

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO DI SAN GIACOMO III

Installazione di un nuovo gruppo di pompaggio Comune di Fano Adriano (TE)

Progetto Definitivo per Autorizzazione

SINTESI TECNICA DELL'IMPIANTO

File: GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.128 Sintesi tecnica dell'impianto.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	28/09/2022	<i>Emissione per revisione Cliente</i>	C. Piccinin R. Arrigoni	F. Maugliani A. Balestra	M. Braghini

GRE VALIDATION

		Support Team:	Project Engineer: <i>P. Viganoni</i>
COLLABORATORS		VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT SAN GIACOMO III	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT				SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION						
	GRE	EEC	D	9	9	I	T	H	1	7	1	7	0	0	0	1	2	8	0

CLASSIFICATION PUBLIC

UTILIZATION SCOPE PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

R.00	28.09.2022	PCap/ViM	MFr/Bal
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
Telefono +41(0)91 735 31 00
www.lombardi.group, info@lombardi.group

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
1.1	Contesto generale e scopo del lavoro	1
1.2	Struttura del rapporto	1
1.3	Documentazione ricevuta da ENEL	1
2.	INQUADRAMENTO TECNICO DELL'INTERVENTO	2
2.1	Generalità e cenni storici	2
2.2	Descrizione sintetica dello schema San Giacomo	3
2.3	Inquadramento territoriale	4
3.	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ESISTENTE	6
3.1	Lo schema idraulico degli impianti di San Giacomo I e II	6
3.2	Serbatoio di Provvidenza	7
3.2.1	Dati FCEM	7
3.3	Diga di Provvidenza e derivazione di San Giacomo II	11
3.4	Serbatoio di Piaganini	15
3.4.1	Dati FCEM	15
3.5	Diga di Piaganini e gallerie di scarico di San Giacomo II	18
3.6	Centrale di San Giacomo II	21
3.7	Gruppi di produzione di San Giacomo II	23
3.7.1	Gruppo Pelton, ad asse verticale (Gr. 6):	23
3.7.2	Gruppo reversibile Francis, ad asse verticale (Gr. 7)	23
4.	IL NUOVO IMPIANTO DI SAN GIACOMO III	25
4.1	Aspetti generali	25
4.2	Descrizione generale degli interventi	25
4.2.1	Nuova caverna di centrale e galleria di accesso	26
4.2.2	Nuova connessione al pozzo forzato esistente di San Giacomo II	31
4.2.3	Nuova camera di espansione al pozzo piezometrico esistente sulla derivazione Provvidenza	34
4.2.4	Nuovo pozzo piezometrico sulla derivazione Piaganini	36

4.2.5	Nuova galleria forzata di scarico/aspirazione sulla derivazione Piaganini	38
4.2.6	Nuovo pozzo verticale di collegamento alla caverna trasformatori esistente	41
4.3	Aspetti tecnici particolari	43
4.3.1	Aspetti Geologico/Geotecnici	43
4.3.2	Aspetti idrologici	44
4.3.3	Aspetti idraulici	45
4.3.4	Aspetti elettromeccanici	47
4.4	Connessione alla sottostazione e punto di consegna	49

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1:	Schema d'insieme storico dell'asta del Vomano.....	2
Figura 2:	Schema idraulico del F.Vomano con gli impianti di San Giacomo I e San Giacomo II	3
Figura 3:	Impianti di San Giacomo I e II – Schema idraulico.	4
Figura 4:	Impianto di San Giacomo III - inquadramento territoriale.	5
Figura 5:	Impianto di San Giacomo – schema idraulico.....	6
Figura 6:	Serbatoio di Provvidenza.	7
Figura 7:	Diga di Provvidenza- diagramma delle aree (da FCEM di Provvidenza).	8
Figura 8:	Diga di Provvidenza- diagramma dei volumi (da FCEM di Provvidenza).....	9
Figura 9:	Diga di Provvidenza - curva di portata dello scarico di superficie.....	10
Figura 10:	Diga di Provvidenza - curva di portata dello scarico di fondo.....	10
Figura 11:	Diga di Provvidenza - vista da valle.	11
Figura 12:	Diga di Provvidenza - planimetria generale.	11
Figura 13:	Derivazione San Giacomo II – profilo idraulico.....	12
Figura 14:	Derivazione San Giacomo II – pozzo piezometrico.....	13
Figura 15:	Derivazione San Giacomo II – camera valvole.....	14
Figura 16:	Derivazione San Giacomo II – biforcazione gruppi 6 e 7.	14
Figura 17:	Serbatoio di Piaganini – vista aerea.	15
Figura 18:	Diga di Piaganini – diagramma delle aree e dei volumi (da FCEM di Piaganini).	16
Figura 19:	Diga di Piaganini – curva di portata dello scarico di superficie.....	17

Figura 20: Diga di Piaganini – curva di portata dello scarico di fondo.	18
Figura 21: Diga di Piaganini - vista da valle.	19
Figura 22: Diga di Piaganini - planimetria generale.	19
Figura 23: Impianto di S.Giacomo II – scarico a pelo libero Gr.6.	20
Figura 24: Impianto di S. Giacomo II – galleria forzata di scarico Gr. 7 – profilo.....	21
Figura 25: Centrale di San Giacomo II - planimetria generale.....	22
Figura 26: Centrale di San Giacomo II – sezione longitudinale sala macchine su gruppo Pelton e reversibile.	22
Figura 27: Centrale di San Giacomo II – sala macchine.....	23
Figura 28: Nuova caverna di centrale di San Giacomo III (in arancione).	26
Figura 29: Nuova centrale di San Giacomo III - sezione longitudinale.	27
Figura 30: Nuova centrale di San Giacomo III - piano sala macchine.	28
Figura 31: Nuova centrale di San Giacomo III – sezioni verticali.....	28
Figura 32: Galleria di accesso alla nuova centrale in caverna – pianta e sezione tipo.	29
Figura 33: Galleria di accesso alla nuova centrale in caverna – profilo.....	29
Figura 34: Galleria di costruzione della nuova centrale in caverna – pianta e sezione tipo.	30
Figura 35: Galleria di costruzione della nuova centrale in caverna – profilo.	30
Figura 36: Nuova connessione al pozzo forzato esistente di San Giacomo II – pianta.....	31
Figura 37: Nuova connessione al pozzo forzato esistente di San Giacomo II – profilo e sezioni tipo.	31
Figura 38: Caverna per la realizzazione del nuovo innesto sul pozzo verticale – pianta.	32
Figura 39: Caverna per la realizzazione del nuovo innesto sul pozzo verticale – profilo.	32
Figura 40: Caverna per la realizzazione del nuovo innesto sul pozzo verticale – sezione.....	33
Figura 41: Nuova camera di espansione al pozzo piezometrico sulla derivazione Provvidenza – pianta.....	34
Figura 42: Nuova camera di espansione al pozzo piezometrico sulla derivazione Provvidenza – profilo.....	34
Figura 43: Nuova camera di espansione al pozzo piezometrico sulla derivazione Provvidenza – sezione collegamento idraulico alla nuova camera e pozzo di areazione in copertura.	35
Figura 44: Nuova camera di espansione al pozzo piezometrico sulla derivazione Provvidenza – vista 3D e planimetria d'intervento.	35

Figura 45: Nuovo pozzo piezometrico sulla derivazione Piaganini – pianta.	36
Figura 46: Nuovo pozzo piezometrico sulla derivazione Piaganini – profilo.	36
Figura 47: Nuovo pozzo piezometrico sulla derivazione Piaganini – sezioni.	37
Figura 48: Nuova galleria forzata di scarico/aspirazione sulla derivazione Piaganini – pianta.	38
Figura 49: Nuova galleria forzata di scarico/aspirazione sulla derivazione Piaganini – profilo.	38
Figura 50: Nuova galleria forzata di scarico/aspirazione sulla derivazione Piaganini – vista 3D e sezione tipo.	38
Figura 51: Nuova galleria forzata di scarico/aspirazione sulla derivazione Piaganini – zona della nuova presa – pianta.	39
Figura 52: Nuova galleria forzata di scarico/aspirazione sulla derivazione Piaganini – zona della nuova presa – pianta.	40
Figura 53: Nuova galleria forzata di scarico/aspirazione sulla derivazione Piaganini – zona della nuova presa – profilo.	40
Figura 54: Nuova galleria forzata di scarico/aspirazione sulla derivazione Piaganini – zona della nuova presa – sezioni tipo.	40
Figura 55: Pozzo per commutazione MT – profilo.	41
Figura 56: Pozzo per commutazione MT – vista 3D.	42
Figura 57: Serbatoio di Provvidenza - afflussi medi mensili 2013-2020.	44

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Nuova pompa – Perdite di carico della derivazione Provvidenza.	45
Tabella 2: Nuovo gruppo pompa – Perdite di carico della derivazione Piaganini.	45
Tabella 3: Tempi di manovra concordati con Enel GP per le verifiche dei transistori nei pozzi piezometrici.	46
Tabella 4: Massime pressioni di esercizio nella condotta forzata Provvidenza.	46
Tabella 5: Condotta Forzata Provvidenza - verifica di resistenza – fase di turbinaggio.	46
Tabella 6: Condotta Forzata Provvidenza - verifica di resistenza – fase di pompaggio.	47
Tabella 7: Massime pressioni di esercizio nella condotta forzata Piaganini.	47
Tabella 8: Galleria Forzata Piaganini - verifica di resistenza.	47
Tabella 9: Nuovo Gruppo di pompaggio – potenze disponibili.	47
Tabella 10: Generatore/Motore – caratteristiche.	48

1. INTRODUZIONE

1.1 Contesto generale e scopo del lavoro

Enel SpA – HGT Design & Execution, ha affidato a Lombardi SA l'incarico professionale di ingegneria per la Progettazione Definitiva per Autorizzazione relativa ad un intervento di potenziamento in pompaggio dell'impianto idroelettrico di San Giacomo II di proprietà di Enel Produzione SpA, in Comune di Fano Adriano (TE), mediante l'inserimento di un nuovo gruppo pompa.

Attualmente la centrale di San Giacomo II, che deriva dal serbatoio di Provvidenza e restituisce nel serbatoio di Piaganini, è dotata di due gruppi di produzione: 1 turbina Pelton (Gr. 6) da 282.48 MW ed un gruppo Francis di tipo reversibile (Gr.7) da 56.30 MW: la capacità di pompaggio attuale è circa del 15% rispetto alla capacità in generazione.

L'intervento in progetto prevede l'incremento della potenza in pompaggio con la trasformazione dell'impianto esistente. L'idea di potenziamento nasce per iniziativa delle strutture Tecniche di Enel Green Power con lo scopo di sfruttare al meglio la risorsa idrica disponibile.

La presente relazione descrive in sintesi le caratteristiche tecniche previste da Enel per la realizzazione della nuova pompa.

1.2 Struttura del rapporto

Il presente rapporto ha la seguente struttura:

- Capitolo 1: introduzione;
- Capitolo 2: inquadramento normativo dell'intervento;
- Capitolo 3: inquadramento tecnico dell'intervento;
- Capitolo 4: descrive le opere del progetto esistente;
- Capitolo 5: descrive le motivazioni ed il progetto di installazione del nuovo gruppo;
- Capitolo 6: riporta una valutazione di massima dei costi;
- Capitolo 7: presenta il cronoprogramma generale per l'implementazione del progetto.

1.3 Documentazione ricevuta da ENEL

Per la redazione della presente relazione è stato fatto riferimento ai documenti facenti parte della documentazione d'incarico ricevuta da Enel GP e compresa nella Dataroom di progetto.

2. INQUADRAMENTO TECNICO DELL'INTERVENTO

2.1 Generalità e cenni storici

Il fiume Vomano è un corso d'acqua dell'Abruzzo con una lunghezza di 76 km ed un bacino idrografico di 764 km². Ricompreso interamente nella provincia di Teramo, esso nasce dalle pendici del Gran Sasso e sfocia nell'Adriatico nei pressi di Roseto degli Abruzzi. Il principale affluente è il fiume Mavone, che confluisce in destra presso l'abitato di Villa Vomano. Il corso d'acqua è interessato da tre bacini per la produzione di energia idroelettrica che ne regolamentano le portate. I tre bacini, gestiti da ENEL S.p.a. sono denominati Lago di Campotosto, Lago di Provvidenza e Lago di Piaganini ed alimentano gli impianti idroelettrici dell'asta del Vomano, ovvero le centrali di Provvidenza, San Giacomo e Montorio.

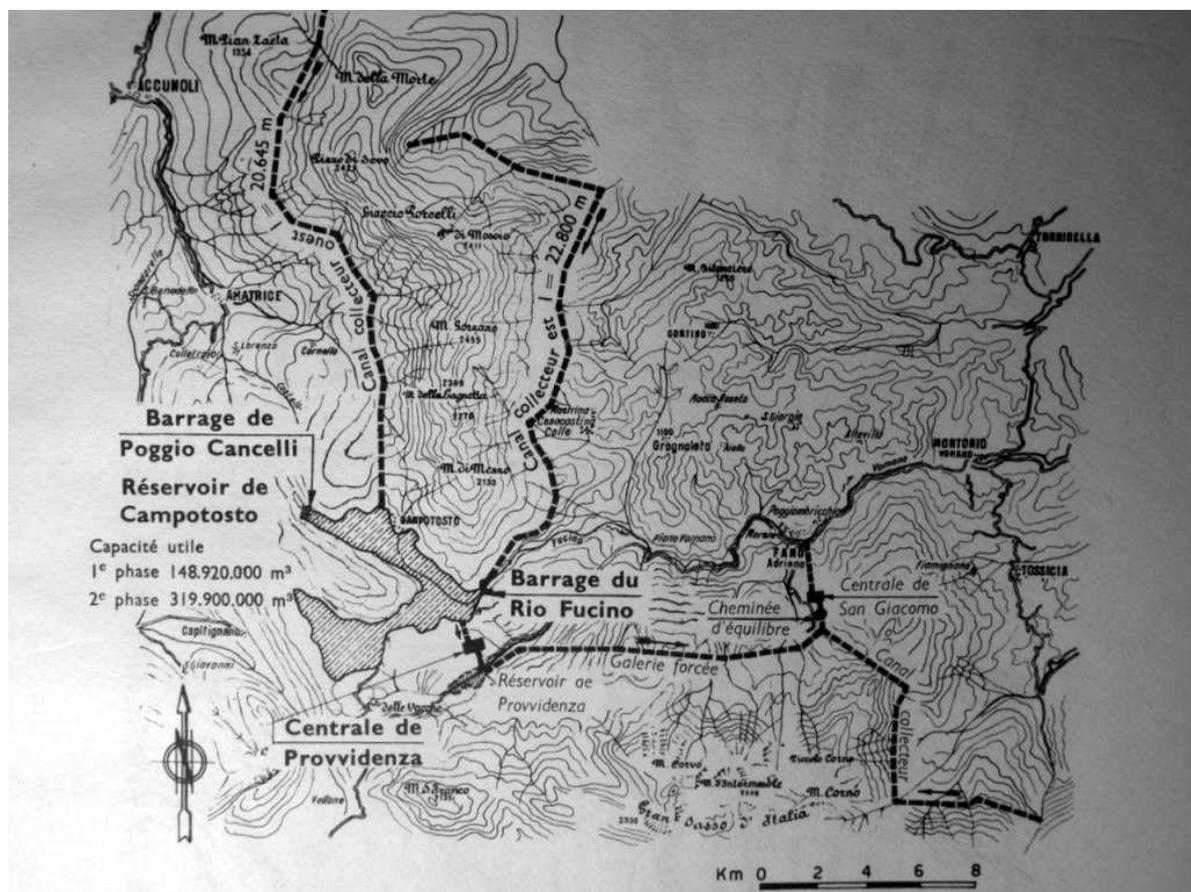


Figura 1: Schema d'insieme storico dell'asta del Vomano

Queste centrali sono state realizzate negli anni '50 del secolo scorso e sono dotate di capacità di pompaggio.

2.2 Descrizione sintetica dello schema San Giacomo

Lo schema idraulico di sfruttamento del Fiume Vomano, dove sono collocati gli impianti di San Giacomo I (costruito per primo) e San Giacomo II, che entrambi derivano le acque dal serbatoio di Provvidenza e le restituiscono nel serbatoio di Piaganini, è riportato nella figura seguente:

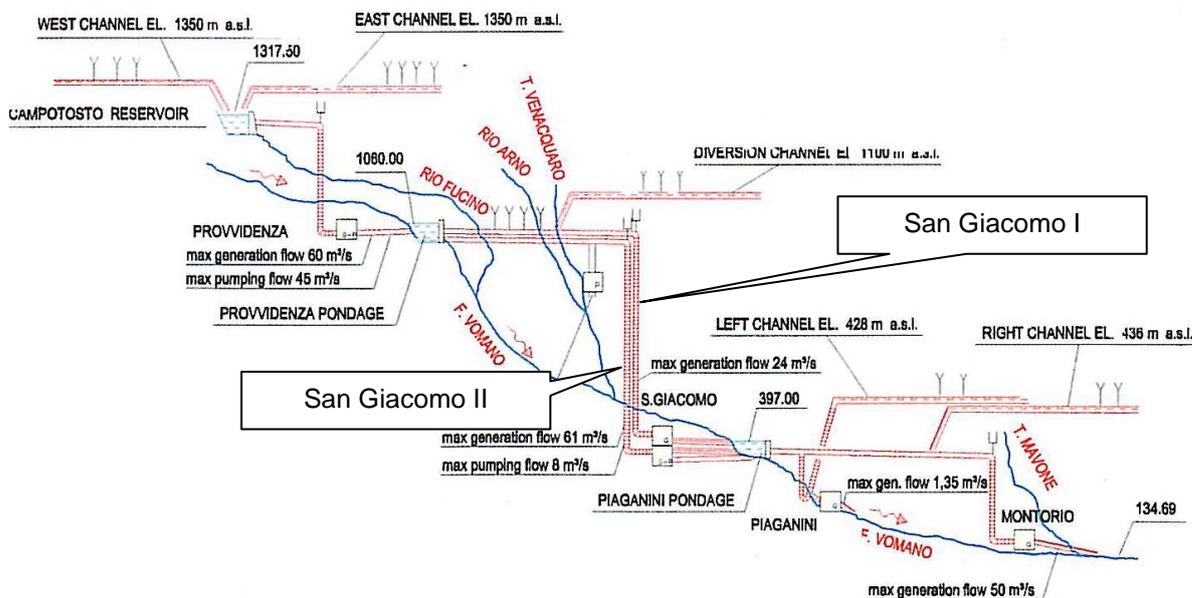


Figura 2: Schema idraulico del F.Vomano con gli impianti di San Giacomo I e San Giacomo II

Come si può notare dalla figura, le dighe di Provvidenza e Piaganini sono collegate da due distinte derivazioni:

- La prima a servizio dell'impianto di San Giacomo I, non oggetto di interventi, la cui galleria forzata raccoglie anche le acque di numerosi bacini allacciati in modo diretto o tramite la gronda "Ruzzo-Mavone", convogliando dunque le acque verso il serbatoio di Provvidenza;
- La seconda, che non ha immissioni lungo la propria galleria forzata e che alimenta l'impianto di San Giacomo II, oggetto di interventi e meglio descritto nel seguito.

Il serbatoio di Provvidenza è stato realizzato sbarrando il Fiume Vomano in prossimità di L'Aquila (AQ), con una diga ad arco classificata "diga muraria ad arco (Ab1)" alta 52.20 m con un volume d'invaso 2.760.000 mc ed un bacino imbrifero 54 km², costruita nel 1947, avente una quota di massima regolazione di 1'060.00 m s.l.m.

L'acqua del serbatoio di Provvidenza, tramite una galleria in pressione, lunga ca. 14 km, termina con un pozzo piezometrico (oggetto di intervento), per poi partire poco più avanti con un pozzo forzato, scavato nella roccia e rivestito in c.a., dopo una lunghezza di circa 573 m (rif. asse galleria forzata), arriva all'asse del gruppo 6 a quota 403.25 m s.l.m.

Questo è costituito da una turbina Pelton ad asse verticale della potenza di 282.45 MW, alla quale è accoppiato un generatore sincrono trifase della potenza di 310.000 kVA. Il salto lordo massimo è di 656.75 m. Vi è anche un gruppo reversibile Francis ad asse orizzontale (gruppo 7) a quota 359.70 m

s.l.m. dalla potenza di 56.29 MW in generazione e di 60.64 MW in pompaggio, al quale è accoppiato un generatore sincrono trifase dalla potenza di 65.000 kVA. Il salto lordo massimo è di 675.60 m.

