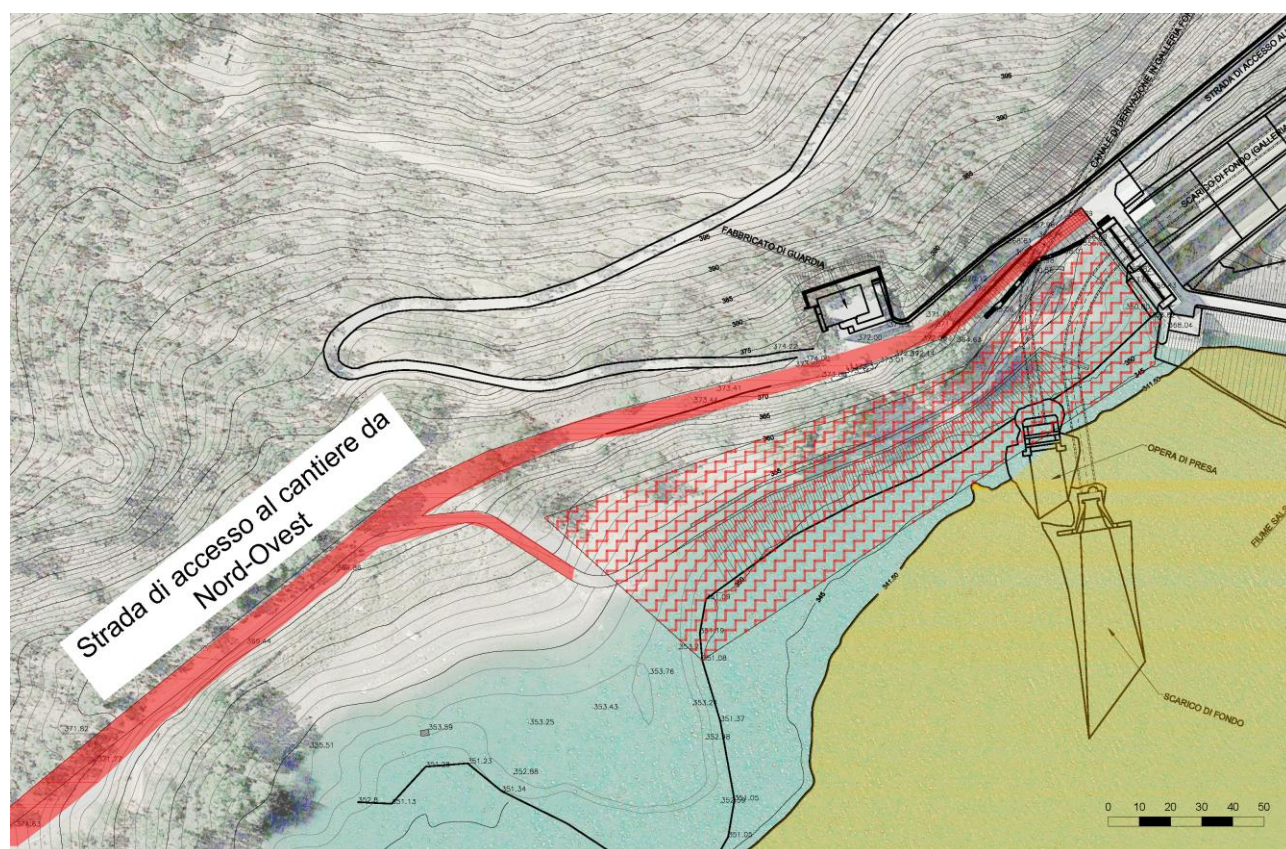


Figura 8.1: Area cantiere 1

L'AREA 1, posta a monte dello sfioratore di superficie, è deputata ad accogliere il cantiere per l'esecuzione delle operazioni necessarie alla realizzazione del pozzo di intercetto, del nuovo imbocco della galleria dello scarico di fondo e del dragaggio dei sedimenti.

