

REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

PROVINCIA DI PORDENONE

COMUNE DI ERTO E CASSO

LAVORO:

**PROGETTO DI UNA CENTRALE IDROELETTRICA SUL TORRENTE
VAJONT, CON PRESA ALLO SCARICO DEL LAGO RESIDUO
DEL VAJONT, SUBITO A VALLE DELLA DIGA,
IN TERRITORIO COMUNALE DI ERTO E CASSO (PN)**

RIF. N°. LAVORO:

SP 2015/0038
costruzioni idrauliche

COMMITTENTE:



Welly R.E.D. S.r.l.

sede legale:

Viale Trento, 105/d - 33077 Sacile (PN)

recapiti amministrativi:

Piazza Mazzini, 21 - 32100 Belluno (BL)

Tel. 0437/999844 - email wellyredsr@gmail.com

DATA:

LUGLIO 2016

FASE

AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO:

A

OGGETTO

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

PROGETTISTI

geol. Roberta Te

ing. Loris Cecca

ing. Daniele Bert

geom. Erminio Paolo Canevese

RILIEVI TOPOGRAFICI

Studio Topografico Canevese - geom. Ivan Pivetta

REVISIONE

DATA

NOME FILE

FASE DEL PROGETTO

Sommario

1. Premessa	2
2. Inquadramento territoriale	4
3. Stato di fatto e documentazione fotografica.....	8
4. Ammissibilità delle opere e vincoli ambientali	22
4.1. Piano di Governo del Territorio (P.G.T.)	22
4.1. Piano Regolatore Generale (P.R.G.) del Comune di Erto e Casso.....	28
4.2. Aree di tutela naturalistica	30
5. Descrizione del Progetto.....	36
5.1. Il Progetto allegato all'Istanza del 1996	36
5.2. Descrizione degli Aggiornamenti Progettuali	37
6. Cantierizzazione	52
7. Producibilità attesa dell'impianto in progetto	67

1. Premessa

La presente relazione tecnica illustra le modifiche che si è ritenuto di apportare al progetto presentato nel 1996 e in iter istruttorio presso l'ufficio della Regione Friuli Venezia Giulia - Direzione Centrale Ambiente ed Energia - Struttura stabile gestione risorse idriche nel territorio di Pordenone, al fine di adeguare lo stesso alla normativa vigente con massima attenzione alla riduzione degli impatti del progetto originario.

Prima di passare alla specifica trattazione delle modifiche introdotte di seguito si riassume l'iter istruttorio iniziato con la presentazione dell'istanza:

- con istanza di data 01.06.1996 presentata avanti la Direzione Regionale Ambiente della Regione Friuli Venezia Giulia i signori Franchi Paolo e Martini Livio di Zoldo Alto (BL) hanno chiesto in solido il rilascio di una concessione di derivazione d'acqua dal torrente Vajont a scopo idroelettrico in comune di Erto e Casso (PN), nella misura media di moduli 16,67 (1667 l/s) e massima di moduli 40,00 (4000 l/s), con un salto lordo di m 166,47 e una potenza nominale di kW 2.720,64, con rilascio delle portate turbinate in località Ponte Campelli in comune di Castellavazzo (oggi Longarone);
- nel corso dell'esame istruttorio, che ha formalmente sancito la possibilità di rilascio della concessione di derivazione con le caratteristiche illustrate dai proponenti, detta istanza è stata dagli stessi solidalmente condivisa con la società En&En S.r.l. di Belluno (provvedimento di nulla osta da parte della Regione Friuli Venezia Giulia – Direzione Centrale Ambiente e LL.PP. del 09.06.2004);
- sotto il profilo realizzativo la proposta dei sigg. Martini e Franchi, fatta propria anche dalla Srl En&En, prevedeva la realizzazione di una vasca di raccolta dello scarico esistente (galleria di sorpasso), da costruirsi esternamente e in adiacenza alla parete rocciosa in destra orografica, con lo scopo di convogliare l'acqua derivata in una condotta forzata in acciaio del diametro nominale DN 1100 sino alla centrale di produzione da installarsi in località Ponte Campelli, dopo un tracciato di circa 1500 metri con sviluppo lungo il versante fino alla posizione della centrale ubicata ai margini del fiume Piave in corrispondenza del ponte "Campelli";
- già nel corso della precedente attività progettuale la nuova compagine proponente aveva segnalato all'Amministrazione precedente la propria intenzione di sviluppare una soluzione che, tenuto conto del tempo trascorso dalla prima istanza, risultasse più adeguata rispetto

agli aggiornamenti normativi intervenuti soprattutto in tema di valutazione degli impatti ambientali (comunicazione a firma della società En&En in data 03.02.2010). In conseguenza di tali indicazioni, la Regione Friuli Venezia Giulia – Direzione Centrale Ambiente e LL.PP. con propria nota n. nALPPN/2/10535/IPD/1164 del 17.02.2010 aveva comunicato agli allora soggetti istanti la sospensione della pratica in attesa del deposito della documentazione utile all'avanzamento della procedura di verifica di assoggettabilità alla Valutazione d'Impatto Ambientale (V.I.A.);

- nelle more di tali adempimenti la normativa in materia di valutazione degli impatti ambientali è stata ulteriormente aggiornata sia in sede comunitaria (direttive 2011/92/UE e 2014/52/UE), sia in sede nazionale (d.lgs. 152/2006 come da ultima modifica intervenuta con d.l. 24 giugno 2014, n. 91, convertito con legge 11 agosto 2014, n. 116), nonché in ambito regionale (legge regionale n. 11 del 29 aprile 2015).