Le acque vengono restituite, in generazione, al serbatoio di Piaganini, realizzato sbarrando il Fiume Vomano in comune di Fano Adriano (TE) con una “diga muraria ad arco gravità (Ab2)”.

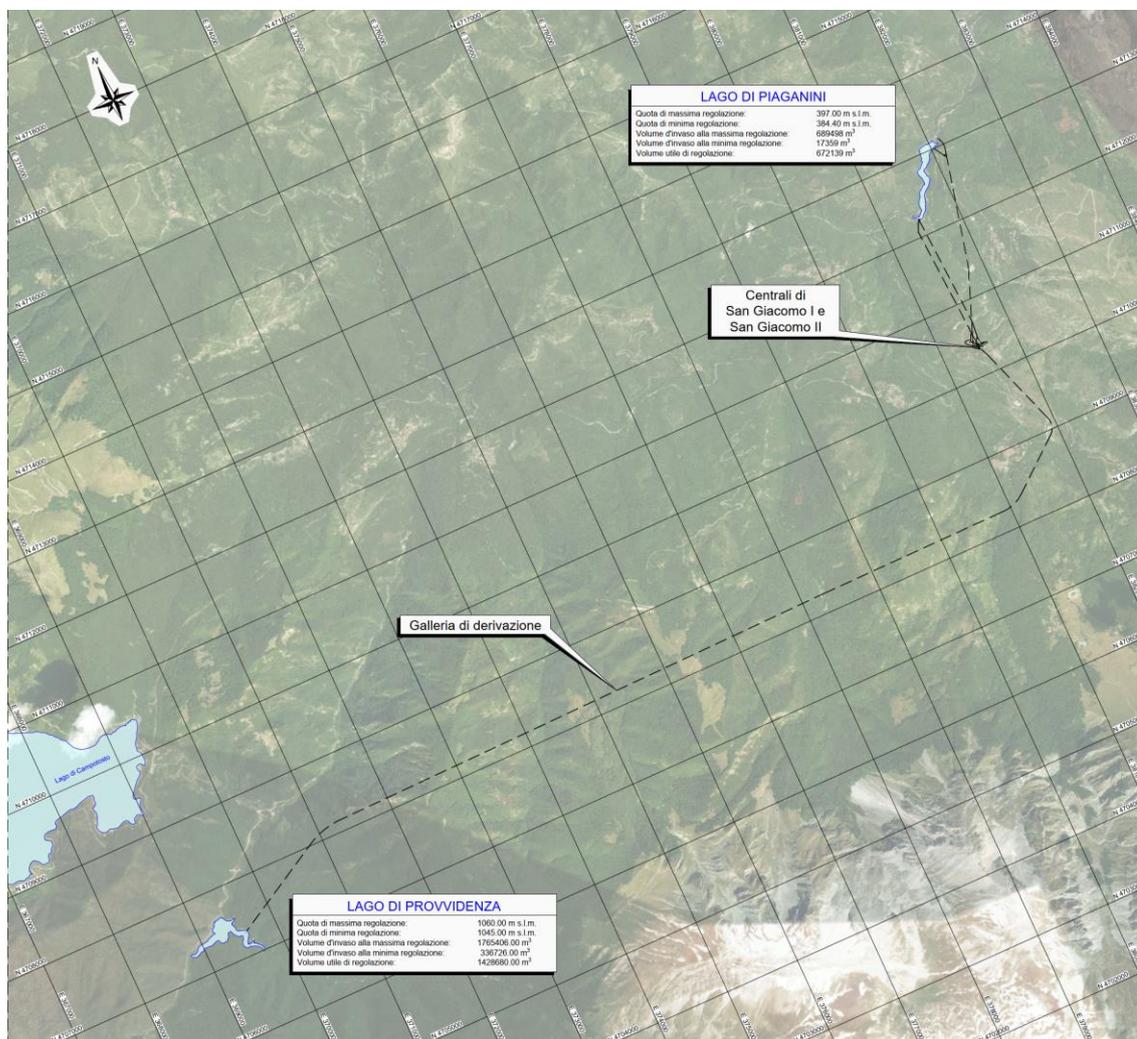


Figura 3: Impianti di San Giacomo I e II – Schema idraulico.

2.3 Inquadramento territoriale

Gli esistenti serbatoi di Provvidenza e di Piaganini e le esistenti Centrali di San Giacomo I e II sono siti in Provincia di Teramo. In particolare, le esistenti Centrali di San Giacomo I e II sono site nel Comune di Fano Adriano. Le opere a progetto ricadono all'interno dei limiti amministrativi dei Comuni di Fano Adriano e Pietracamela.

Il progetto prevede tre aree d'intervento, la prima sita nei pressi del pozzo piezometrico di monte esistente, la seconda in sotterraneo per lo scavo della caverna e della galleria di accesso alla caverna stessa, e la terza in prossimità della diga di Piaganini e della presa di valle (cfr. Figura 4).

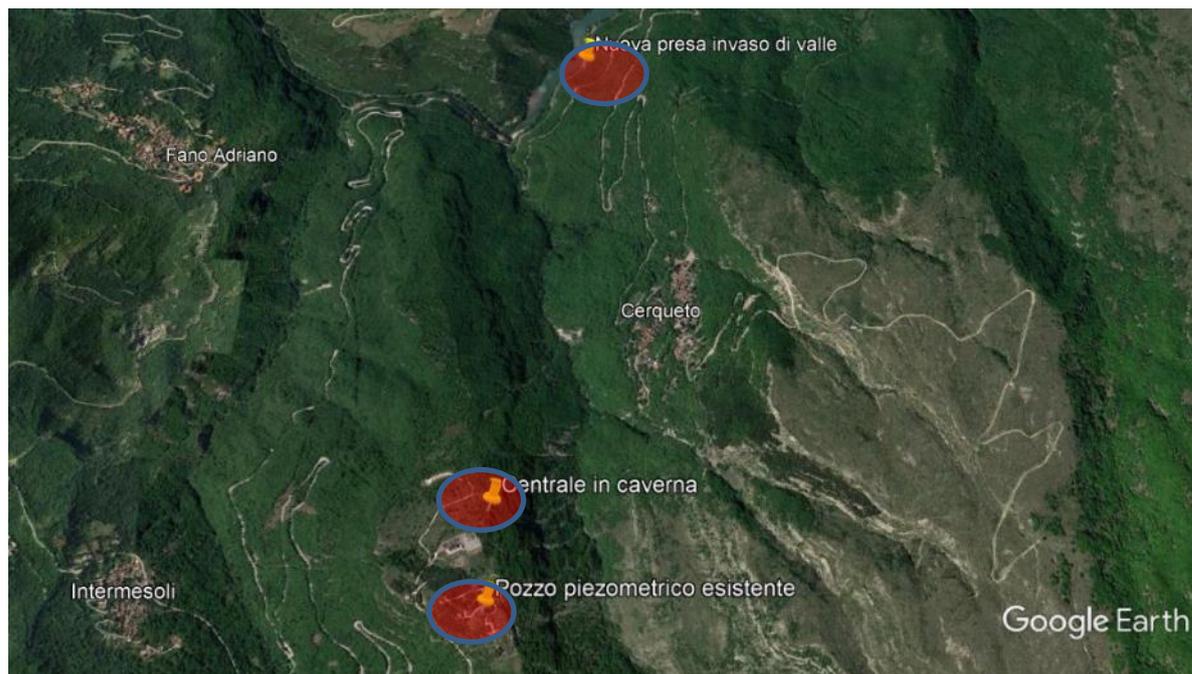


Figura 4: Impianto di San Giacomo III - inquadramento territoriale.

3.2 Serbatoio di Provvidenza



Figura 6: Serbatoio di Provvidenza.

3.2.1 Dati FCEM

Dati principali della diga desunti dal Progetto approvato:

Altezza della diga (ai sensi del D.M. 24.03.'82)	52.20 m
Altezza della diga (ai sensi della L. 584/'94)	46.20 m
Altezza di massima ritenuta	45.20 m
Quota coronamento	1'063.20 m slm
Franco (ai sensi del D.M. n° 44 del 24.03.'82)	1.00 m
Franco netto (ai sensi del D.M. n°44 del 24.03.'82)	0.70 m
Sviluppo del coronamento	237.70 m
Volume della diga	70'800 m ³
Grado di sismicità assunto nel Progetto	S=9
Classifica ai sensi del D.M: 24.03.'82	diga muraria ad arco (Abl)

Dati principali del serbatoio desunti dal Progetto approvato

Quota di massimo invaso	1'062.20 m slm
Quota massima di regolazione	1'060.00 m slm

Quota minima di regolazione	1'045.00 m slm
Superficie dello specchio liquido	
• Alla quota di massimo invaso	0.171 km ²
• Alla quota massima di regolazione	0.157 km ²
• Alla quota minima di regolazione	0.072 km ²
Volume totale di invaso (ai sensi del D.M. 24.03.'82)	2.76x10 ⁶ m ³
Volume di invaso (ai sensi della L.584/1994)	2.40x10 ⁶ m ³
Volume utile di regolazione	1.68x10 ⁶ m ³
Volume di laminazione	0.36x10 ⁶ m ³
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	54.00 km ²
Superficie del bacino allacciato	234.00 km ²
Portata di massima piena di progetto	350.00 m ³ /s
Tempo di ritorno (ultimo anno di riferimento)	non disponibile

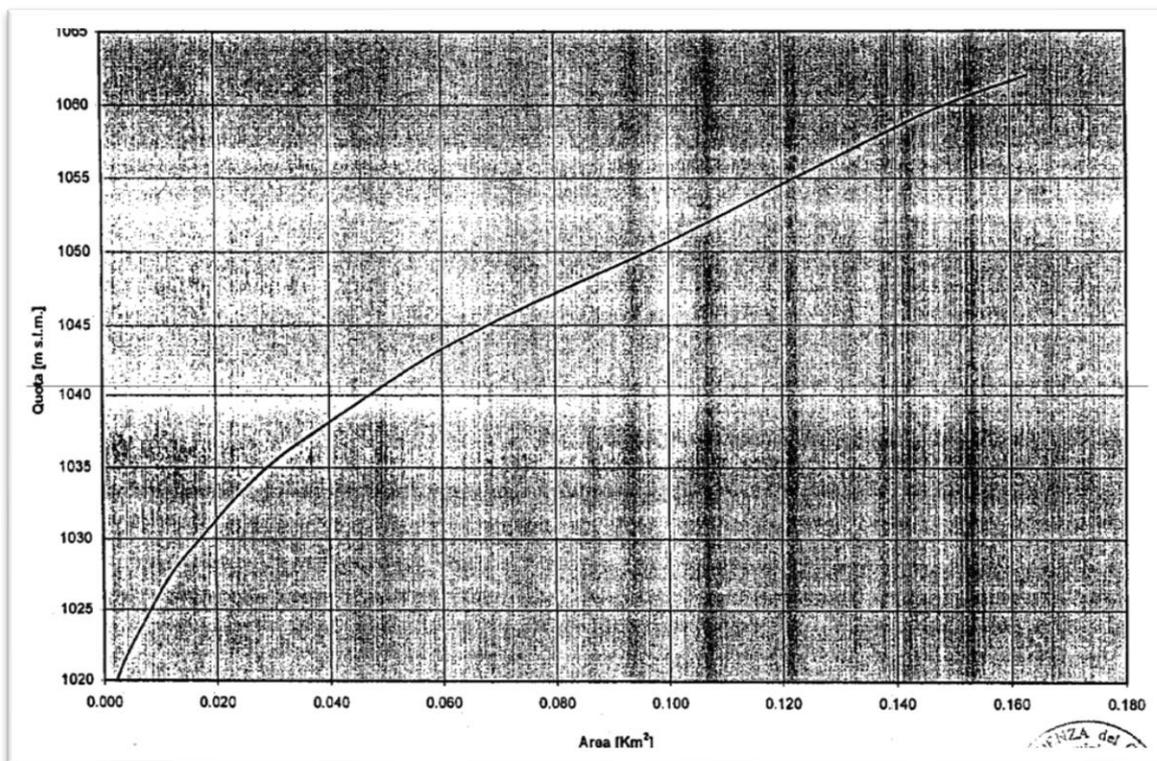


Figura 7: Diga di Provvidenza- diagramma delle aree (da FCEM di Provvidenza).

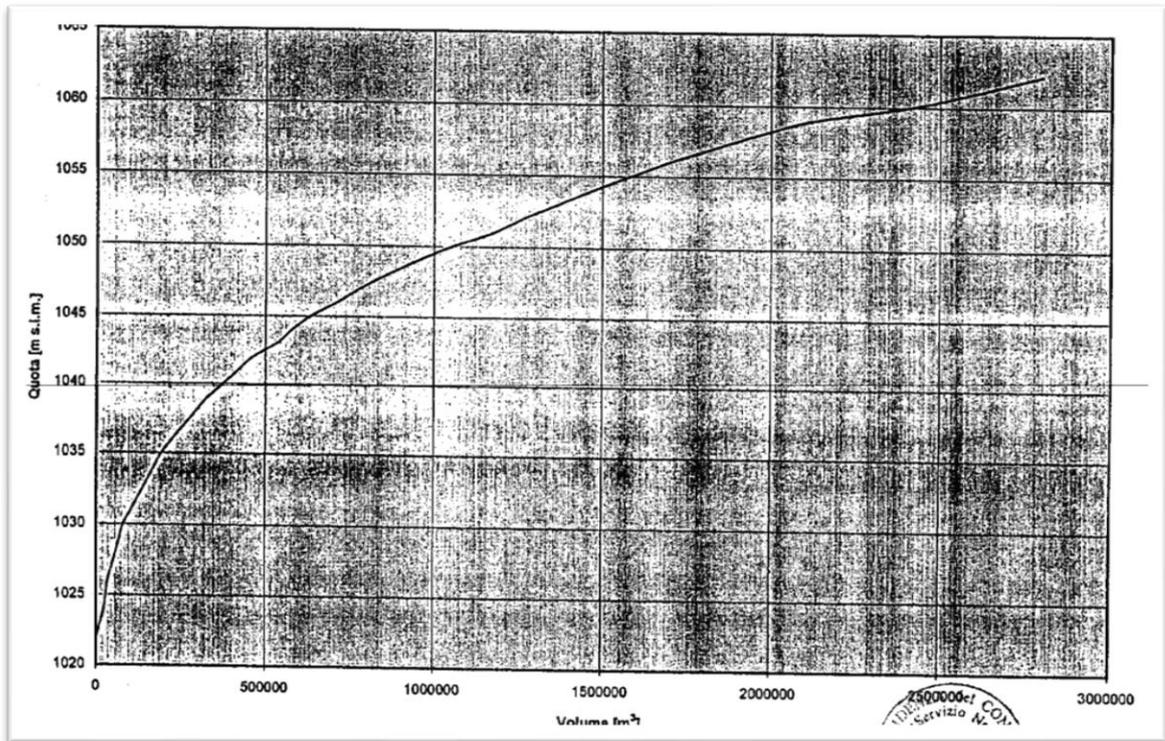


Figura 8: Diga di Provvidenza- diagramma dei volumi (da FCEM di Provvidenza)

Dati principali delle opere di scarico

Portata esitata con livello nel serbatoio alla quota 1062.20 m slm. (sopralzo del pelo liquido m 2.20)

Dallo scarico di superficie 335.00 m³/s

Dallo scarico di fondo 20.00 m³/s

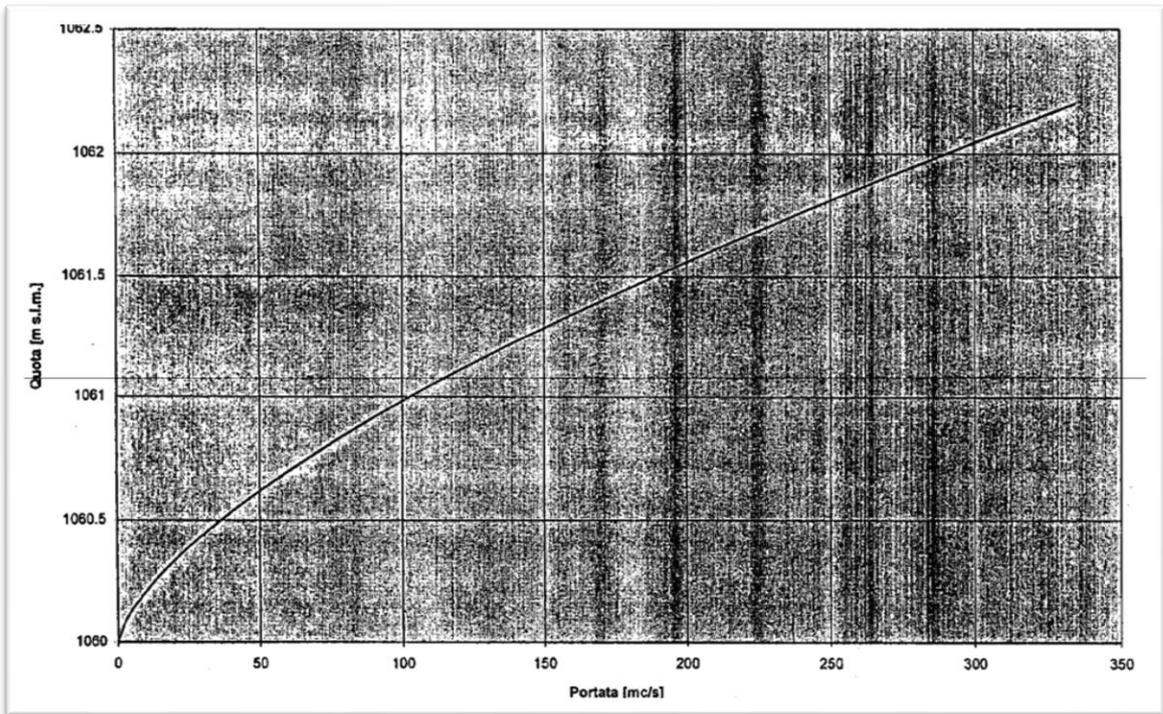


Figura 9: Diga di Provvidenza - curva di portata dello scarico di superficie.

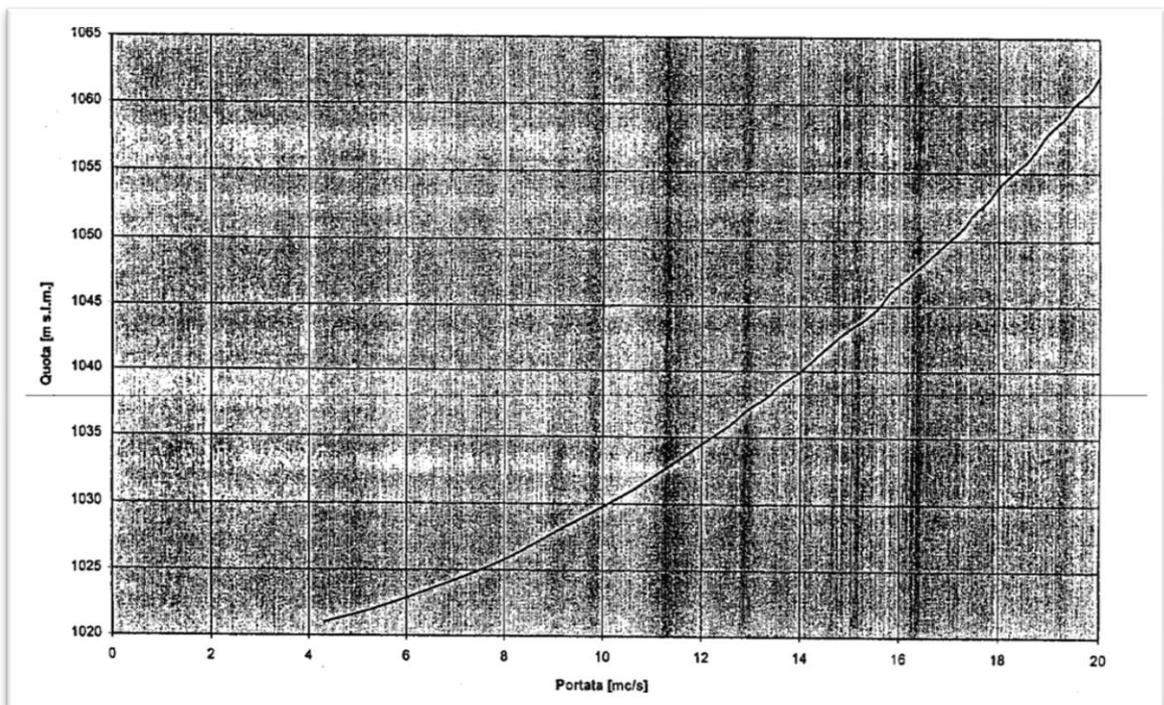


Figura 10: Diga di Provvidenza - curva di portata dello scarico di fondo.