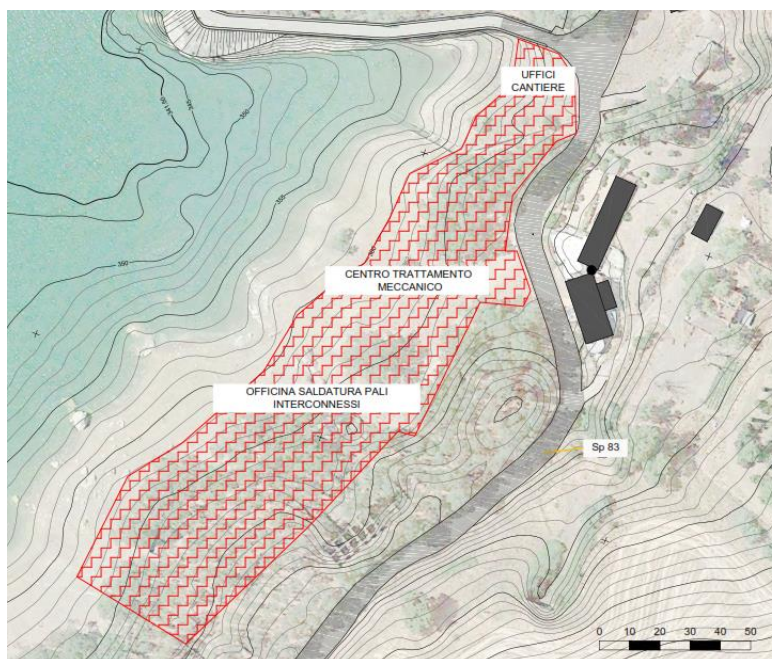


Figura 8.2: Area cantiere 2

L'AREA 2, in sponda destra, ospita gli uffici di cantiere, il centro di trattamento meccanico dei fanghi di dragaggio e l'officina di montaggio degli O-Pile (o tecnologia equivalente).

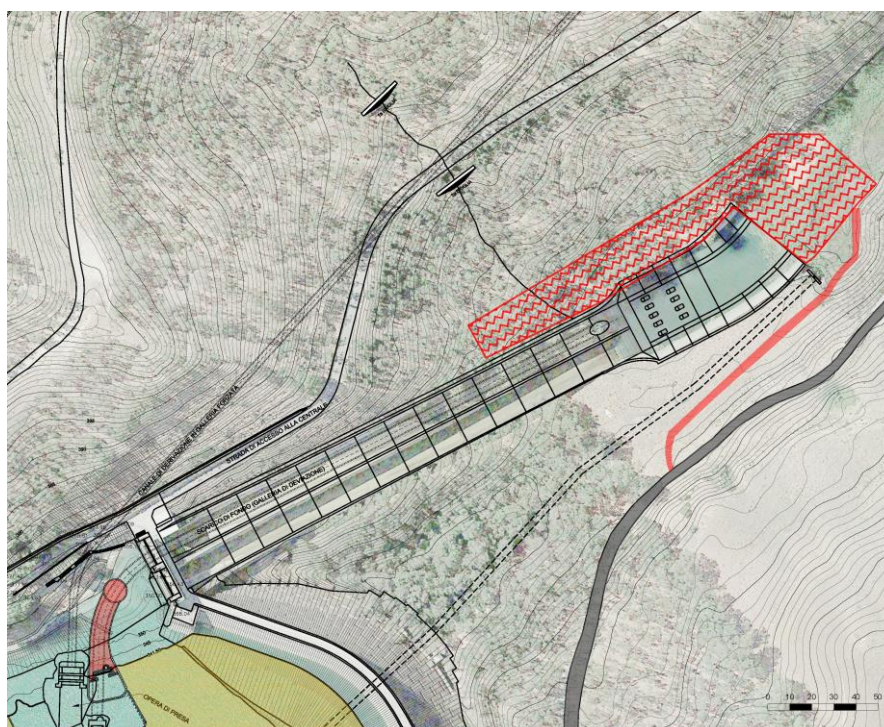


Figura 8.3: Area cantiere 3

L'AREA 3, a valle della diga, individua la zona in cui saranno eseguiti interventi di sistemazione idraulica del versante.