3.3 Diga di Provvidenza e derivazione di San Giacomo II

La diga di Provvidenza, costruita nel periodo 1939-1947, è una diga muraria ad arco. Il piano di Coronamento si trova a quota 1063.20 m slm e si sviluppa per 237.7 m. Il corpo diga ha un volume pari a 70'800 m³.



Figura 11: Diga di Provvidenza - vista da valle.

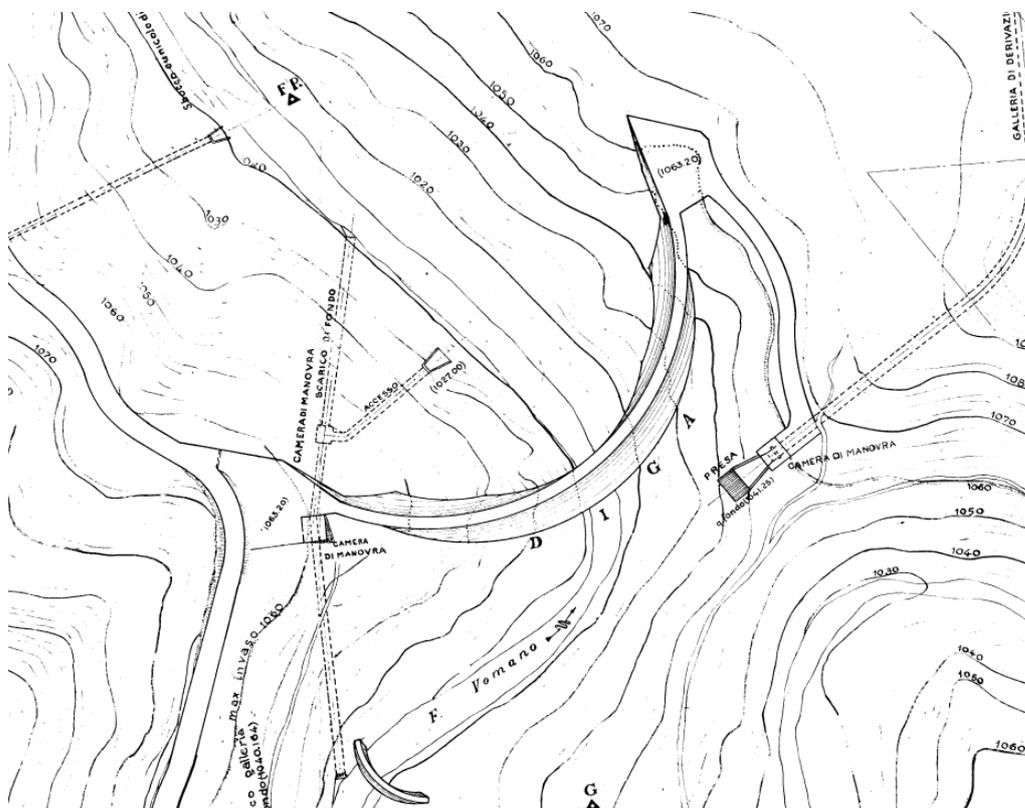


Figura 12: Diga di Provvidenza - planimetria generale.

Lo sbarramento dispone di due opere di scarico: uno scarico di superficie (uno sfioratore a sei luci a stramazzo libero con soglia a quota 1'060.00 m s.l.m. dello sviluppo di 8.00 m ciascuna, disposte in fregio al coronamento nella parte centrale, e con una portata massima di 335.00 m³/s) e uno scarico di fondo (gallerie circolari in sponda sinistra del diametro di 2.50 m, dello sviluppo di circa 180 m e della portata massima di 20.00 m³/s; l'imbocco a pipa, con ciglio a quota 1'024.00 m s.l.m., è munito di una griglia grossa fissa; poco più a valle una paratoia a rulli, piana, di 2.00x2.00 m, disposta in un pozzo bagnato e manovrata dall'alto, intercetta la galleria, ma la regolazione delle portate scaricate è affidata ad una successiva saracinesca da 0.75x1.25 m).

L'opera di presa, ubicata in destra idraulica, è costituita da quattro luci di 5.0x5.0m e dotata di griglie. Dopo le griglie la galleria ha un primo tratto maggiormente pendente fino alla galleria di adduzione. 90 m sotto l'entrata alla galleria esiste una paratoia di 3.5x4.5 m.

La galleria di derivazione, realizzata in calcestruzzo con DI 4.5 m, ha uno sviluppo di circa 14'000 m fino al pozzo piezometrico.

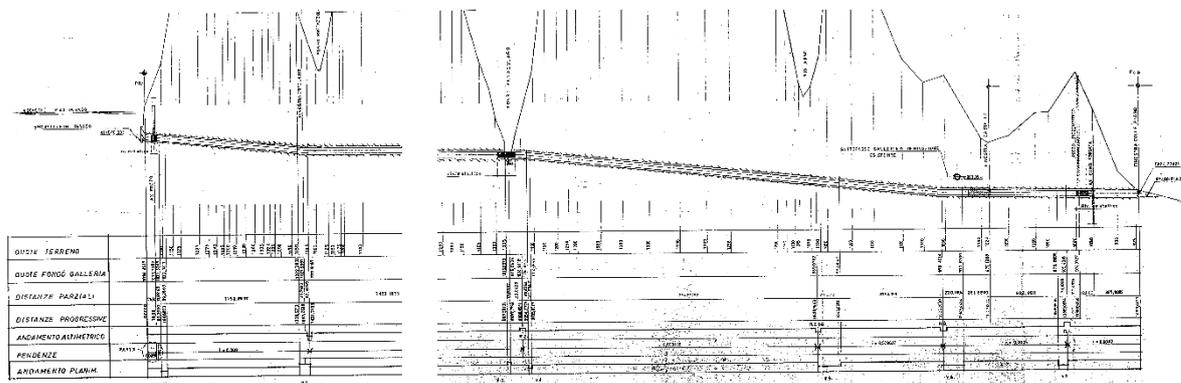


Figura 13: Derivazione San Giacomo II – profilo idraulico.

Il pozzo piezometrico ha un diametro interno di 6.0 m per i primi 27.8 m di altezza, per poi allargarsi a un diametro di 17.80 m per i successivi 70.50 m.

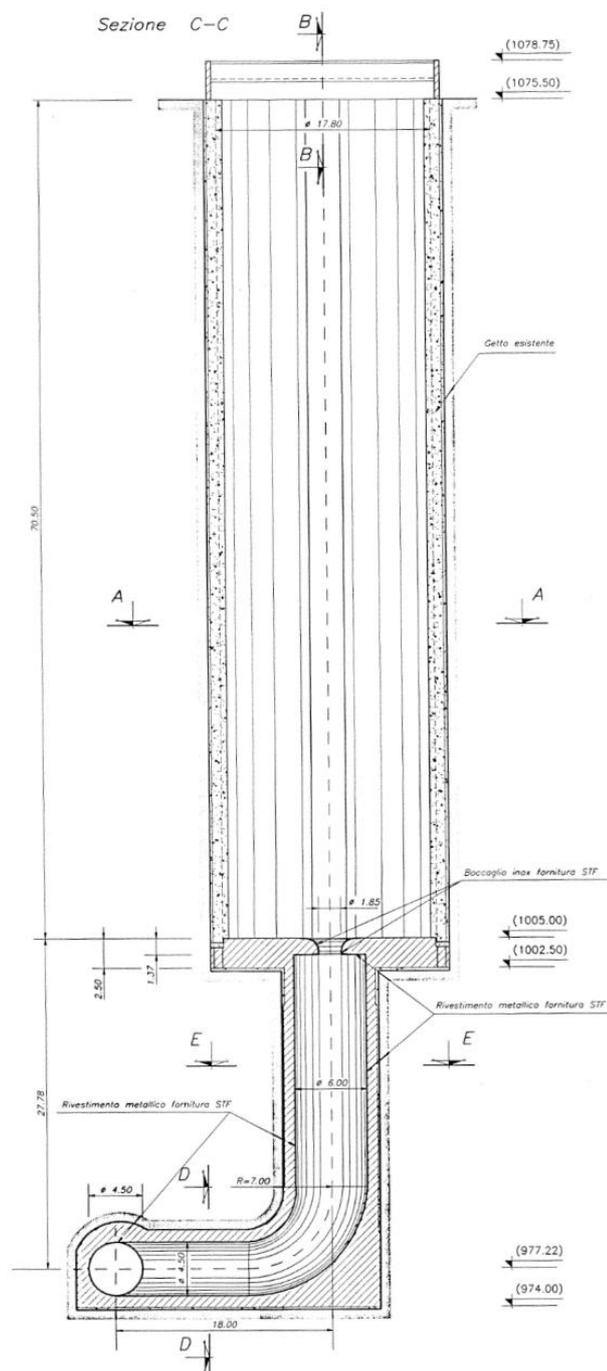


Figura 14: Derivazione San Giacomo II – pozzo piezometrico.

La camera valvole (30 m x 8 m x 13 m) accoglie una valvola a farfalla, una valvola di rientrata d'aria e un passo d'uomo aventi asse ad elevazione 976.67, alla quale si raccorda la condotta forzata avente diametro interno di 3600 mm, la quale ha un primo tratto orizzontale di circa 120 m per poi scendere verticalmente in sotterraneo per circa 525 m. In seguito, la condotta si biforca per alimentare il gruppo Pelton e la reversibile, ad elev. 403.25 m slm (Gr.6 - 282.45 MW) rispettivamente 359.70 m slm (Gr.7 - 56.30 MW). Il diametro nel tratto terminale della condotta ad elev. 359.70 m slm è pari a 1'400 mm.

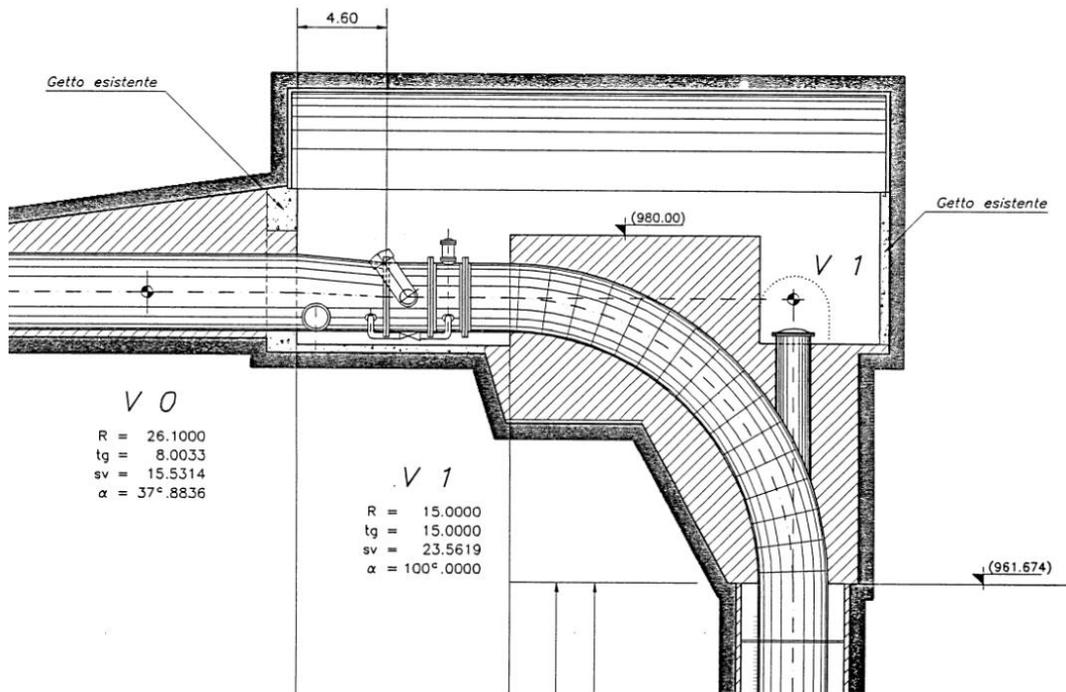


Figura 15: Derivazione San Giacomo II – camera valvole.

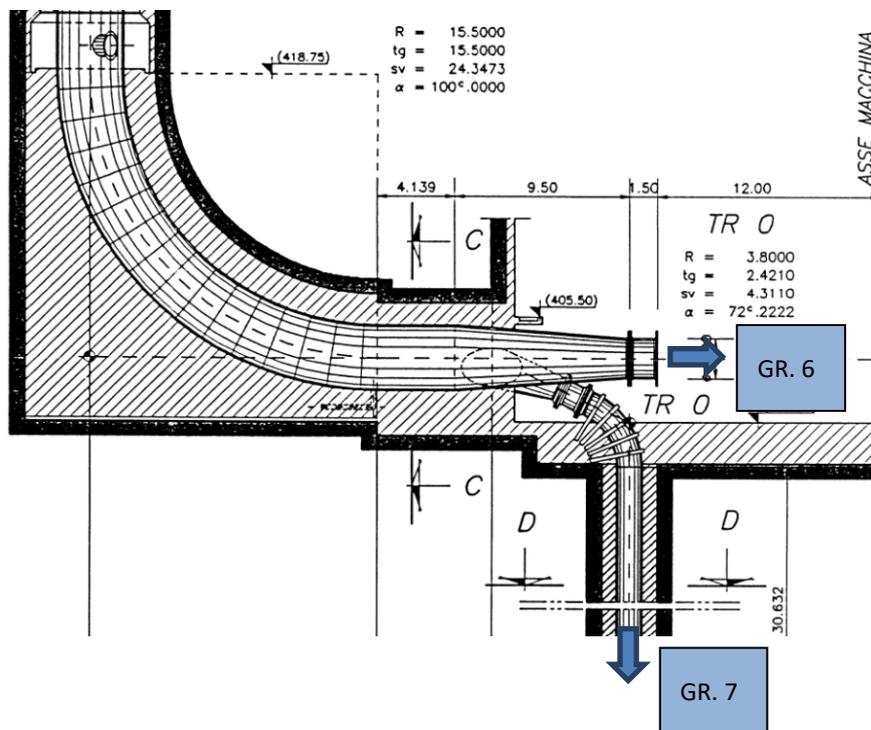


Figura 16: Derivazione San Giacomo II – biforcazione gruppi 6 e 7.

3.4 Serbatoio di Piaganini



Figura 17: Serbatoio di Piaganini – vista aerea.

3.4.1 Dati FCEM

Dati principali della diga desunti dal Progetto approvato:

Altezza della diga (ai sensi del D.M. 24.03.'82)	45.05 m
Altezza della diga (ai sensi della L. 584/'94)	43.50 m
Altezza di massima ritenuta	34.50 m
Quota coronamento	398.50 m slm
Franco (ai sensi del D.M. n° 44 del 24.03.'82)	1.00 m
Franco netto (ai sensi del D.M. n°44 del 24.03.'82)	-
Sviluppo del coronamento	113.02 m
Volume della diga	26'000 m ³
Grado di sismicità assunto nel Progetto	S=0
Classifica ai sensi del D.M: 24.03.'82	muraria, ad arco gravità (Ab2)

Dati principali del serbatoio desunti dal Progetto approvato

Quota di massimo invaso	397.50 m slm
-------------------------	--------------

Quota massima di regolazione	397.00 m slm
Quota minima di regolazione	384.40 m slm
Superficie dello specchio liquido	
• Alla quota di massimo invaso	0.1125 km ²
• Alla quota massima di regolazione	0.110 km ²
• Alla quota minima di regolazione	0.0425 km ²
Volume totale di invaso (ai sensi del D.M. 24.03.'82)	1.45x10 ⁶ m ³
Volume di invaso (ai sensi della L.584/1994)	1.40x10 ⁶ m ³
Volume utile di regolazione	0.95x10 ⁶ m ³
Volume di laminazione	0.05x10 ⁶ m ³
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	198 km ²
Superficie del bacino allacciato	495 km ²
Portata di massima piena di Progetto	609.00 m ³ /s
Tempo di ritorno (ultimo anno di riferimento dei dati)	non disponibile

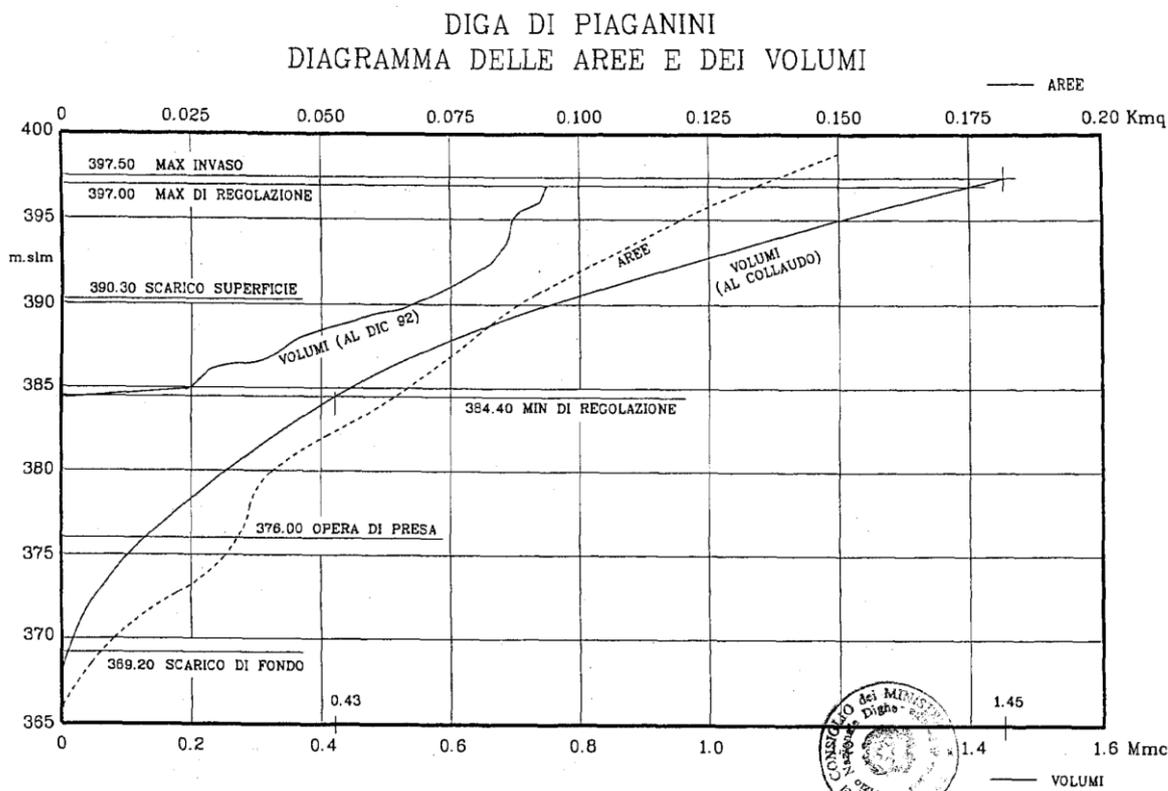


Figura 18: Diga di Piaganini – diagramma delle aree e dei volumi (da FCEM di Piaganini).

Dati principali delle opere di scarico

Portata esitata con livello nel serbatoio alla quota 397.50 m slm.

Dallo scarico di superficie 600.00 m³/s

Dallo scarico di fondo 65.00 m³/s

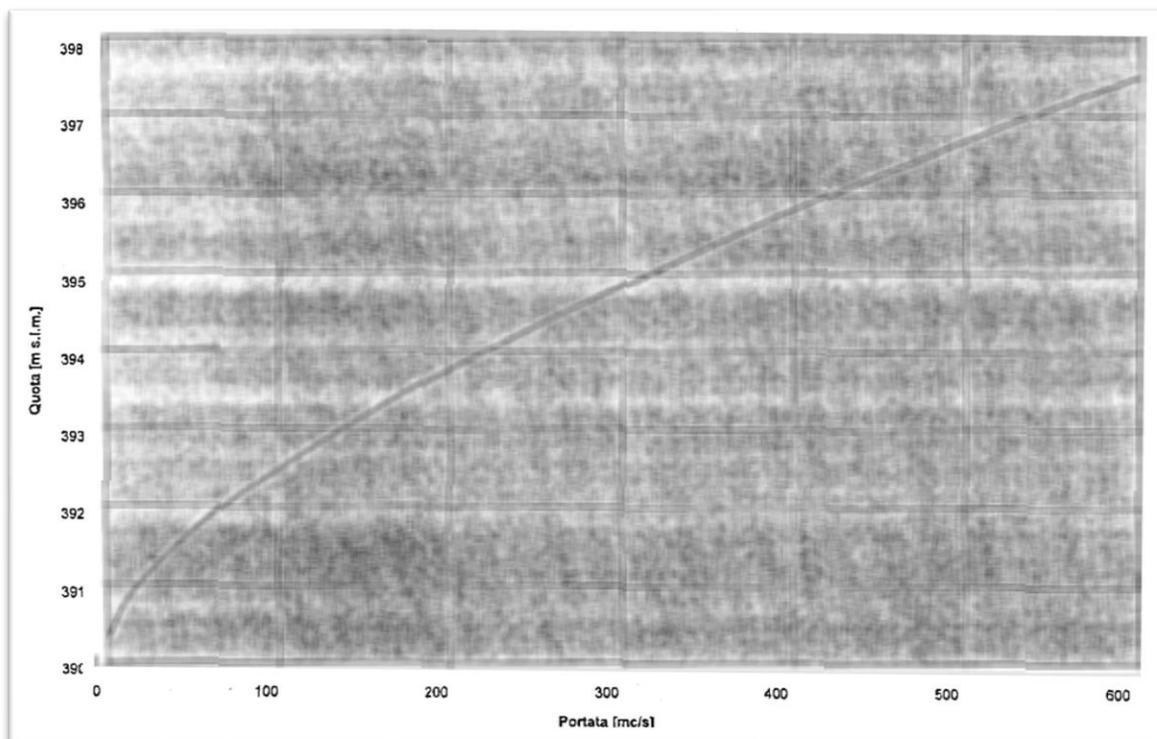


Figura 19: Diga di Piaganini – curva di portata dello scarico di superficie.

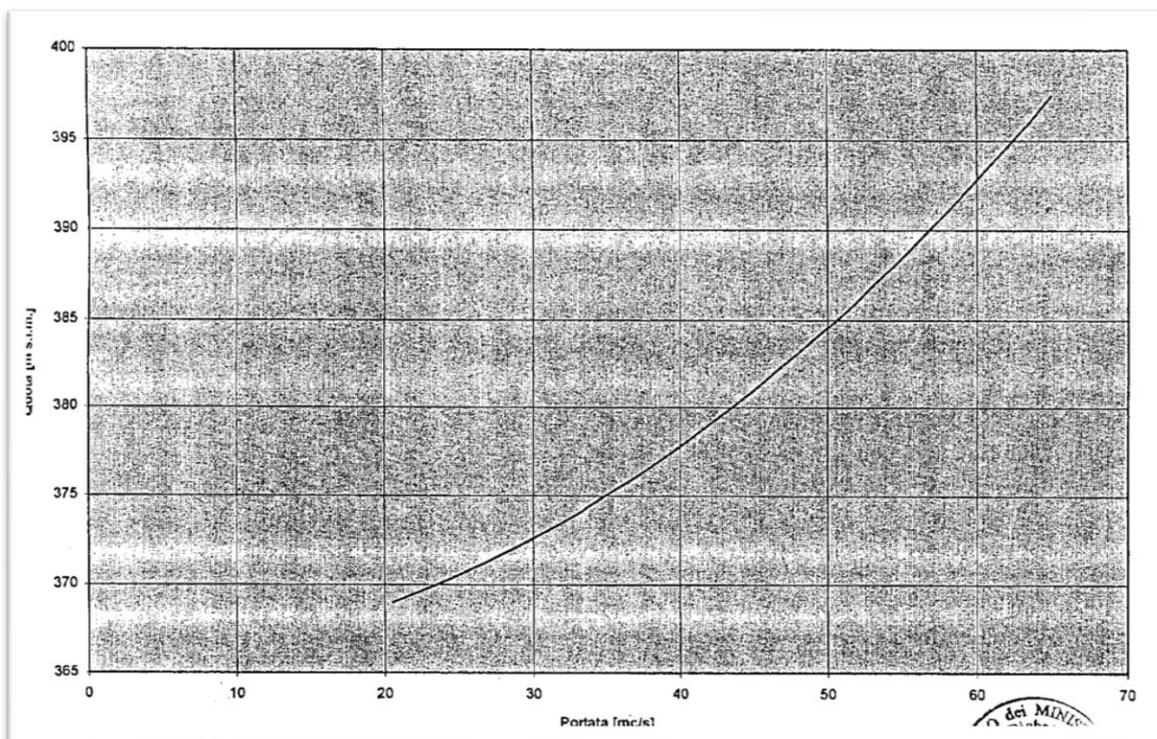


Figura 20: Diga di Piaganini – curva di portata dello scarico di fondo.

3.5 Diga di Piaganini e gallerie di scarico di San Giacomo II

La diga di Piaganini, costruita nel periodo 1953-1955, è una diga muraria ad arco-gravità. Il piano di Coronamento si trova a quota 398.50 m s.l.m. e si sviluppa per 113.0 m. Il corpo diga ha un volume pari a 26'000 m³.



Figura 21: Diga di Piaganini - vista da valle.

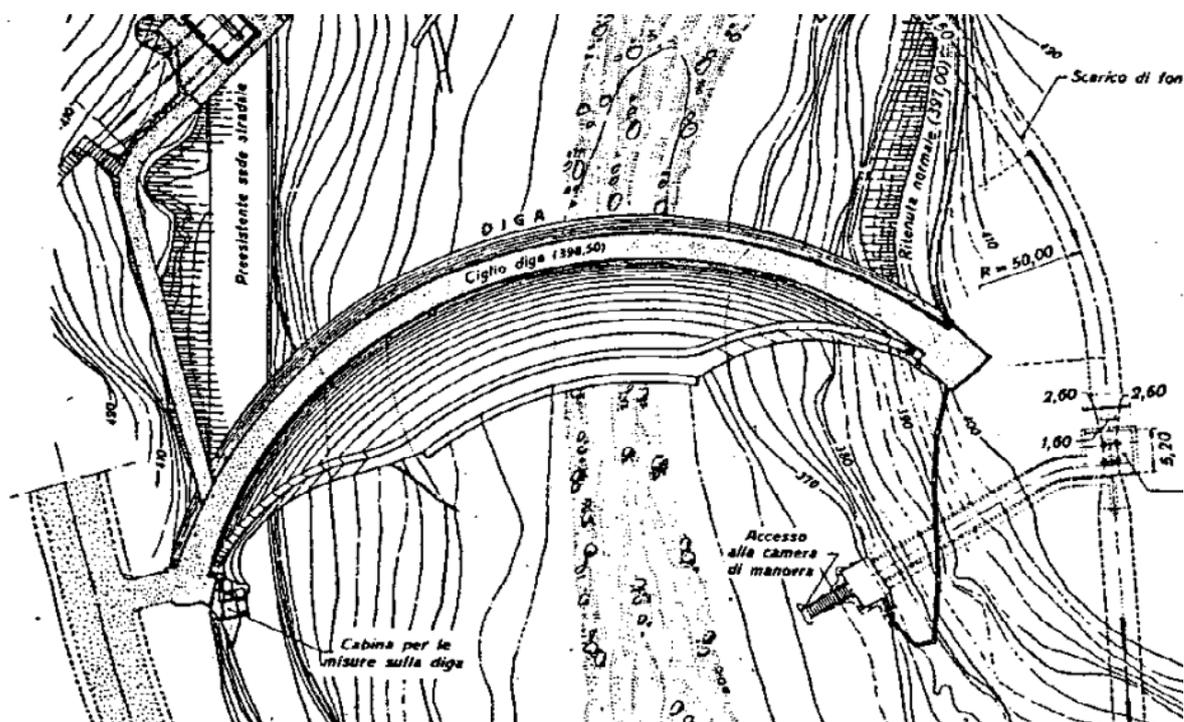


Figura 22: Diga di Piaganini - planimetria generale.

Lo sbarramento dispone di due opere di scarico: uno scarico di superficie (due luci con soglia ad elev. 390.30 m slm dotate ciascuna di una paratoia piana 8.0x4.5 m con sovrapposta una paratoia a ventola di 8.0x2.2 m e di una portata massima di 600 m³/s) ed uno scarico di fondo (galleria piana policentrica

con DI 3.5 m e lunga 129.50 m, con soglia d'imbocco ad elev. 369.20 m slm e dotata di 2 paratoie piane in serie 1.6x2.0 m).

Galleria di scarico a gravità del Gr.6 – Pelton

La galleria di scarico del Gr.6 (Pelton) a pelo libero, con lunghezza complessiva di circa 1856 m e con pendenza 0.00095 m/m, ha una sezione a "D" 5.0x4.9 m rivestita in calcestruzzo, che nel tratto terminale di lunghezza circa 50 m si riduce a 4.8x4.8 m, sboccando nel serbatoio di Piaganini a quota 393.50 m slm.

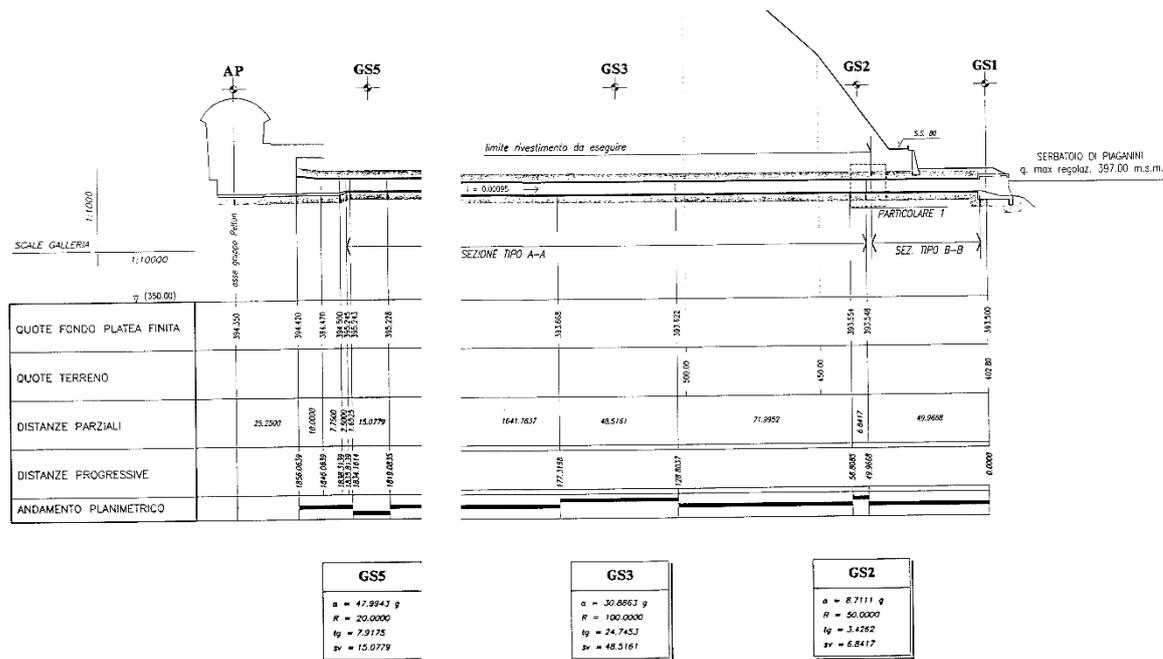


Figura 23: Impianto di S.Giacomo II – scarico a pelo libero Gr.6.

Galleria forzata di scarico/alimentazione del Gr.7 – gruppo reversibile

L'opera di presa, ubicata in destra idraulica, è costituita da una luce rettangolare con soglia ad elev.378.00 m slm. A valle della griglia vi è una camera di immissione intercettata da due valvole sferiche, da cui parte la galleria di alimentazione/scarico in pressione. La galleria forzata di alimentazione e scarico in calcestruzzo semplice avente DI 2.6 m, ha uno sviluppo di circa 2771 m.

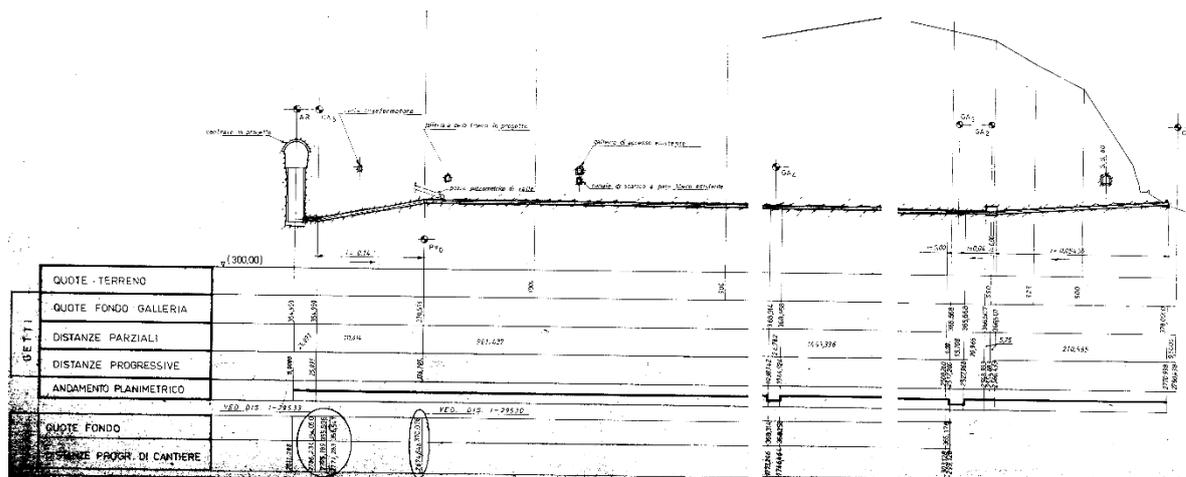


Figura 24: Impianto di S. Giacomo II – galleria forzata di scarico Gr. 7 – profilo.

Circa 200 m a monte della presa, in una camera apposita è collocata due valvole di intercettazione a farfalla ($D=2.2$ m), munite di bypass. Nella stessa camera è presente una valvola di rientrata/uscita d'aria.

Il pozzo piezometrico della galleria forzata di valle ha DI 4.80 m e si sviluppa per circa 280 m con un percorso a spirale, raggiungendo un'altezza di circa 30 m.

La camera valvole di macchina accoglie una valvola a farfalla ($D=2.2$ m), una valvola di rientrata d'aria e un passo d'uomo.

La condotta poi alimenta un gruppo Francis reversibile da 56.30 MW.

3.6 Centrale di San Giacomo II

La centrale di San Giacomo II, sita in comune di Fano Adriano (TE), è stata costruita negli anni '90 come ampliamento della centrale esistente di San Giacomo I.

L'accesso avviene dal portale sito in riva al serbatoio Piaganini, tramite l'esistente galleria lunga circa 2 km, dalla quale si stacca la nuova galleria di accesso lunga circa 145 m.

Entrando in centrale, dapprima si incontra la galleria trasformatori, dove sono ubicati su lati opposti i due trasformatori che servono sia la centrale esistente che quella nuova.

Proseguendo si raggiunge la sala macchine di San Giacomo II, che è costituita da una caverna di centrale nella quale sono collocati su lati opposti il gruppo Pelton (Gr. 6) e un pozzo verticale circolare profondo 45.8 m in cui è stato installato il gruppo Francis reversibile (Gr. 7).

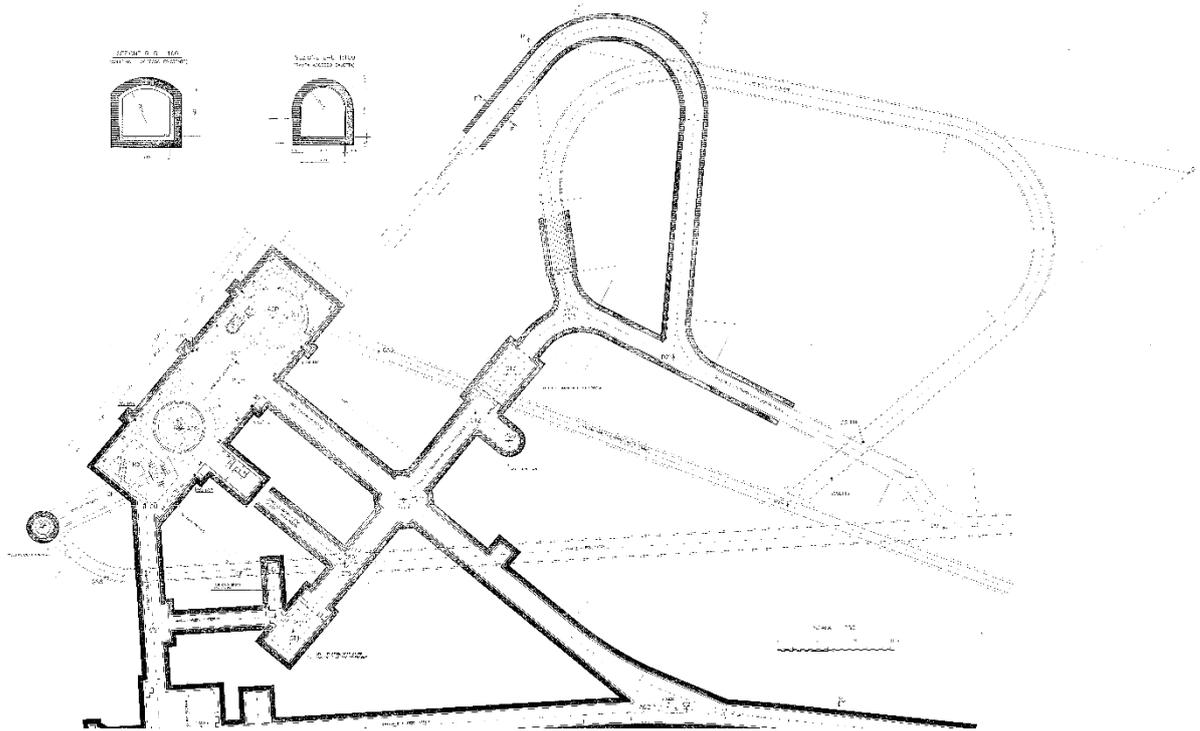


Figura 25: Centrale di San Giacomo II - planimetria generale.

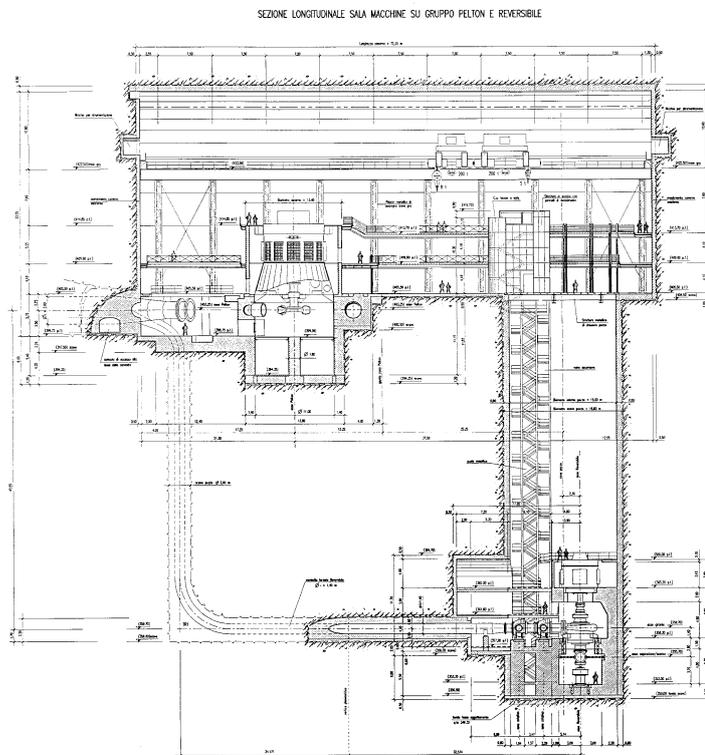


Figura 26: Centrale di San Giacomo II – sezione longitudinale sala macchine su gruppo Pelton e reversibile.

- Salto lordo min: 661.60 m
- Asse gruppo: 359.70 m slm
- Dati targa turbina:
 - Portata: 9.81 m³/s
 - Potenza: 56.29 MW
- Dati targa pompa:
 - Portata: 8.29 m³/s
 - Potenza: 60.64 MW
- Dati targa generatore:
 - Tipo: sincrotrifase
 - Potenza: 65 MVA Cos ϕ : 0.9 Freq: 50 Hz

4. IL NUOVO IMPIANTO DI SAN GIACOMO III

4.1 Aspetti generali

L'intervento in progetto prevede il potenziamento in pompaggio dell'impianto di generazione esistente (per complessivi $P = 60.6$ MW, $Q = 8.29$ m³/s) con l'aggiunta di una nuova pompa così caratterizzata:

- Portata pompata pari a 33.47 m³/s; Potenza assorbita: 297.3 MW

La potenza elettrica installata complessiva è di circa 310 MVA (potenza trasformatore esistente).