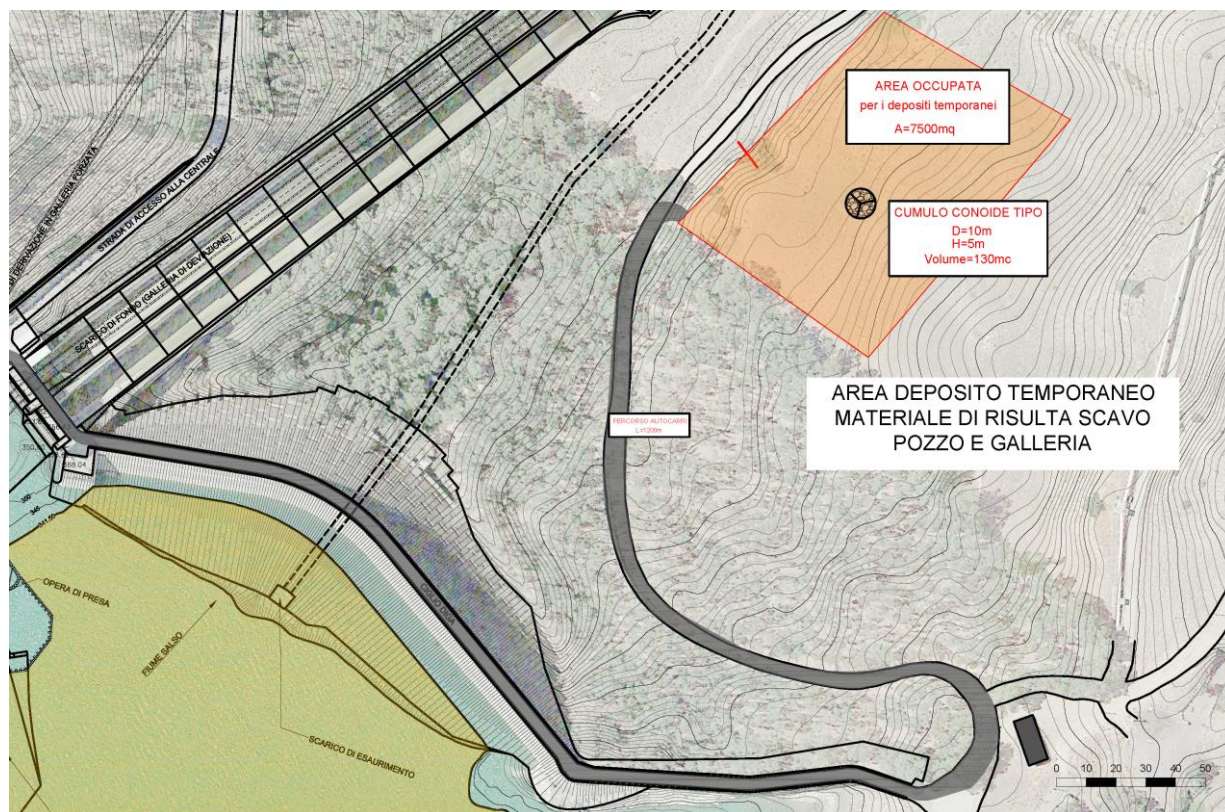


Figura 8.4: Area cantiere 4

L'AREA 4 è la zona deputata ad accogliere il deposito temporaneo del materiale di risulta degli scavi, effettuato realizzando cumuli conoidi dal diametro di base pari a 10 m e di altezza massima di 5 m, riuscendo così ad adattarsi alle caratteristiche morfologiche dell'area.

8.2. Percorsi di cantiere

Come descritto nelle tavole allegate APO0305PLA e APO0306PLA, i percorsi che, mezzi pesanti e adibiti a trasporti eccezionali, potranno adottare per raggiungere il cantiere saranno prevalentemente due, da Ovest rispetto all'opera di sbarramento, lungo la circumlacuale per raggiungere il cantiere del nuovo imbocco (Area 1) provenendo dalla SP22 oppure da Est seguendo la SP83 per raggiungere le Aree 2, 3 e 4.

Ai suddetti mezzi, sarà interdetto il passaggio sul coronamento per motivi di sicurezza e per le difficoltà nelle operazioni di manovra a causa delle dimensioni limitate del passaggio.

Lungo i percorsi descritti sono previsti degli interventi di sistemazione della sede stradale, nei punti critici individuati e mostrati nelle suddette tavole, di cui se ne riporta un estratto.