Lo schema progettuale è stato sviluppato cercando di minimizzare l'impatto ambientale e preservando, per quanto possibile, le strutture esistenti.

La soluzione individuata ed idraulicamente verificata prevede:

- realizzazione di una nuova caverna sotto le caverne esistenti in cui installare la nuova pompa, dotata di galleria accesso carrabile e galleria di via di fuga;
- connessione alla condotta forzata esistente di San Giacomo II;
- modifiche al pozzo piezometrico di monte finalizzate ad un aumento del volume disponibile;
- costruzione di una nuova galleria d'adduzione e un nuovo pozzo per la derivazione Piaganini
- connessione alla sottostazione esistente.

4.2 Descrizione generale degli interventi

L'intervento prevede la costruzione di una nuova centrale in caverna ed il suo collegamento alle opere esistenti, di cui alcune vengono sostituite o modificate: nuova connessione al pozzo forzato di San Giacomo II, nuova camera di espansione sul pozzo piezometrico (esistente) di monte, nuovo pozzo piezometrico sulla derivazione Piaganini, nuova galleria forzata di scarico/aspirazione sulla derivazione Piaganini, nuovo pozzo verticale per collegamento alla caverna trasformatori esistente.

4.2.1 Nuova caverna di centrale e galleria di accesso

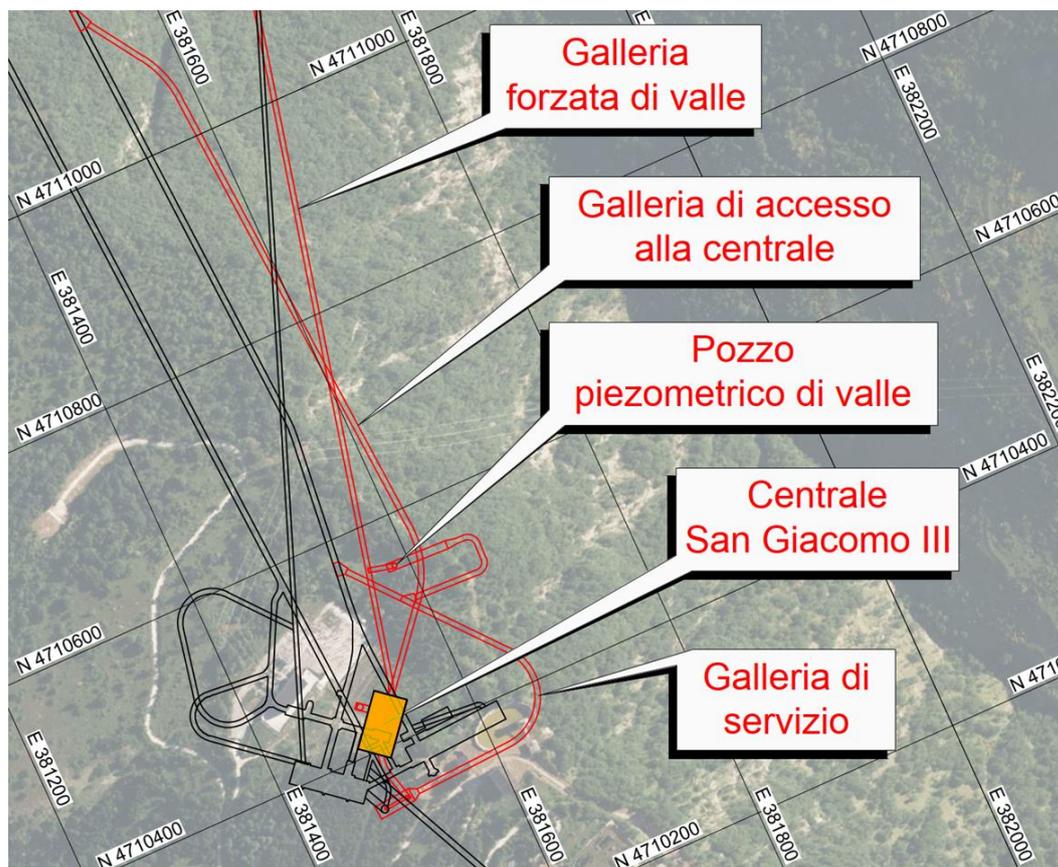


Figura 28: Nuova caverna di centrale di San Giacomo III (in arancione).

La nuova caverna è sita circa 670 m di profondità, con posizione individuata in modo da ottimizzare la possibilità di connessione con l'impianto esistente. Tale posizione riduce anche i rischi geologici. La dimensione complessiva raggiunge circa 52 m in lunghezza, 28 m in larghezza e 51 m in altezza, per un volume scavato di circa 71'500 m³.

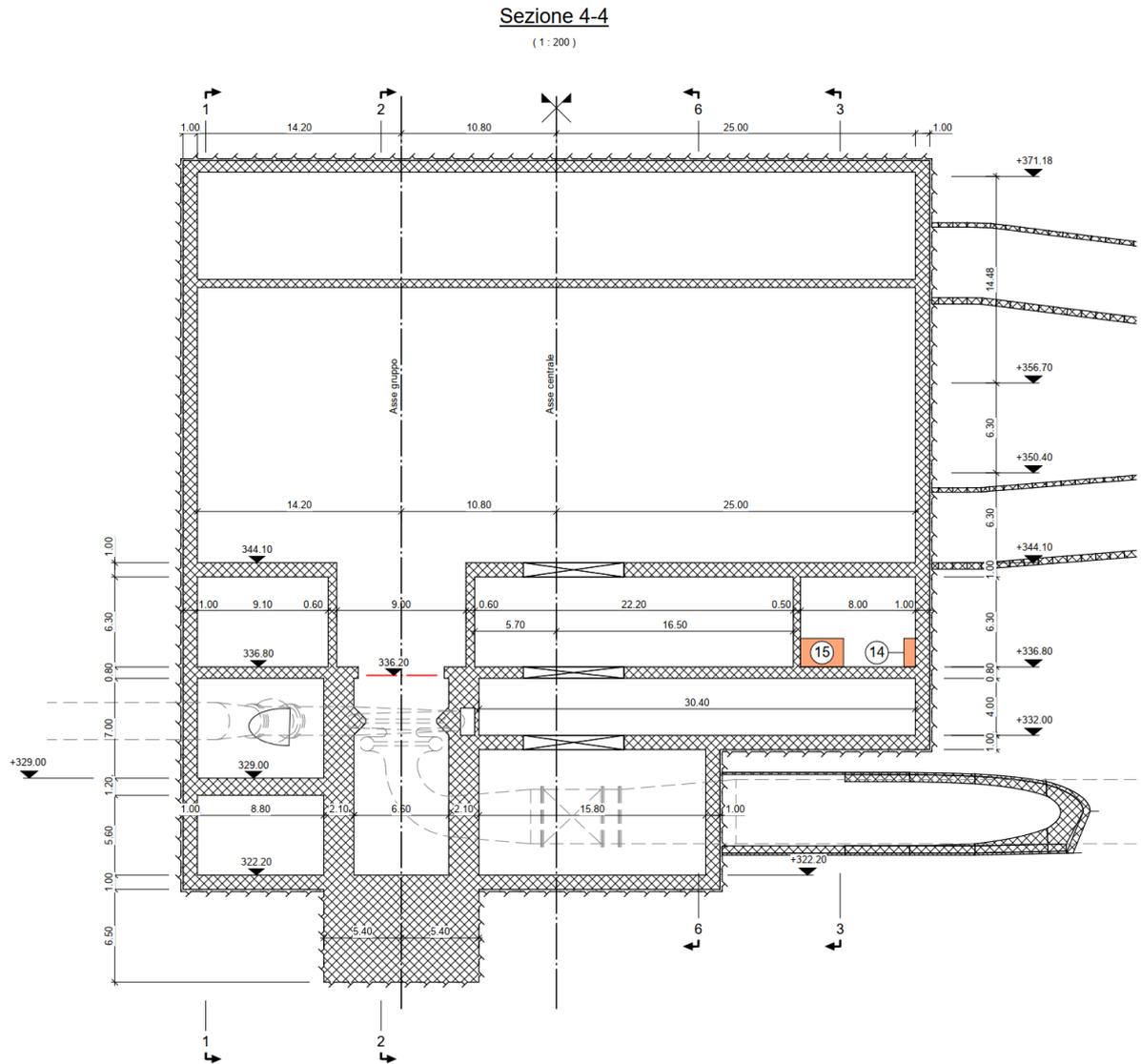


Figura 29: Nuova centrale di San Giacomo III - sezione longitudinale.

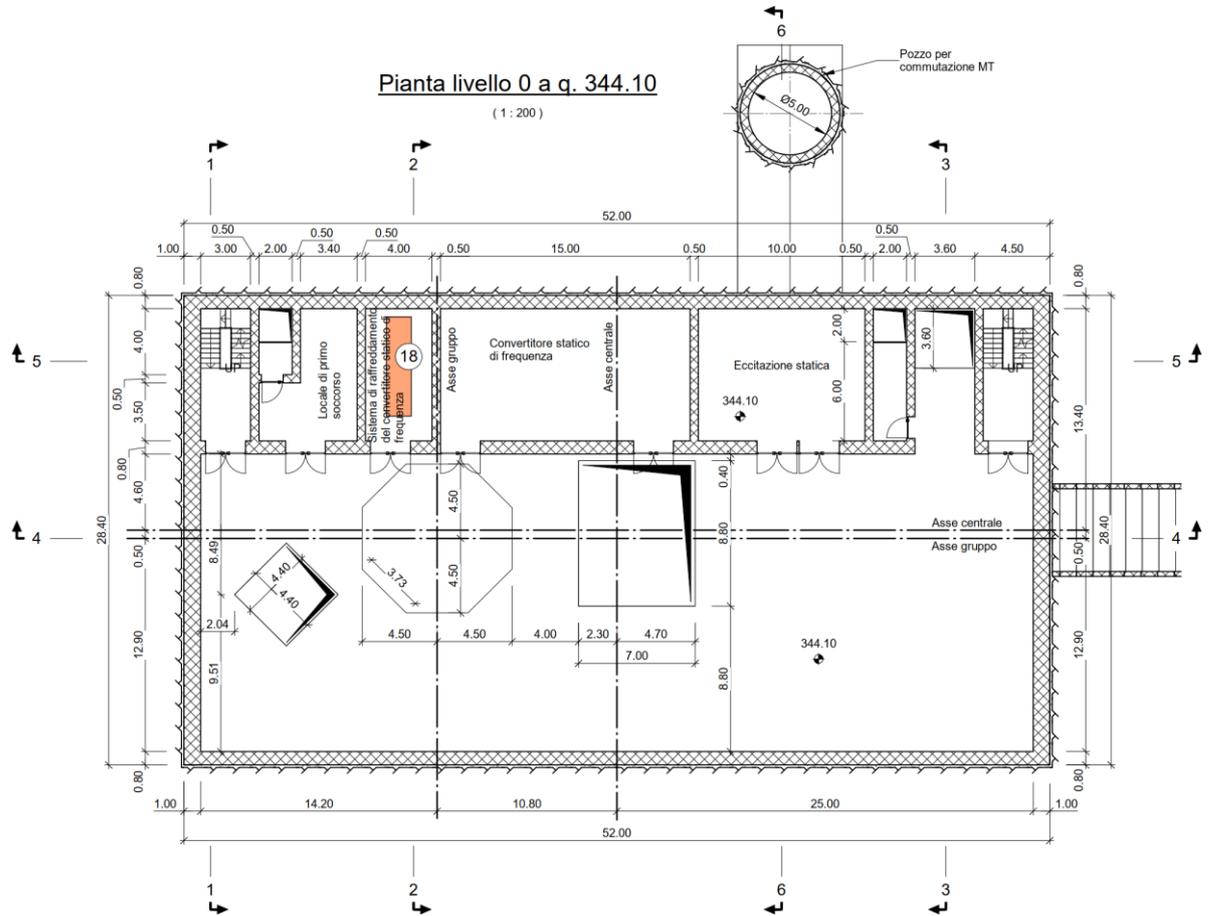


Figura 30: Nuova centrale di San Giacomo III - piano sala macchine.

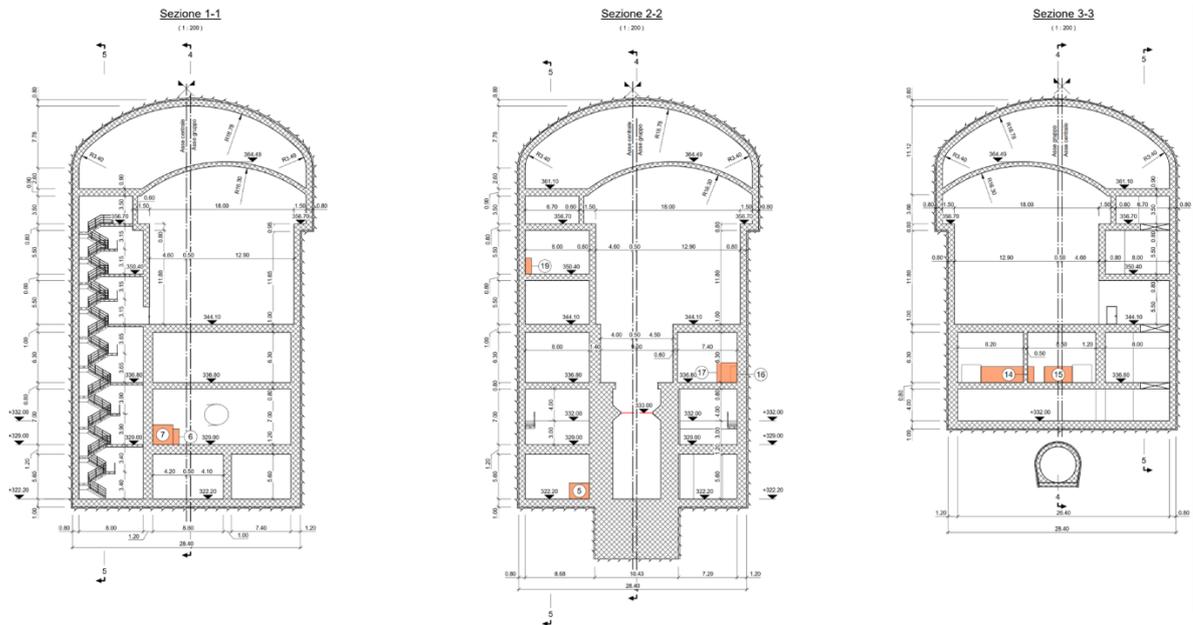


Figura 31: Nuova centrale di San Giacomo III – sezioni verticali.

Le principali elevazioni (m s.l.m.) presenti in centrale sono:

- El. 356.70 quota binari carroponete
- El. 344.10 piano sala macchine
- El. 336.80 piano generatore
- El. 332.00 piano distributore
- El. 324.25 piano valvola Piaganini

Le strutture in c.a. prevedono l'esecuzione di fondazioni di macchina con getti massivi solette e muri di spessore min 80 cm, con calcestruzzo adeguato alla durabilità richiesta dalle opere. Per i getti massivi saranno poste in opera adeguate misure di limitazione della fessurazione.

La centrale è dotata di spazi di controllo locale e sala quadri, gestibile anche da remoto, e di tutte le previsioni richieste in materia di salute e sicurezza, tra cui un locale di primo soccorso e due vie di fuga indipendenti e contrapposte.

La galleria di accesso alla nuova centrale in caverna si stacca dalla galleria di accesso esistente e si sviluppa per una lunghezza di 748.20 m e pendenza dell'8.00%. La galleria ha una sezione a "D" con dimensioni interne 5.80mx5.85m (BxH).

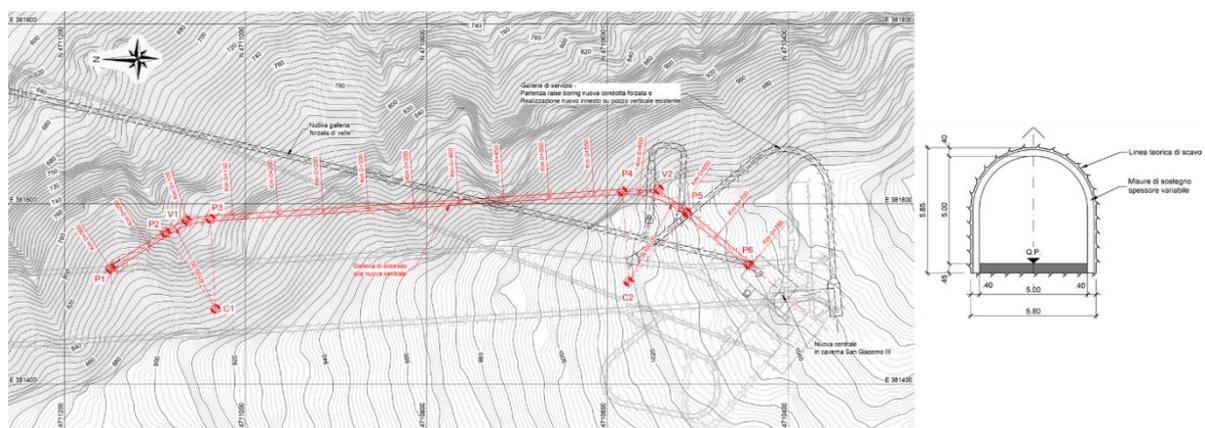


Figura 32: Galleria di accesso alla nuova centrale in caverna – pianta e sezione tipo.

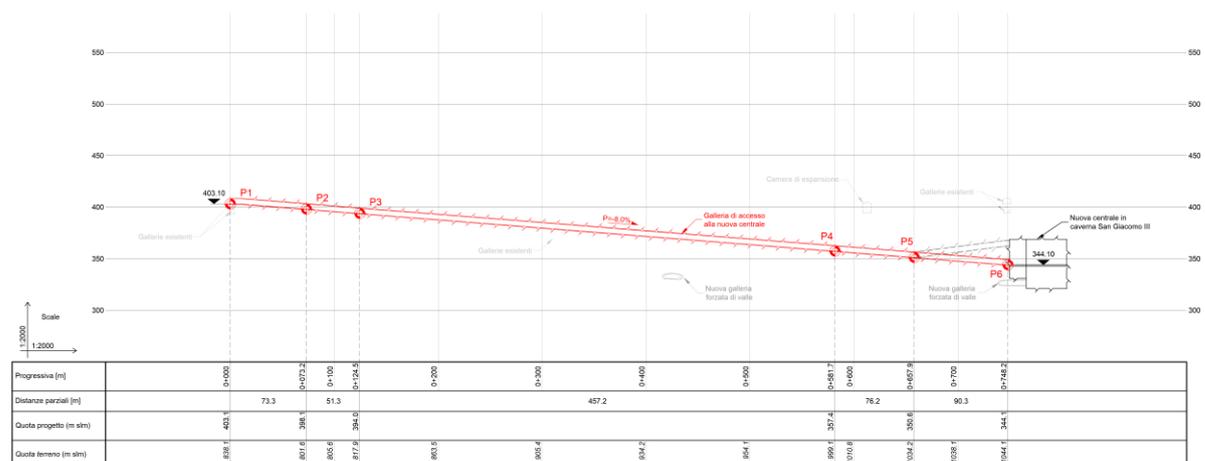


Figura 33: Galleria di accesso alla nuova centrale in caverna – profilo.

A partire dalla nuova galleria di accesso, verrà anche realizzata una galleria di costruzione della centrale, dalla lunghezza di 91.7 m e pendenza del 12.72% e dalla sezione a "D" con dimensioni interne 5.80mx5.85m (BxH).

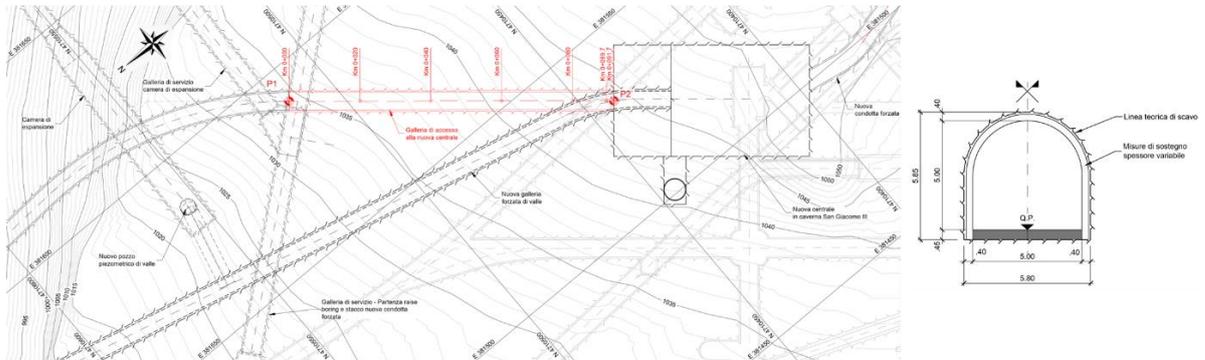


Figura 34: Galleria di costruzione della nuova centrale in caverna – pianta e sezione tipo.

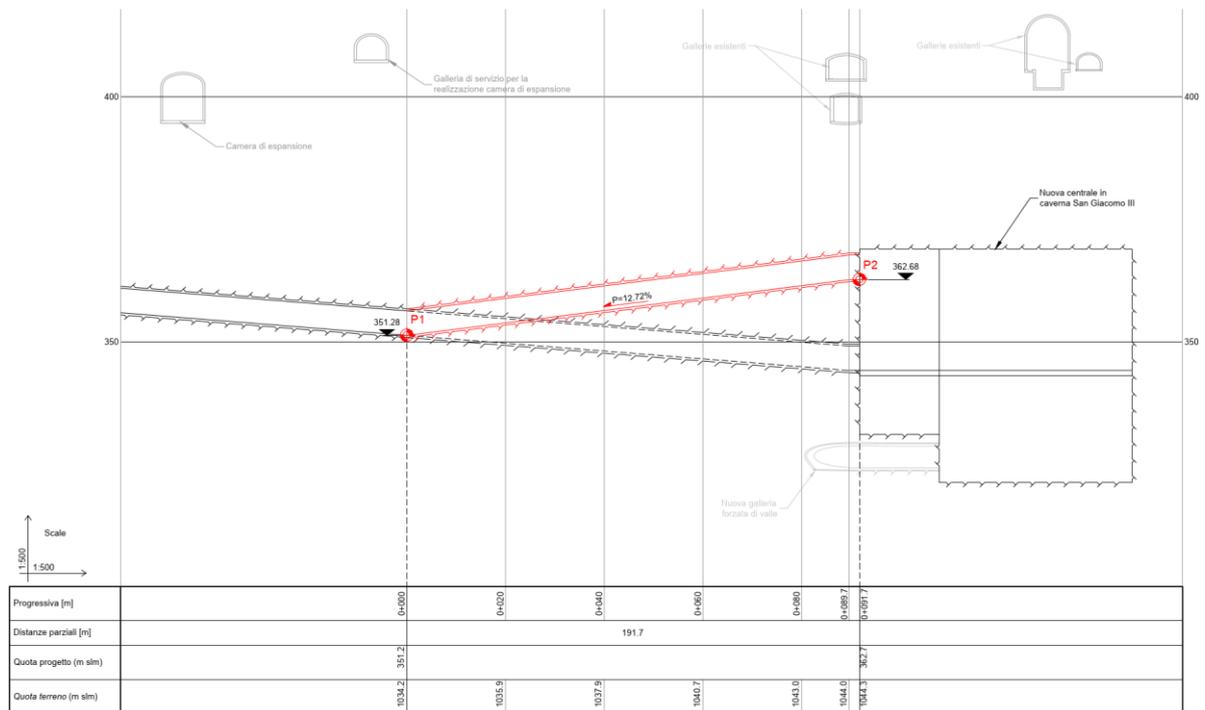


Figura 35: Galleria di costruzione della nuova centrale in caverna – profilo.

Infine, vi è un pozzo verticale che collega la caverna di centrale alla caverna dei trasformatori. Questo si sviluppa per una lunghezza di circa 70 m e con una sezione circolare dal diametro pari a 5.00 m.

4.2.2 Nuova connessione al pozzo forzato esistente di San Giacomo II



Figura 36: Nuova connessione al pozzo forzato esistente di San Giacomo II – pianta.

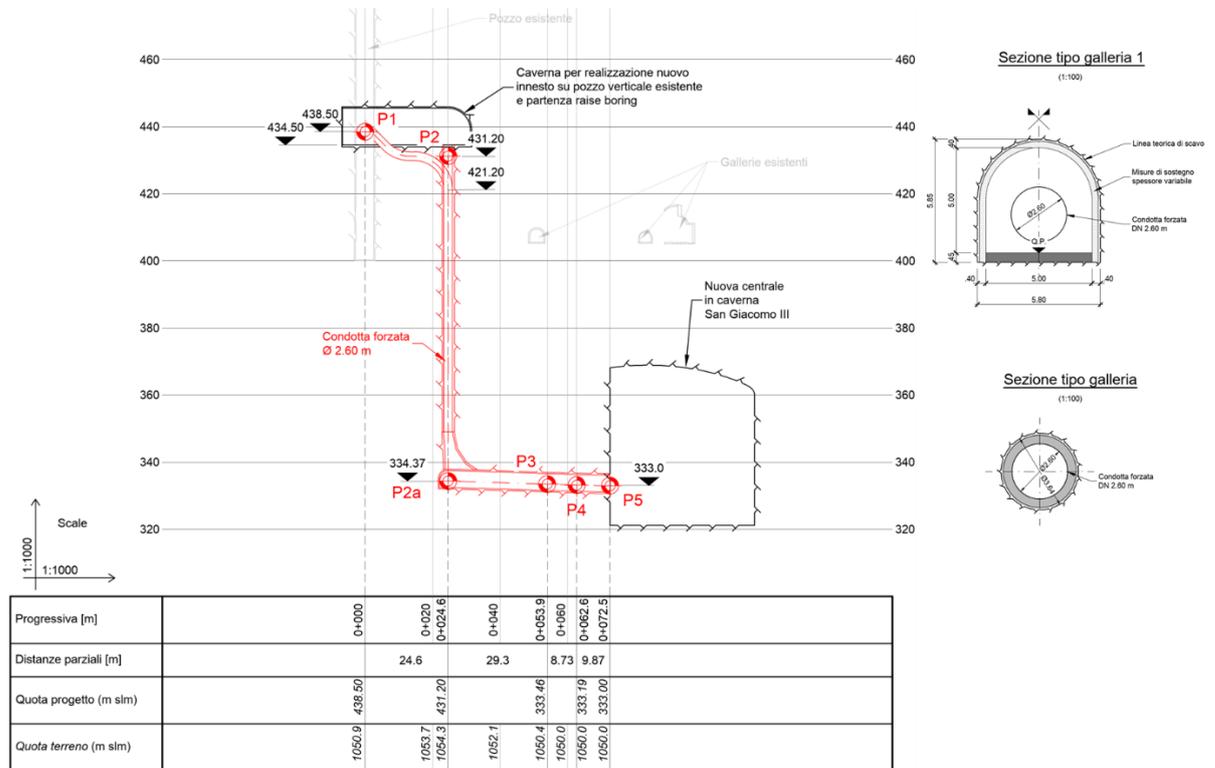


Figura 37: Nuova connessione al pozzo forzato esistente di San Giacomo II – profilo e sezioni tipo.

La nuova condotta forzata si stacca dal pozzo forzato esistente alla quota in asse di 438.50 m s.l.m. e prosegue fino alla quota in asse di 334.37 m s.l.m. con una sezione circolare di diametro 2.6 m. A partire da questa quota la sezione prende la forma a "D" con dimensioni interne di 5.80 m per base e 5.85m in altezza. Nella zona dello stacco vi è una caverna che a fine lavori sarà in parte intasata, il cui scopo è quello di garantire gli spazi necessari per l'installazione nel pozzo forzato esistente di una virola di circa 7 m di altezza, di rendere possibile la saldatura per il nuovo stacco della condotta forzata, e di permettere la partenza dello scavo in raise boring nel tratto verticale.

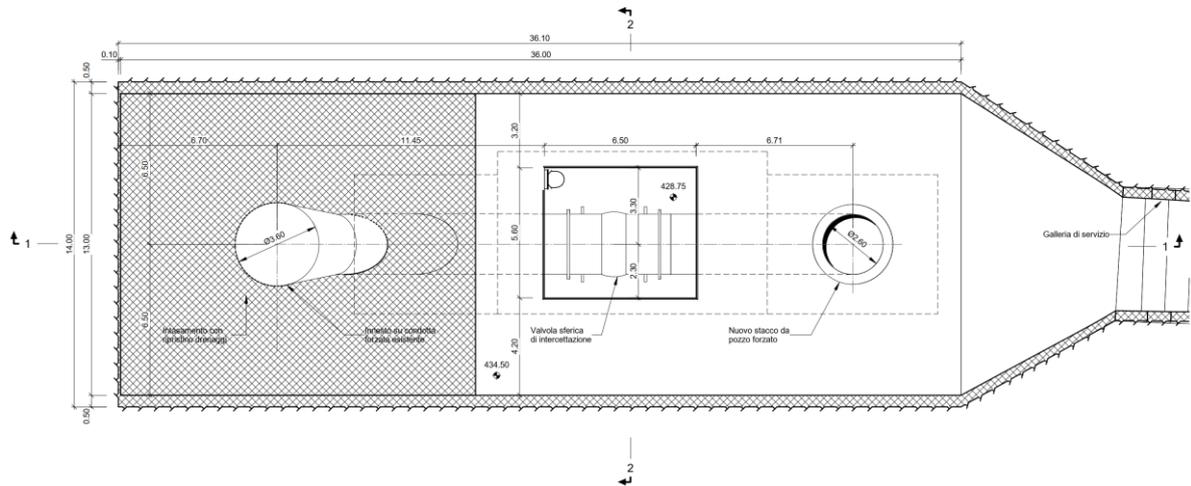


Figura 38: Caverna per la realizzazione del nuovo innesto sul pozzo verticale – pianta.

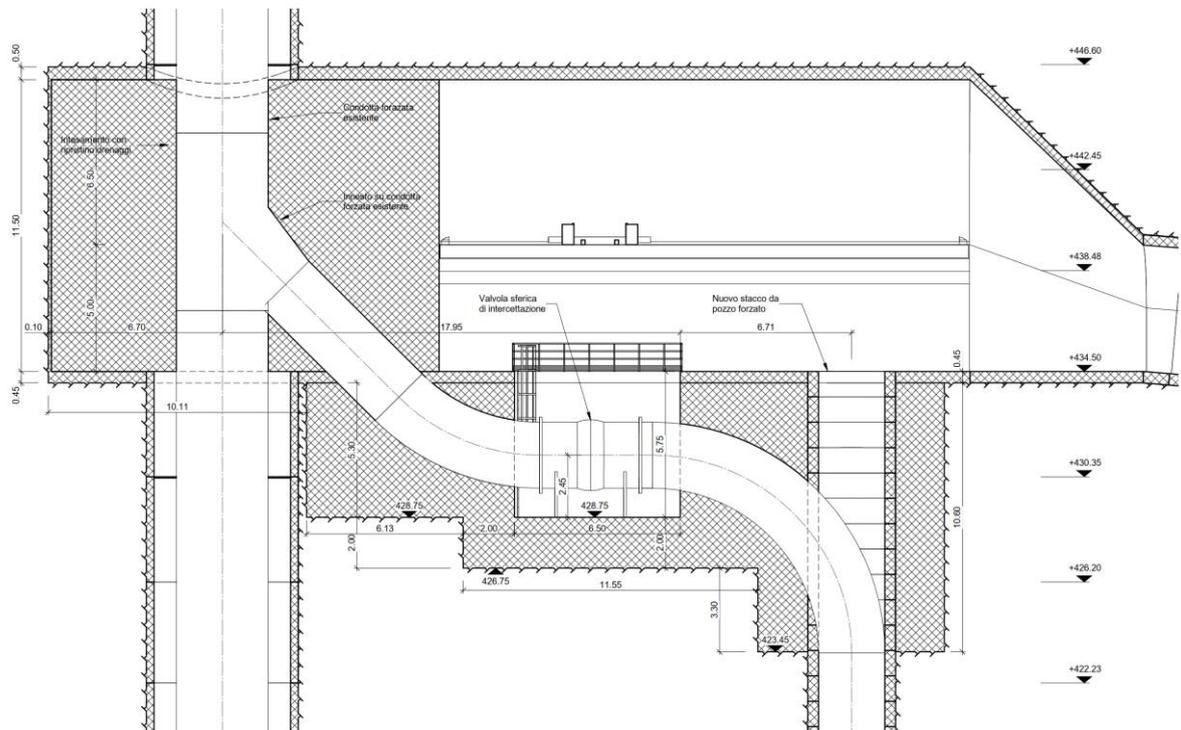


Figura 39: Caverna per la realizzazione del nuovo innesto sul pozzo verticale – profilo.

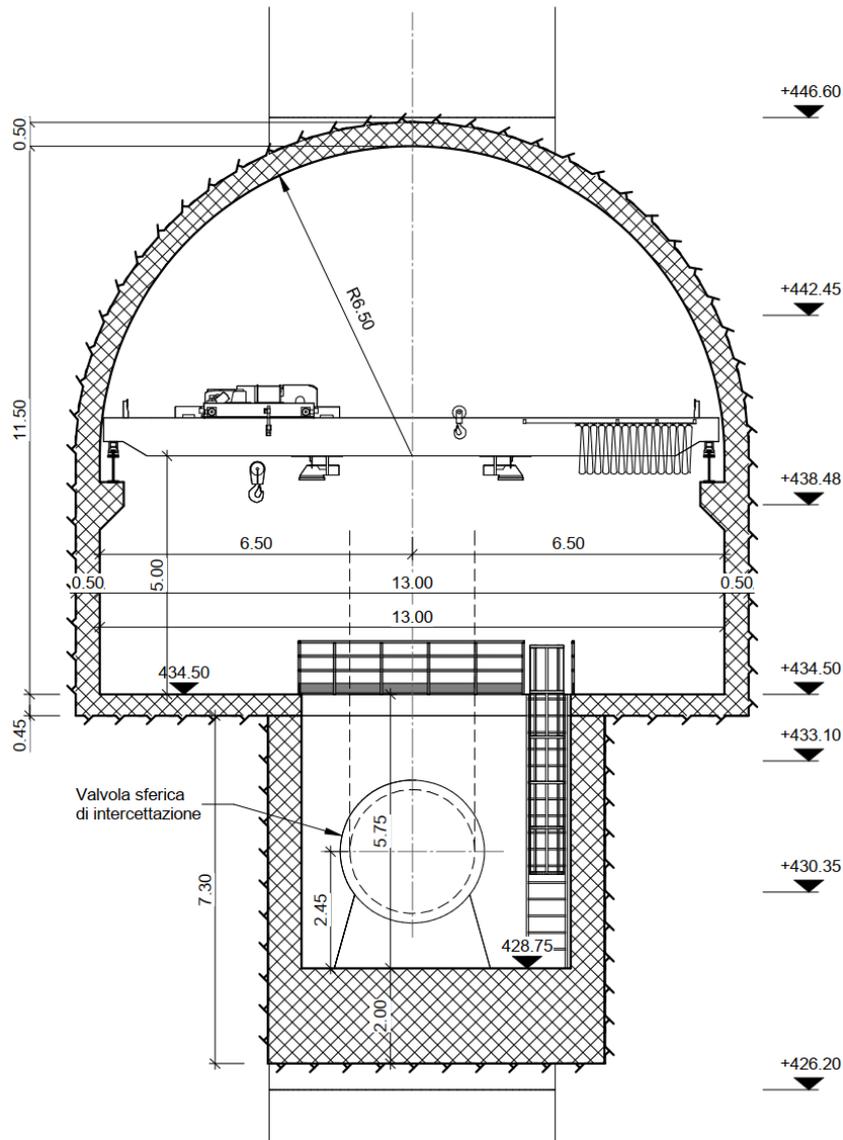


Figura 40: Caverna per la realizzazione del nuovo innesto sul pozzo verticale – sezione.

4.2.3 Nuova camera di espansione al pozzo piezometrico esistente sulla derivazione Provvidenza

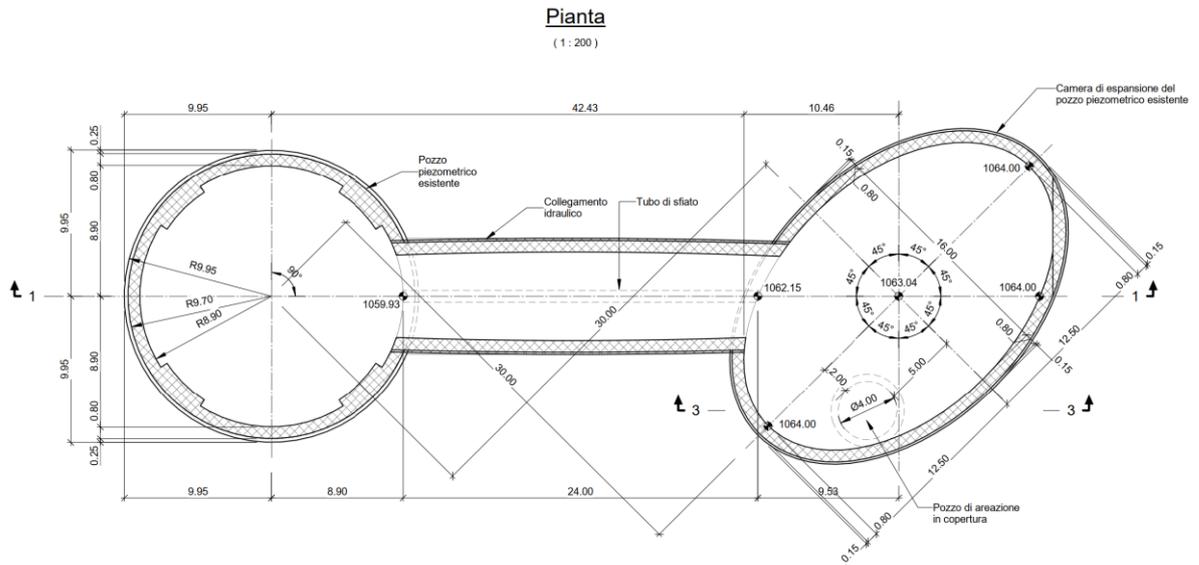


Figura 41: Nuova camera di espansione al pozzo piezometrico sulla derivazione Provvidenza – pianta.

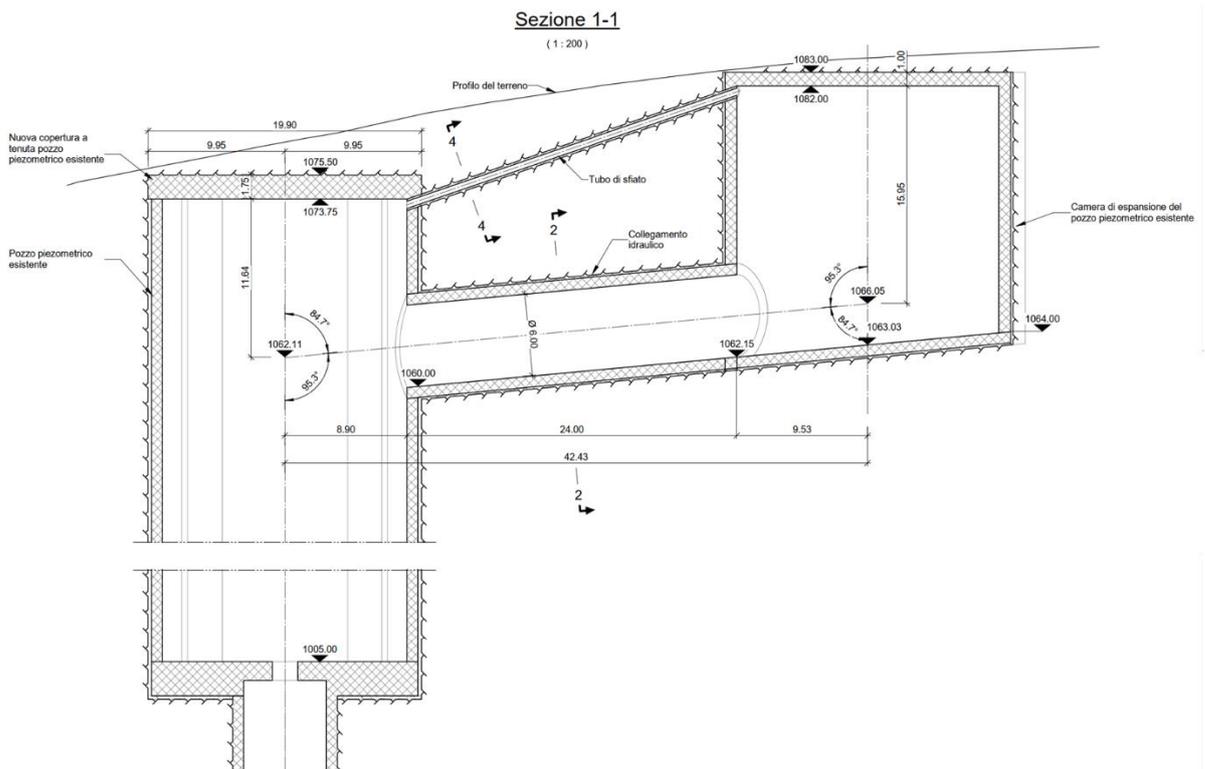


Figura 42: Nuova camera di espansione al pozzo piezometrico sulla derivazione Provvidenza – profilo.