-  INTERVENTO DI TIPO 1: adeguamento del raggio di curvatura e/o dell'opera di attraversamento
-  INTERVENTO DI TIPO 2: consolidamento delle aree in frana
-  INTERVENTO DI TIPO 3: riprofilatura della sede stradale
-  INTERVENTO DI TIPO 4: realizzazione di una pista di cantiere

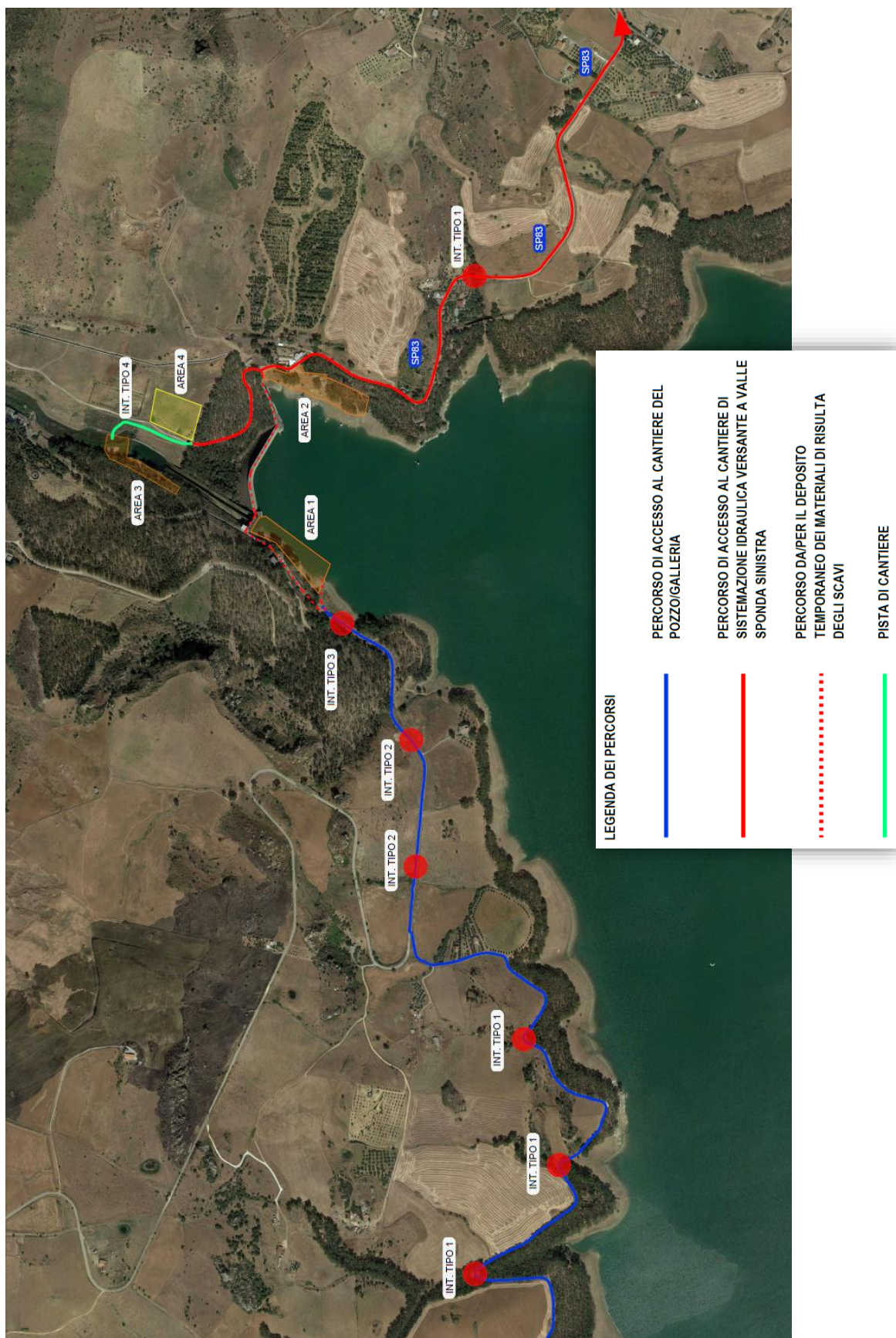


Figura 8.5: Percorsi di cantiere, estratto della tavola APO0306PLA



Figura 8.6: Esempio di criticità per la quale è previsto un intervento di Tipo 1



Figura 8.7: Esempio di criticità per la quale è previsto un intervento di Tipo 2



Figura 8.8: Esempio di criticità per la quale è previsto un intervento di Tipo 3



Figura 8.9: Esempio di criticità per la quale è previsto un intervento di Tipo 4

Il percorso per il trasporto del materiale di risulta degli scavi dall'Area 1 fino al deposito, interessando il coronamento della diga, sarà consentito solo a mezzi di limitate dimensioni e portate.

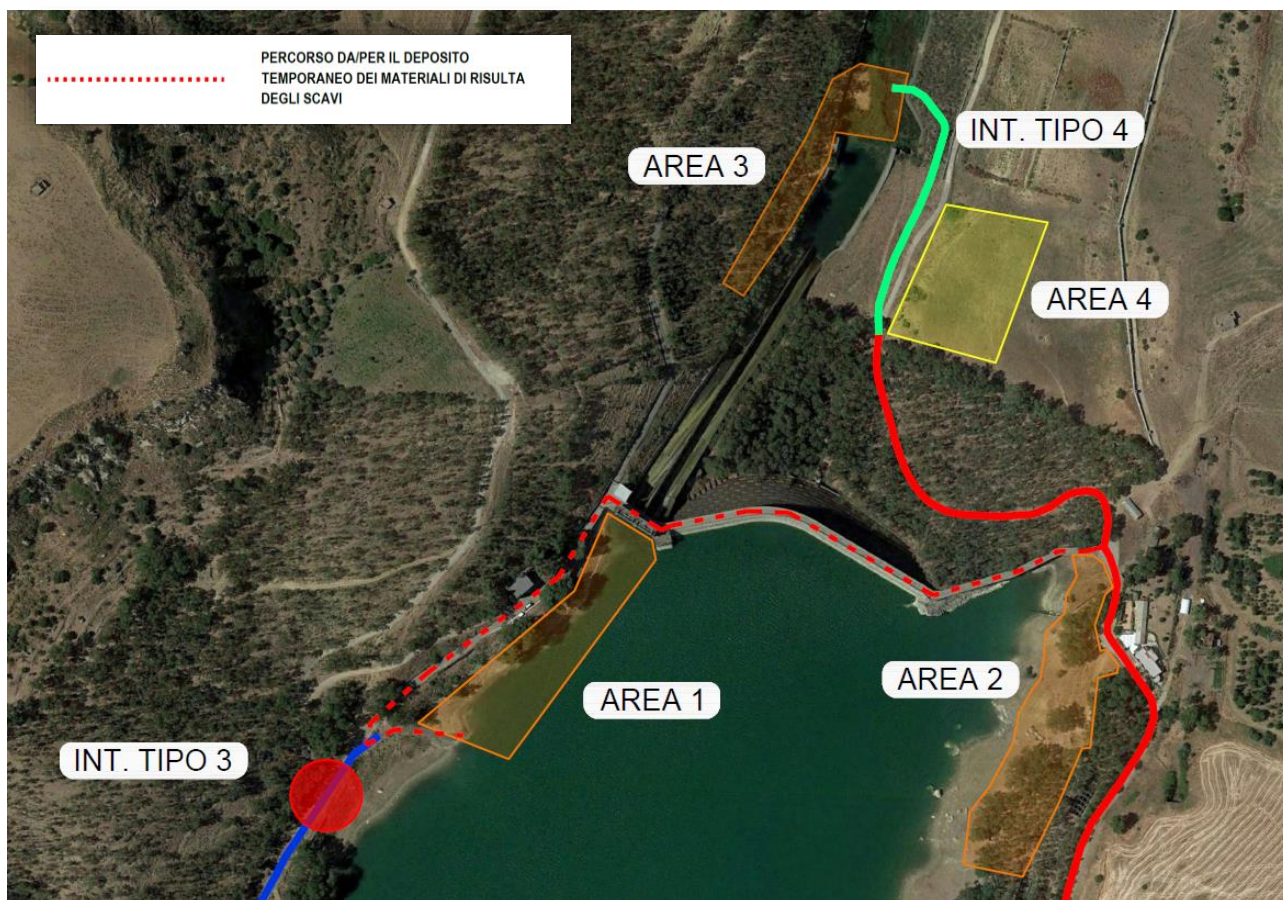


Figura 8.10: Percorso da/per il deposito temporaneo del materiale di risulta degli scavi nell'Area 1



Figura 8.11: Passaggio di limitate dimensioni sul coronamento della diga

8.3. Early Warning - Sistema di monitoraggio e tele-rilevamento

Vista l'importanza strategica dell'opera e la rilevante influenza degli aspetti idrologici sulla sicurezza del cantiere, si prevede un sofisticato sistema di Early Warning tramite progettazione e realizzazione di una rete di monitoraggio ambientale che permetta l'analisi dei dati, cosiddetti precursori, in tempo reale per la previsione delle condizioni idrauliche nelle aree di cantiere interne al bacino.