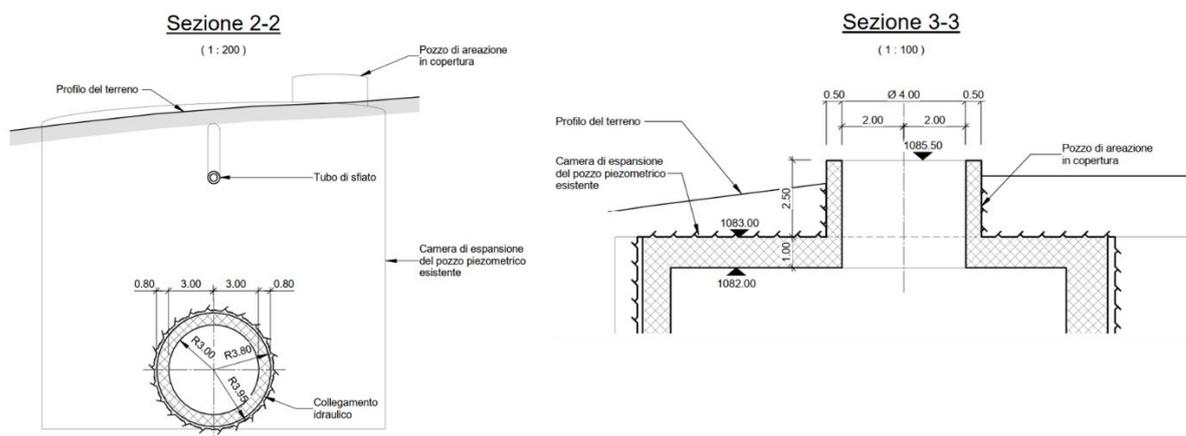


Figura 43: Nuova camera di espansione al pozzo piezometrico sulla derivazione Provvidenza – sezione collegamento idraulico alla nuova camera e pozzo di areazione in copertura.

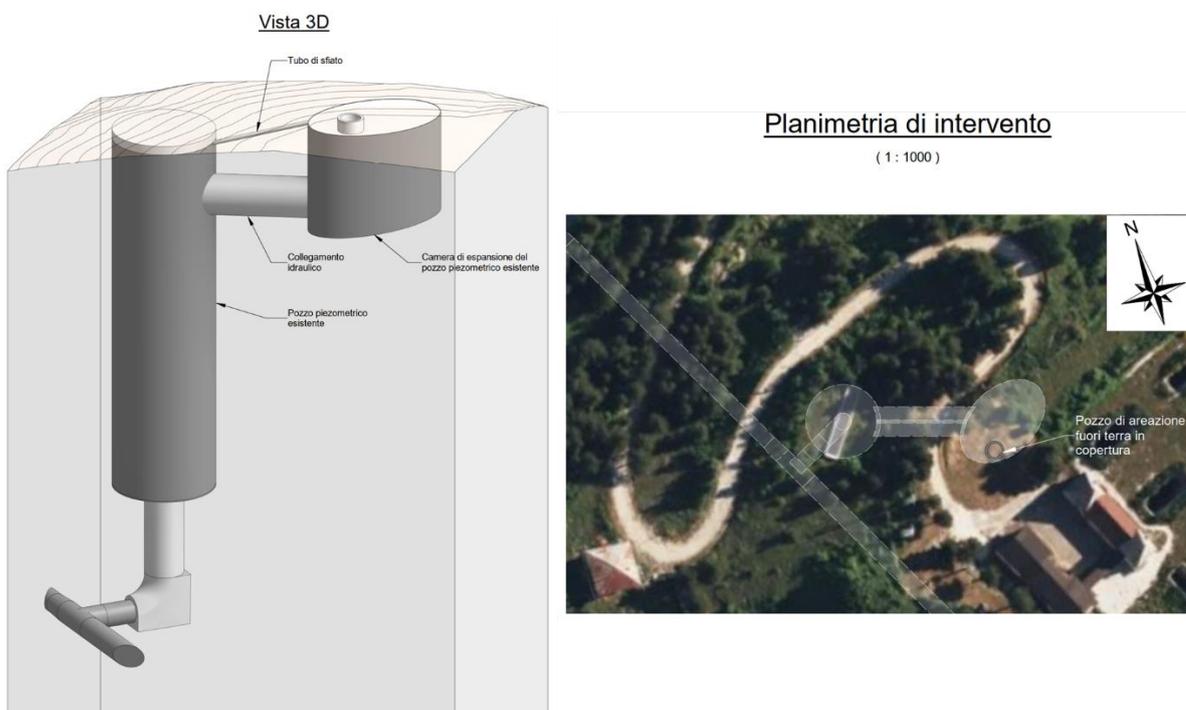


Figura 44: Nuova camera di espansione al pozzo piezometrico sulla derivazione Provvidenza – vista 3D e planimetria d'intervento.

Le opere civili relative al pozzo piezometrico lungo la derivazione Provvidenza consistono principalmente nella creazione di una camera d'espansione superiore con stacco a partire dalla quota di fondo 1'059.93 m s.l.m. La camera si sviluppa fino alla quota 1'083.00 m s.l.m. (con pozzo di aerazione fino a quota 1'085.50 m s.l.m.) e ha sezione ellittica, con dimensioni interne 16.00 x 25.00 m. Il collegamento idraulico ha una lunghezza di 24.00 m con pendenza del 9.25% e sezione circolare avente diametro interno 3.00 m.

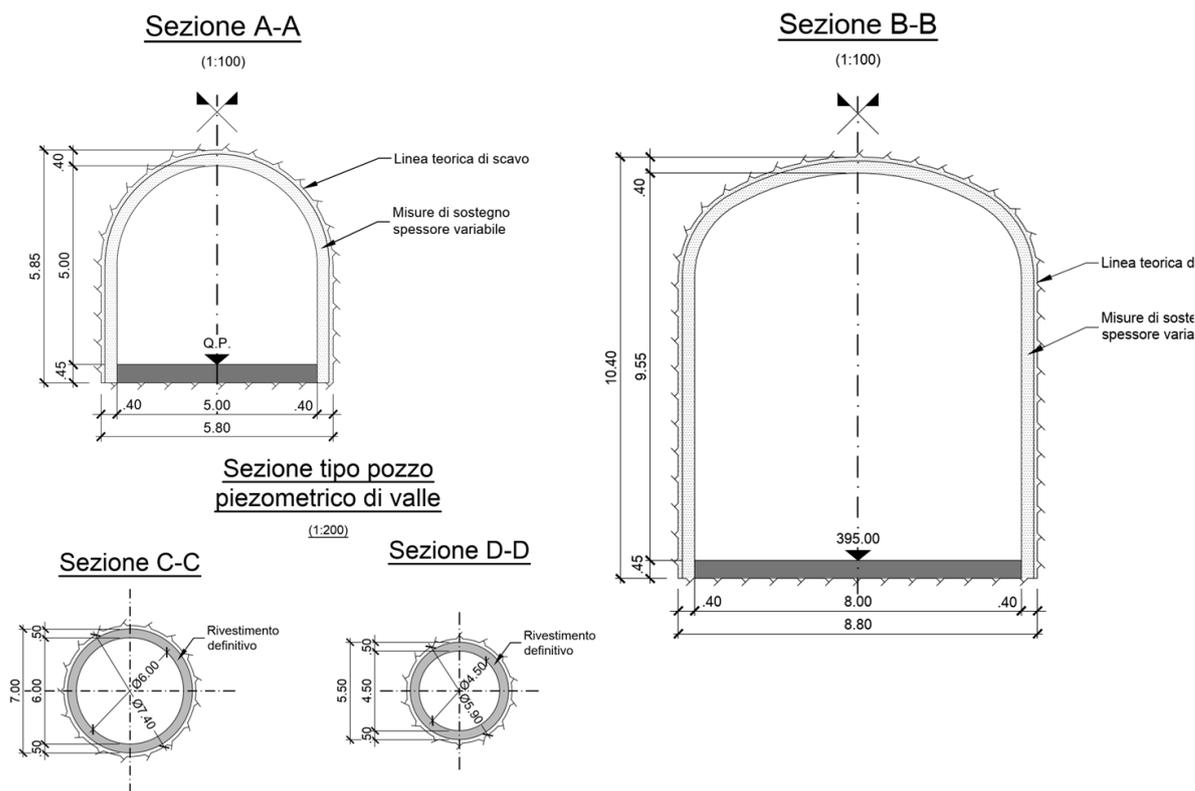


Figura 47: Nuovo pozzo piezometrico sulla derivazione Piaganini – sezioni.

Il nuovo pozzo piezometrico sulla derivazione Piaganini si stacca a partire dalla quota 329.00 m s.l.m. dalla nuova galleria forzata di valle, e prosegue con una sezione circolare di diametro interno pari a 4.50 m fino alla quota 340 m s.l.m.

La sezione poi prosegue quindi con un diametro pari a 6.00 m fino alla quota di 395.00 m s.l.m., arrivando alla camera superiore, con sezione a "D" e dimensioni pari a 8.80x10.40 m (BxH).

La camera ha una lunghezza di 75 m, dopodiché si restringe fino alle dimensioni di 5.80x5.85 m (BxH), terminando infine nel collegamento alla galleria di servizio/partenza del tratto in raise boring per lo scavo della nuova condotta forzata.

All'arrivo alla galleria di servizio è prevista una porta stagna con areazione superiore.

La nuova galleria forzata di scarico/aspirazione sulla derivazione Piaganini si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 2'700 m e con un diametro interno di 4.5 m dalla quota di 326.50 m sl.m. fino alla quota di 379.00 m s.l.m..

La pendenza è dello 0.70% per i primi 2'538 m, e del 25% sugli ultimi 162 m (zona della nuova presa di valle).

La nuova presa di valle ha una larghezza di 13.80 m per un'altezza di 13.00 m allo sbocco.

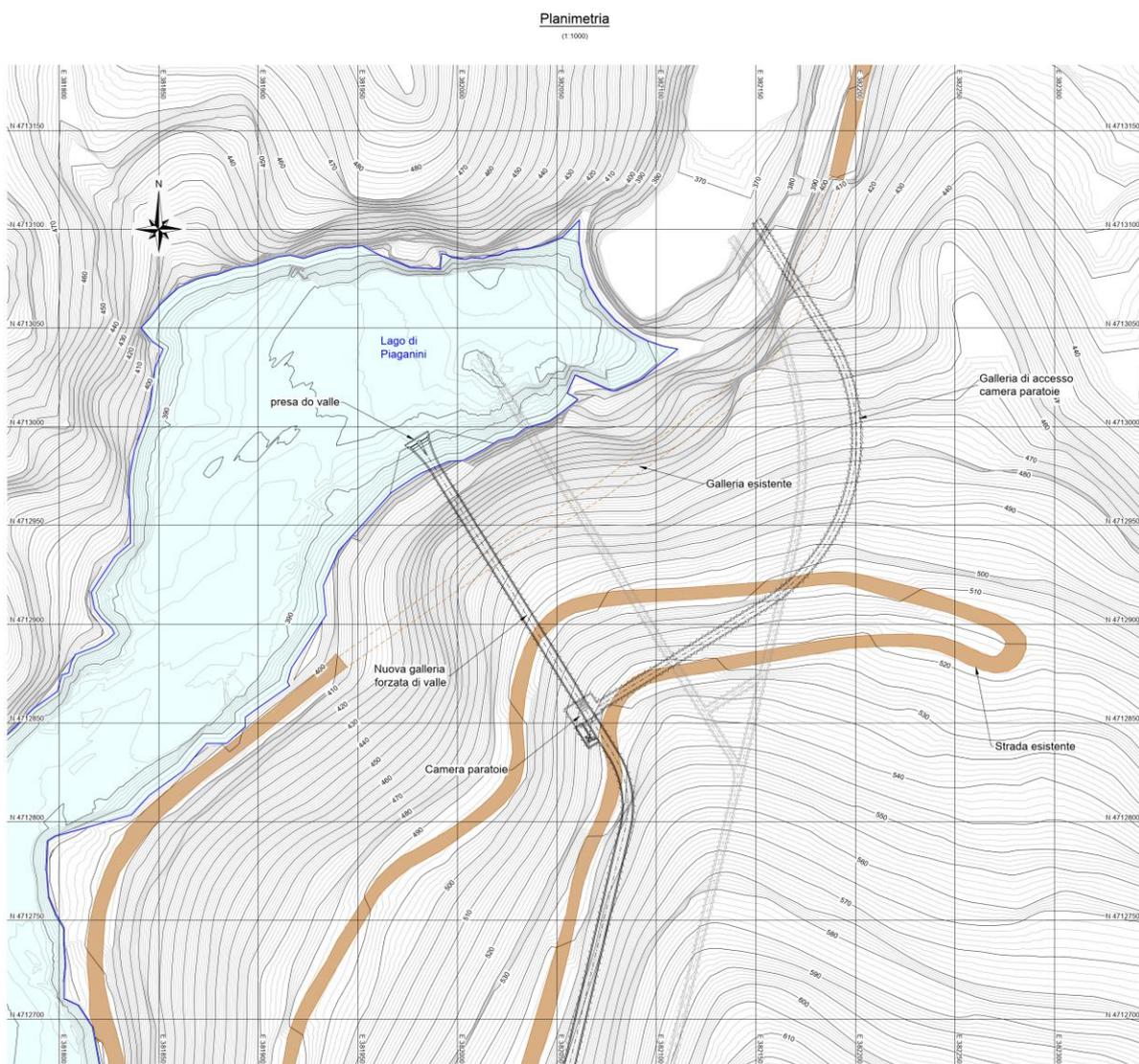


Figura 51: Nuova galleria forzata di scarico/aspirazione sulla derivazione Piaganini – zona della nuova presa – pianta.

4.2.6 Nuovo pozzo verticale di collegamento alla caverna trasformatori esistente

Infine, vi è un pozzo verticale che collega la caverna di centrale alla caverna dei trasformatori esistente. Questo si sviluppa per una lunghezza di circa 61 m e con una sezione circolare dal diametro pari a 5.00 m.

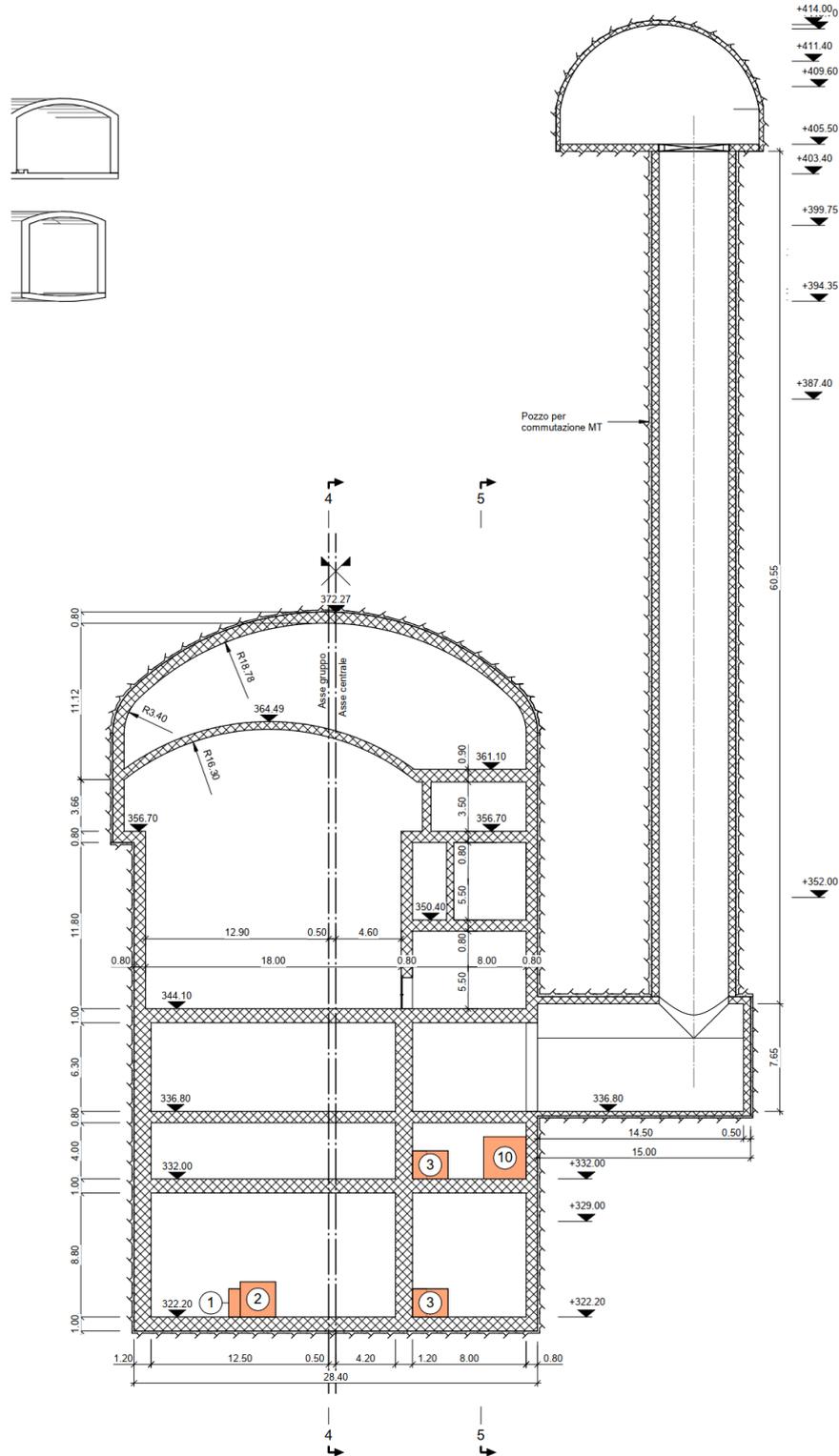


Figura 55: Pozzo per commutazione MT – profilo.