Il sistema di telecontrollo e gestione, dotato di modellistica previsionale, supporterà le decisioni operative garantendo la massima sicurezza durante le lavorazioni.

La rete di monitoraggio prevede:

- **Stazioni di monitoraggio meteorologico** attraverso:
 - Sensori pluviometrici (modello tipo R102)
 - Sensori combinati di temperatura e umidità dell'aria (modello tipo SHN)
 - Sensore anemometrico per la velocità del vento (modello tipo WS50F)
 - Sensore anemometrico per la direzione del vento (modello tipo WDA)
 - Sensore piranometrico per la misura della radiazione globale (modello tipo CM6B)
- **Stazioni di monitoraggio idrometriche** con:
 - Sensore idrometrico piezometrico (modello tipo PLS)
 - Sensore idrometrico radar (modello tipo RLS)
 - Sensore di misurazione della velocità superficiale e della portata (modello tipo FNCS)

Aste idrometriche con diverse colorazioni a seconda del pericolo in funzione del livello raggiunto nell'invaso saranno installate nei pressi dei cantieri a rischio allagamento per garantire un ulteriore grado di sicurezza e allertamento immediato dei lavoratori.

- **Sistema di teletrasmissione dei dati:**
Ciascuna stazione sarà dotata di datalogger di ultima generazione, centralina elettronica automatica progettata e realizzata secondo i dettami del W.M.O. (World Meteorological Organization) e certificata secondo le attuali norme CE per le emissioni elettromagnetiche condotte e irradiate, dotati di modem GSM/GPRS integrato e funzioni di Web server che permetteranno sia la teletrasmissione dei dati al centro di controllo del sistema, sia l'interrogazione della stazione (test/diagnostica, scarico dati, ecc.) e la visualizzazione dei dati da remoto via Web browser da qualsiasi utente accreditato, incluse le strutture tecniche regionali competenti.
- **Piattaforma Software di gestione:**
Sarà realizzata una "Piattaforma Software di gestione", con funzioni di supervisione e controllo delle stazioni idro-meteorologiche. Essa sarà costituita da due moduli software: il primo, capace di interrogare le postazioni remote, archivarne i dati su database SQL e gestirà inoltre le chiamate

estemporanee eseguite dall'operatore attraverso la sua interfaccia e quelle automatiche che le postazioni invieranno in caso di condizioni di allarme; il secondo servizio software, sviluppato con le più moderne tecnologie informatiche (HTML5 e JavaScript) che ne permettono l'utilizzo totalmente Web anche con dispositivi mobili (tablet e smartphone) consentirà di gestire in ogni suo aspetto la singola stazione di monitoraggio e l'intera rete di acquisizione. L'accesso sarà consentito esclusivamente agli utenti dotati delle credenziali di accesso user e Password, così da garantire la massima sicurezza del sistema. Il tutto verrà affiancato da un modulo di Alert Operation, tramite il quale sarà possibile anche la gestione degli allarmi da notificare al personale reperibile attraverso invio di e-mail o SMS.

▪ **Centro di controllo fisico:**

La piattaforma software descritta al punto precedente può essere, per le sue caratteristiche, sia installata su server fisico che ospitata su servizi Web. Nel caso in esame si propone un'installazione su server fisico, ospitato presso l'edificio della casa di guardia. Questa soluzione consentirà di facilitare, nel corso degli eventi di piena, le operazioni di gestione delle emergenze. Il sistema fisico sarà costituito da un calcolatore di ultima generazione, con tastiera, mouse, monitor LED da 23" e gruppo di continuità. Esso sarà inoltre dotato di un modem fisico per l'invio degli SMS di allarme e sarà collegato in rete LAN con il sistema di gestione del bacino.