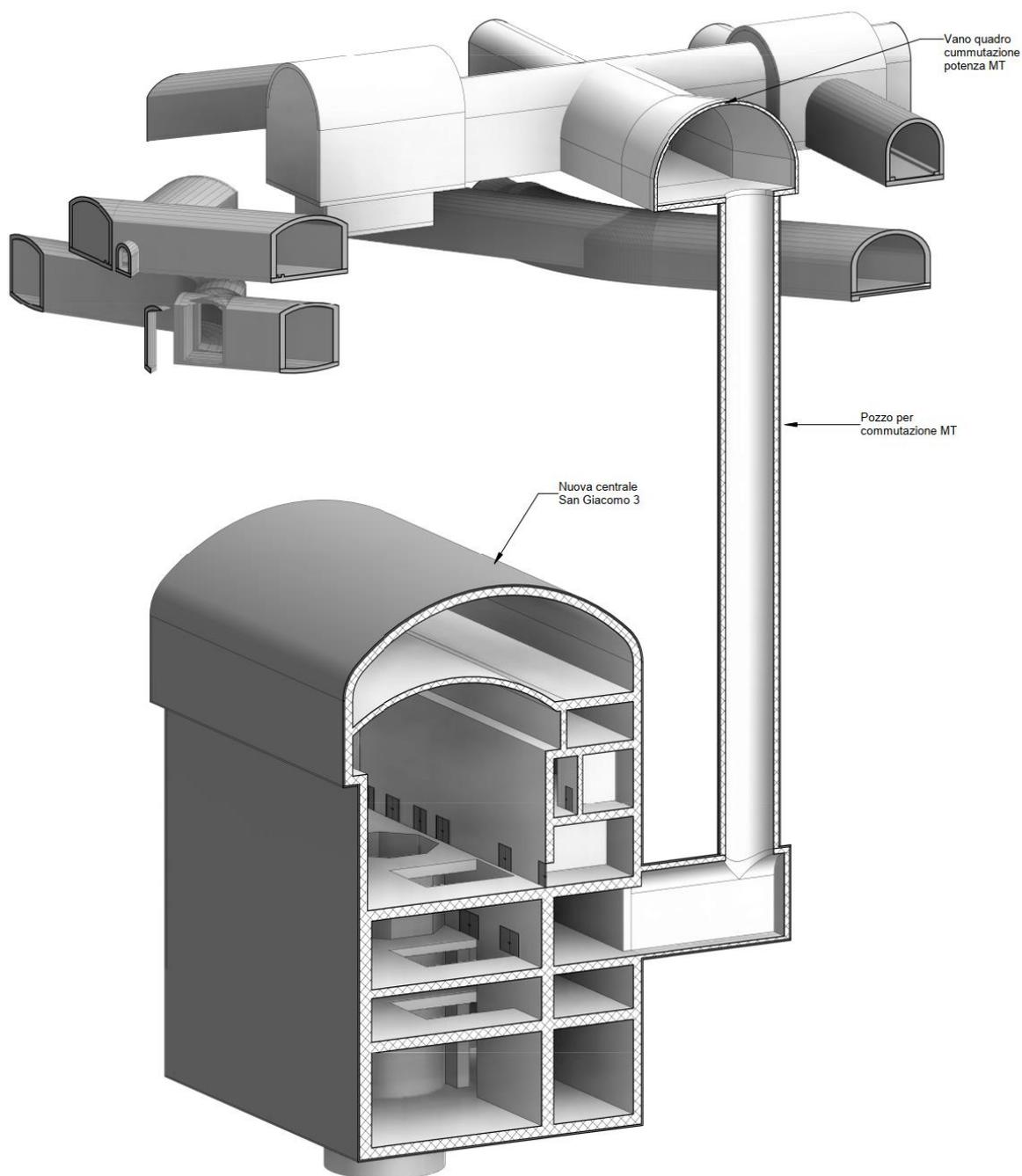


Figura 56: Pozzo per commutazione MT – vista 3D.

Nel pozzo dotato di pianerottoli e scale che si collega superiormente ad una nicchia nella quale sono installati due interruttori commutatori, sono installati i cavi MT di potenza che collegano il convertitore statico del nuovo gruppo di pompaggio al primo dei due interruttori commutatori trifase.

Il secondo interruttore è collegato al gruppo Pelton esistente, mentre sul lato opposto, i due interruttori sono collegati all'esistente trasformatore con potenza 310 MVA.

4.3 Aspetti tecnici particolari

4.3.1 Aspetti Geologico/Geotecnici

Con riferimento ai documenti **GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.006.00 Relazione Geologica** e **GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.007.00 Relazione Geotecnica** allegati al presente progetto, qui di seguito si sintetizzano le principali risultanze emerse.

Il volume di roccia all'interno del quale verrà realizzata la nuova centrale di San Giacomo III è collocato all'interno dei calcari marnosi BIS (formazione Bisciario). La resistenza della roccia intatta è di 50 Mpa (classi di resistenza ISRM R3), mentre il grado di alterazione è generalmente nullo o molto basso (classe ISRM W1-W2).

La stratificazione, che è l'elemento di disgiunzione principale dell'ammasso, ha una persistenza plurimetrica, orientazione immergente a basso angolo verso S (media 253/27) e spessore degli strati mediamente compreso tra 1 e 50 cm. Esistono inoltre 3 sistemi di discontinuità secondari, orientati perpendicolarmente e parallelamente alla stratificazione, la cui spaziatura e persistenza è generalmente da decimetrica a metrica.

Per la definizione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità degli ammassi si è deciso di associare ciascuna unità geotecnica a un campo di valori dell'indice GSI (Geological Strength Index) di Hoek definito attraverso lo schema qualitativo proposto da Marinis per ammassi rocciosi stratificati eterogenei.

Lo scavo in sotterraneo potrà essere realizzato tramite tecnica convenzionale con esplosivo oppure con martello demolitore, come già fatto per la creazione della caverna di San Giacomo II. Va comunque considerato che la presenza dei cunicoli, caverne e pozzi già realizzati rende quantomai complessa la distribuzione degli stati tensionali naturali nell'area di intervento. Tale condizione comporta l'esistenza di zone di concentrazione delle tensioni che possono avere un impatto sul comportamento meccanico degli ammassi rocciosi e, in ultima analisi, sulla stabilità degli scavi da realizzare al loro interno.

Per quanto concerne le condizioni idrogeologiche, la bassa permeabilità degli ammassi rocciosi osservata durante la costruzione delle caverne esistenti fa prevedere che all'interno dei nuovi scavi le venute d'acqua potranno essere alquanto limitate. Inoltre, l'effetto di drenaggio indotto dalle opere esistenti ha depresso il livello naturale della falda fino a circa la quota minima del pozzo della centrale di San Giacomo II (480m) e pertanto anche le pressioni idrostatiche agenti sui rivestimenti definitivi saranno molto ridotte.

In ogni caso si ritiene fondamentale la realizzazione di una estesa campagna di indagini geognostiche che permetta di risolvere le incertezze tuttora presenti nel modello geologico e geotecnico e di identificare e gestire adeguatamente gli elementi di rischio ad esse connesse.

4.3.2 Aspetti idrologici

Si riportano qui di seguito le principali risultanze del documento **GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.004.00 Relazione Idrologica** allegato al presente Progetto.

L'idrologia dell'ultimo decennio è stata ricostruita in termini di afflussi netti al sistema in base ai dati forniti da Enel GP ed alle caratteristiche geometriche del sistema idraulico, tenendo conto dei rilasci dovuti per il deflusso minimo vitale e degli sfiori che sono avvenuti alle due dighe.

La precipitazione media annua dell'ultimo ventennio è risultata pari a 665 mm.

L'evapotraspirazione media mensile dell'ultimo ventennio è risultata pari a circa 55 mm.

Risulta molto difficile stimare un possibile impatto del cosiddetto "cambiamento climatico" a lungo termine. Per i bacini in oggetto, si nota che la tendenza di precipitazione è in diminuzione e pertanto andrà a compensare l'aumento di evapotraspirazione.

Ci si potrebbe dunque aspettare un apporto idrologico ai serbatoi con afflussi in diminuzione a livello annuo e con una redistribuzione mensile diversa da quella attuale (ad esempio l'anticipo dello scioglimento delle nevi) e con la presenza di eventi meteorici più intensi. La seguente figura mostra i dati ricostruiti dallo Scrivente nel periodo 2013-2020 per il serbatoio di Provvidenza:

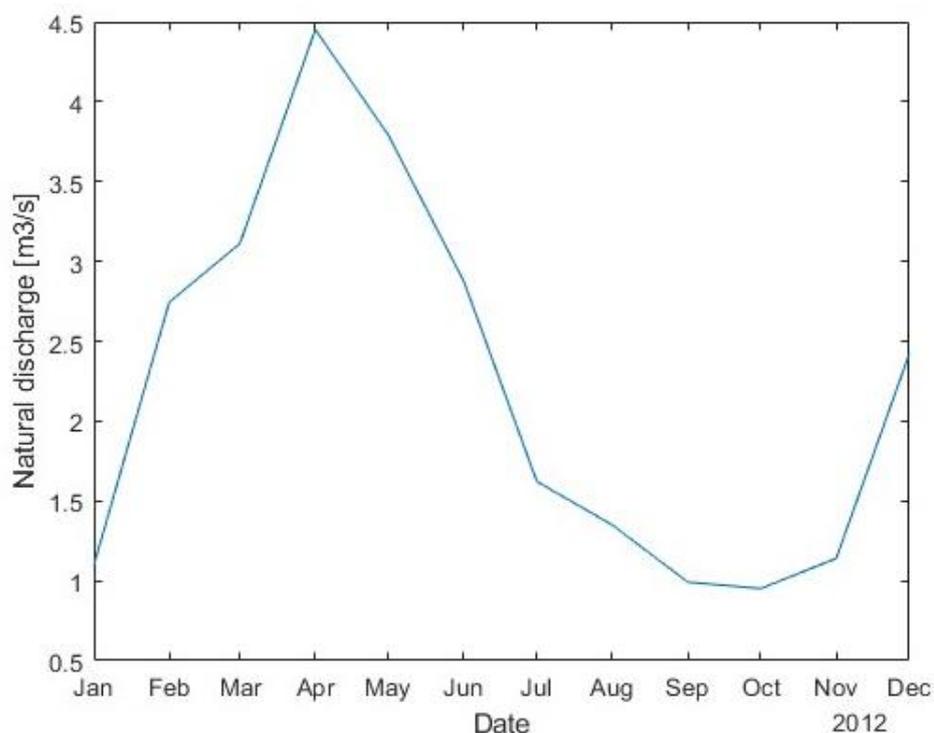


Figura 57: Serbatoio di Provvidenza - afflussi medi mensili 2013-2020.

La portata media mensile affluente ricostruita dalla simulazione nel periodo 2013-2020, intesa come somma del contributo di bacino diretto e bacini allacciati (quindi esclusi i sottobacini afferenti a Campotosto, ndr) risulta essere pari a 2.12 m³/s, che sommati ai 3.07 m³/s turbinati dall'Impianto di Provvidenza porterebbero ad una disponibilità media annua pari a circa 5.2 m³/s inferiore di circa il

40% rispetto alla portata media annua prevista in concessione per l'impianto di Provvidenza, pari a 8.86 m³/s. Tale riduzione si correla alla riduzione della precipitazione nell'area negli ultimi 10 anni.

Questa è anche la conferma, dato che i risultati di portata ottenuti derivano dalle potenze erogate dai due gruppi esistenti, che l'impianto esistente effettivamente turbinava tutti i deflussi naturali.

Il nuovo impianto a progetto di San Giacomo III consiste nell'inserimento di un gruppo pompa in parallelo ad un gruppo turbina esistente. Il nuovo gruppo, in centrale separata, è evidentemente privo di capacità di turbinaggio, con impiego quindi nullo in turbinaggio degli afflussi naturali al bacino sotteso a monte, che rimangono quindi utilizzati sui gruppi esistenti. **Il nuovo impianto di San Giacomo III si qualifica pertanto come impianto di "Pompaggio puro"**.

Con il nuovo impianto, le oscillazioni di livello nei serbatoi risultano essere apprezzabili, con escursioni che possono arrivare a portare il serbatoio di Piaganini e Provvidenza alla minima o massima regolazione durante il ciclo giornaliero (fino a ±15 metri). Inoltre, solo per il serbatoio di Provvidenza, Queste oscillazioni potrebbero essere ridotte se l'impianto venisse utilizzato in cascata con quello di Provvidenza (fino a ±8.5 metri).

4.3.3 Aspetti idraulici

Si riportano qui di seguito le principali risultanze del documento **GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.003.00 Relazione Idraulica** allegato al presente Progetto.

Le perdite di carico sono calcolate in modo tradizionale, considerando quelle che si assumono essere le attuali scabrezze dell'impianto (3.0 mm per cls e 0.3 mm per acciaio), ottenendo:

	DERIVAZIONE PROVVIDENZA		
DH/Q ² (m/(m ³ /s) ²)	Galleria	Condotta forzata	Totale
Pompaggio	0.0115	0.0031	0.0146
Turbinaggio	0.0114	0.0022	0.0136

Tabella 1: Nuova pompa – Perdite di carico della derivazione Provvidenza.

	ESISTENTE DERIVAZIONE PIAGANINI PER GR. 7			NUOVA DERIVAZIONE PIAGANINI PER GR. 8		
	Galleria	Condotta forzata	Galleria	Galleria	Condotta forzata	Totale
DH/Q ² (m/(m ³ /s) ²)	0.0404	0.0348	0.0753	0.0025	0.0003	0.0028

Tabella 2: Nuovo gruppo pompa – Perdite di carico della derivazione Piaganini.

Per quanto concerne i transitori idraulici, effettuati considerando tempi di manovra cautelativi (**Tabella 3**), i primi risultati hanno mostrato la necessità di modificare il pozzo piezometrico di Provvidenza,

aggiungendo una camera di espansione superiore, e di realizzare ex novo il pozzo piezometrico sulla derivazione Piaganini (anche con ricostruzione tramite galleria in pendenza).

Manovra	Tempo necessario [s]
Avviamento pompa	160
Avviamento turbina	70
Turbinaggio – pompaggio	420
Pompaggio – turbinaggio	190
Arresto brusco	20

Tabella 3: Tempi di manovra concordati con Enel GP per le verifiche dei transitori nei pozzi piezometrici.

Le portate di riferimento considerando anche il nuovo gruppo pompa sono:

- **Turbinaggio da Provvidenza verso Piaganini: 60.2 m³/s**
- **Pompaggio da Piaganini verso Provvidenza: 41.8 m³/s**

Per quanto concerne le verifiche strutturali alle condotte forzate, sono state calcolate le massime sollecitazioni statiche e dinamiche ed il tasso di lavoro della condotta esistente di Provvidenza e della nuova galleria forzata di Piaganini, dovendo assumere le caratteristiche dei materiali.

Considerando cautelativamente la contemporaneità del massimo sovrizzo nel pozzo piezometrico e la massima sovrappressione di colpo d'ariete, si ottengono le massime sollecitazioni nella condotta forzata di Provvidenza, all'otturatore:

	Max sopralzo transitorio (mH2O)	Sovrappressione dinamica colpo d'ariete (mH2O)	Massima pressione totale (mH2O)
C.F. Provvidenza turbinaggio	696.0	256.4	952.4
C.F. Provvidenza pompaggio	750.9	55.9	806.8

Tabella 4: Massime pressioni di esercizio nella condotta forzata Provvidenza.

Per quanto riguarda la C.F. Provvidenza, la seguente tabella riassume la verifica dello stato tensionale nella condotta:

Carico Statico +Pozzo +Colpo Ariete (mH2O)	Pressione (MPa)	Diametro (mm)	Spessore (mm)	σ (N/mm ²)	σ ammissibile (N/mm ²)
659.0 + 37.0 + 256.4 = 952.4	9.35	2'200	65	158.29	160.0

Tabella 5: Condotta Forzata Provvidenza - verifica di resistenza – fase di turbinaggio.

Carico Statico +Pozzo +Colpo Ariete (mH2O)	Pressione (MPa)	Diametro (mm)	Spessore (mm)	σ (N/mm ²)	σ ammissibile (N/mm ²)
732.2 + 18.7 + 55.9 = 806.8	8.22	2'000	85	96.7	160.0

Tabella 6: Condotta Forzata Provvidenza - verifica di resistenza – fase di pompaggio.

Vengono riportati qui di seguito i risultati delle verifiche per la galleria forzata di Piaganini.

	Max sopralzo transitorio (mH2O)	Sovrappressione dinamica colpo d'ariete (mH2O)	Massima pressione totale (mH2O)
C.F. Piaganini	75.6	2.7	78.3

Tabella 7: Massime pressioni di esercizio nella condotta forzata Piaganini.

Per quanto riguarda la C.F. Piaganini, la seguente tabella riassume la verifica dello stato tensionale nella condotta:

Carico Statico +Pozzo +Colpo Ariete (mH2O)	Pressione (MPa)	Diametro (mm)	σ (N/mm ²)	σ ammissibile (N/mm ²)	Spessore (mm)
313.25 + 7.82 + 36.65 = 357.72	3.51	2'000	120.00	156.00	29

Tabella 8: Galleria Forzata Piaganini - verifica di resistenza.

Per quanto concerne le verifiche strutturali a fatica della condotta Provvidenza, nelle condizioni di utilizzo futuro si ha un fattore di sicurezza pari a 5.4 per il modo turbinaggio, e di 3.2 per il modo pompaggio. Per quanto concerne le verifiche strutturali a fatica della condotta Piaganini, nelle condizioni di utilizzo futuro si ha un fattore di sicurezza pari a 6.0 per il modo pompaggio.

Al fine di confermare tutte le assunzioni progettuali, verrà effettuata una campagna di indagini ed ispezione dei manufatti, finalizzata a valutare sia le caratteristiche idrauliche delle adduzioni sia le caratteristiche strutturali dei materiali, in particolare della Condotta Forzata esistente, e di alcuni spessori.

4.3.4 Aspetti elettromeccanici

Si riportano qui di seguito le principali risultanze del documento **GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.005.00 Relazione Elettromeccanica** allegato al presente Progetto. Considerando la geometria del sistema idraulico, le potenze disponibili sono:

Modalità	Salto netto	Potenza	u.m.
Pompaggio	Massimo a portata efficace	251.9	MW

Tabella 9: Nuovo Gruppo di pompaggio – potenze disponibili.

Per il dimensionamento della macchina elettrica, la potenza considerata è la potenza meccanica di 251.9 MW all'albero divisa per l'efficienza dell'alternatore e del convertitore di frequenza, ovvero una potenza elettrica di circa 262.3 MW. Tenendo in considerazione un valore minimo di $\cos(\varphi) = 0.87$ la potenza apparente del generatore sarà di 300 MVA.

Il massimo rendimento del nuovo gruppo di pompaggio è il 91.89%. I valori effettivi variano fino al 91.86%, a seconda del carico (648.0 m fino a 675.6 m) e del frazionamento della portata (combinazione con gruppo Francis reversibile esistente).

Le caratteristiche tecniche principali del generatore/motore sono le seguenti:

Grandezza	Valore	u.m.
Potenza elettrica	300	MVA
$\cos(\phi)$	0.85	
Frequenza	50	Hz
Numero di poli	14	
Numero di giri	428.6 (variabile)	giri/min

Tabella 10: Generatore/Motore – caratteristiche.

Non è prevista l'installazione di un nuovo trasformatore. L'unità sarà a doppia alimentazione e solo l'alimentazione del rotore (3 fasi) sarà fornita da un convertitore di frequenza.

Oltre alle componenti elettromeccaniche del gruppo pompa, l'impianto è dotato di numerosi sistemi ausiliari, tra cui i principali sono:

- Sistema di raffreddamento, costituito da:
 - Un circuito primario, con prelievo e mandata di acqua da e verso il lato a bassa pressione dell'unità (tra il tubo di tiraggio e la valvola a bassa pressione);
 - Uno scambiatore di calore a tubo (pressione 10 bar);
 - Un circuito secondario a circuito chiuso (acqua con glicole);
 - Un circuito terziario a circuito chiuso (acqua deionizzata) per i convertitori di frequenza (le dimensioni di questo sistema nel capitolo precedente);
- Sistema di lubrificazione e raffreddamento delle tenute dell'albero
- Sistema ad olio pressurizzato;
- Sistema di lubrificazione ad olio pressurizzato;
- Armadi di controllo del processo;
- Sistema di Drenaggio delle acque di infiltrazione;
- Sistema di svuotamento dell'acqua contenuta nel gruppo;
- Sistema anti allagamento della Caverna;
- Carroponte.

La centrale in caverna è infine dotata di tutti gli impianti e sistemi di edilizia civile (illuminazione, ventilazione e riscaldamento, prevenzione incendi, acqua potabile, fognatura, ecc.).

4.4 Connessione alla sottostazione e punto di consegna

L'attuale centrale di San Giacomo II è allacciata alla RTN tramite 2 linee aeree afferenti alla sbarra 400 kV cui sono collegati tramite cavi AT i trasformatori TR1 (a servizio di San Giacomo I) e TR2 (a servizio di San Giacomo II) siti in sotterraneo nei pressi della Centrale.

Nella configurazione attuale, il TR1, da 280 MVA complessivi, ha due secondari da 140 MVA cad. dedicati rispettivamente:

- ai gruppi 1 e 2 di San Giacomo I;
- al gruppo 3 di San Giacomo I e al gruppo 5 (reversibile) di San Giacomo II,

mentre il TR2 da 310 MVA, ad un solo secondario, è dedicato al gruppo 4 di San Giacomo II.

La centrale è quindi allacciata alla RTN tramite 2 punti di connessione, rappresentati dagli altrettanti stalli linea AT denominati Teramo e Provvidenza.

Il nuovo impianto di San Giacomo III non prevede alcuna modifica ai trasformatori esistenti.

La nuova pompa verrà collegata al trasformatore da 310 MVA del gruppo Pelton esistente, previo inserimento di interruttori MT che consentano la commutazione di potenza tra le due macchine.

Tra i trasformatori e la sottostazione di Collepiano non viene effettuata alcuna modifica.

I 2 punti di connessione AT così come la cabina AT a doppia sbarra esistenti rimarranno inalterati a seguito dell'inserimento del nuovo gruppo.