8.4. Piano Operativo di Gestione

L'intervento in progetto, ai sensi di quanto previsto dal DM 30 giugno 2004, dal Progetto di Gestione e come espressamente richiesto dall'Ufficio Tecnico per le Dighe di Palermo (nota 1681 del 30-01-2015) è accompagnato dalla redazione di un Piano Operativo (detto Piano di Sintesi dal sopra citato DM) che descrive le attività da eseguire per la gestione del bacino e, in particolare, del sedimento durante il cantiere. Il Piano Operativo risulta composto dai seguenti capitoli:

- Inquadramento dell'area di interesse;
- Quadro di riferimento normativo;
- Descrizione della diga di Pozzillo;
- Qualità delle acque e dei sedimenti del bacino;
- Intervento previsto;
- Asportazione del sedimento ed il suo ricollocamento;
- Effetti ambientali della soluzione scelta e mitigazioni;
- Monitoraggi (ante operam, in corso d'opera e post operam).

Particolare attenzione nel documento è rivolta all'attività di asportazione meccanica di 12.000 m³ di sedimento tramite dragaggio a bacino pieno. Sono descritte le modalità di rimozione della miscela acqua-sedimento che, una volta pompata presso la riva, verrà trattata attraverso un processo di disidratazione (a filtropressa o centrifuga) per separare la frazione solida (sedimento) dalla frazione liquida (acqua

chiarificata). La scelta definitiva delle modalità operative e del destino del materiale solido rimosso avverrà a seguito della nuova caratterizzazione chimica del sedimento prevista prima dell'avvio del cantiere; qualora siano confermate le valutazioni ad oggi disponibili il sedimento verrà avviato a recupero/smaltimento, con il codice CER 170506 "Materiale di dragaggio, diverso da quello di cui alla voce 170505".

Ai sensi del DM 30 giugno 2004 almeno quattro mesi prima dell'effettuazione delle operazioni il gestore fornirà un programma di sintesi delle attività previste in cui verrà riportato un cronoprogramma di dettaglio, che al momento non è ancora disponibile.

9. QUADRO ECONOMICO

QUADRO ECONOMICO PROGETTO DEFINITIVO					
RIPRISTINO DELLO SCARICO DI FONDO DELLA DIGA DI POZZILLO					
DESCRIZIONE		IMPORTI			
N.		IMPORTO	%	IVA	TOTALE
1	IMPORTO LAVORI	€ 17 227 925,37			
2	Per attuazione misure di sicurezza	€ 708 159,62			
	TOTALE LAVORI IN APPALTO	€ 17 936 084,99	10	€ 1 793 608,50	€ 19 729 693,49
3	OPERE IN ECONOMIA		10	€ -	€ -
4	IMPREVISTI		10	€ -	€ -
5	Verifica (DM 143/16)	€ 233 382,03	22	€ 51 344,05	€ 284 726,08
6	Validazione (DM 143/16)	€ 8 976,23	22	€ 1 974,77	€ 10 951,00
7	Commissione di gara (3 elementi) DM 12/02/18	€ 90 000,00	22	€ 19 800,00	€ 109 800,00
8	Supporto al RUP (DM 143/16)	€ 35 237,11	22	€ 7 752,16	€ 42 989,28
9	UFFICIO DL (DM 143/16)	€ 582 886,26	22	€ 128 234,98	€ 711 121,24
10	CSE (DM 143/16)	€ 224 405,81	22	€ 49 369,28	€ 273 775,09
11	Commissione di collaudo TA 143/2016 (3 collaudatori)	€ 69 048,98	22	€ 15 190,78	€ 84 239,76
12	Collaudo statico DM 143/16 (1 dei 3 di sopra)	€ 190 023,95	22	€ 41 805,27	€ 231 829,22
13	Collaudo art. 14 DPR 1363/1959 (3 collaudatori)	€ 190 023,95	22	€ 41 805,27	€ 231 829,22
14	Assistente governativo (50% DL)	€ 303 100,86	22	€ 66 682,19	€ 369 783,04
15	Incentivi ex art 113 dlgs 50/2016 (2%)	€ 358 721,70			€ 358 721,70
16	Spese pubblicazione	€ 50 000,00			€ 50 000,00
17	Assicurazione opera EAR	€ 100 000,00			€ 100 000,00
	SOMME A DISPOSIZIONE	€ 2 435 806,89			€ 2 859 765,63
	SPESA COMPLESSIVA	€ 20 371 891,88		€ 1 793 608,50	€ 22 589 459,13