Proprio in virtù dell'entrata in vigore della citata legge regionale n. 11/2015 e in particolare della previsione di cui al suo articolo 62, c.15, gli allora proponenti sono stati invitati (con nota del 03.06.2015 prot. n. 6468 della Regione Friuli Venezia Giulia – Direzione Centrale Ambiente ed Energia) a depositare la documentazione utile alla verifica sulla assoggettabilità della proposta alla V.I.A. entro i termini fissati dalla norma.

Per tale adempimento, sempre nel rispetto delle previsioni del precitato articolo 62, c. 15, i proponenti hanno chiesto e ottenuto proroga per il deposito della documentazione menzionata, ciò sempre in ragione del necessario adeguamento della proposta progettuale alle sopravvenute (più restrittive) previsioni normative in materia.

- subentrata agli originari proponenti a seguito di propria nota di data 30.06.2016, ritualmente recepita dall'Amministrazione procedente, la ditta **Welly RED Srl** con sede in Sacile (PN) ha, pertanto, elaborato gli aggiornamenti progettuali descritti nella presente relazione e negli elaborati ad essa correlati, che vengono depositati entro i termini fissati al fine in primo luogo di contenere al massimo – ed anzi, si potrebbe dire, di eliminare *in nuce* – le circostanze maggiormente impattanti che caratterizzavano il progetto originariamente proposto.

Ciò mantenendo comunque invariate la maggior parte delle caratteristiche essenziali della derivazione richiesta in prima istanza, il cui aggiornamento è di seguito riportato.

L'impianto in progetto si imposta a valle della diga del Vajont e intende sfruttare le portate fluenti attraverso la galleria di scarico del "lago residuo C", bacino naturale formatosi in seguito alla frana del monte Toc avvenuta il 9 ottobre 1963. Le portate verranno captate poco prima dello sbocco della suddetta galleria, convogliate verso la centrale di produzione tramite una condotta forzata e infine rilasciate nuovamente nel tratto d'alveo del torrente Vajont che scorre a valle della diga sino alla confluenza nel fiume Piave.

I dati caratteristici dell'impianto di progetto sono:

caratteristiche riassuntive impianto idroelettrico		
corso d'acqua	Torrente Vajont	
comuni interessati dall'impianto	Erto e Casso (PN)	
quota pelo morto superiore	605,95	(m s.l.m.)
quota asse turbina	482,60	(m s.l.m.)
salto di concessione	123,35	(m)
portata media di concessione	1,50	(m³/s)
portata massima di concessione	4,50	(m ³ /s)
portata minima di concessione	0,20	(m ³ /s)
portata rilasciata	0,050 (rilasciata per la cascata) l'impianto per come conformato non produrrà sottensione d'alveo	(m ³ /s)
potenza nominale	1.815,00	(kW)
producibilità annua	13.300,00	(MWh/anno)
n. gruppi elettromeccanici	IMPIANTO IDROELETTRICO SENZA SOTTENSIONE D'ALVEO 2 Turbine Pelton Gemelle a 6 Getti ad Asse Verticale	

2. Inquadramento territoriale

Come anticipato in premessa, l'impianto idroelettrico in progetto interessa l'acqua di scarico del "lago residuo C" che viene alimentato dai versanti della valle del Vajont nel tratto che precede la diga esistente e che, oltrepassa completamente in galleria la frana e il manufatto di sbarramento, si immette con un salto di circa 120 metri nella parte terminale della valle del Vajont rivolta verso Longarone; dal punto di vista amministrativo, l'impianto ricade interamente all'interno del territorio comunale di Erto e Casso, in provincia di Pordenone (PN).

L'area dell'opera di presa si ritrova entroterra, in destra idrografica e a valle del corpo diga, in corrispondenza della sezione di intercettazione della galleria di scarico del "lago residuo C", il cui imbocco è raggiungibile a partire dalla S.P. 251 percorrendo in discesa una pista sterrata di servizio esistente.

L'area della centrale idroelettrica si ritrova alla base della forra del torrente Vajont; planimetricamente all'altezza dell'attuale scarico della galleria di sorpasso che scarica la portata naturale del torrente Vajont, posto a valle dello sbarramento della diga.

Di seguito vengono riportate le aree interessate dall'intervento in progetto.



Figura 1: Ortofoto di inquadramento generale aree di intervento



Figura 2: Ortofoto aerea dell'area di imbocco della galleria di sorpasso (esistente)



Figura 3: Ortofoto aerea dell'area della centrale idroelettrica di progetto

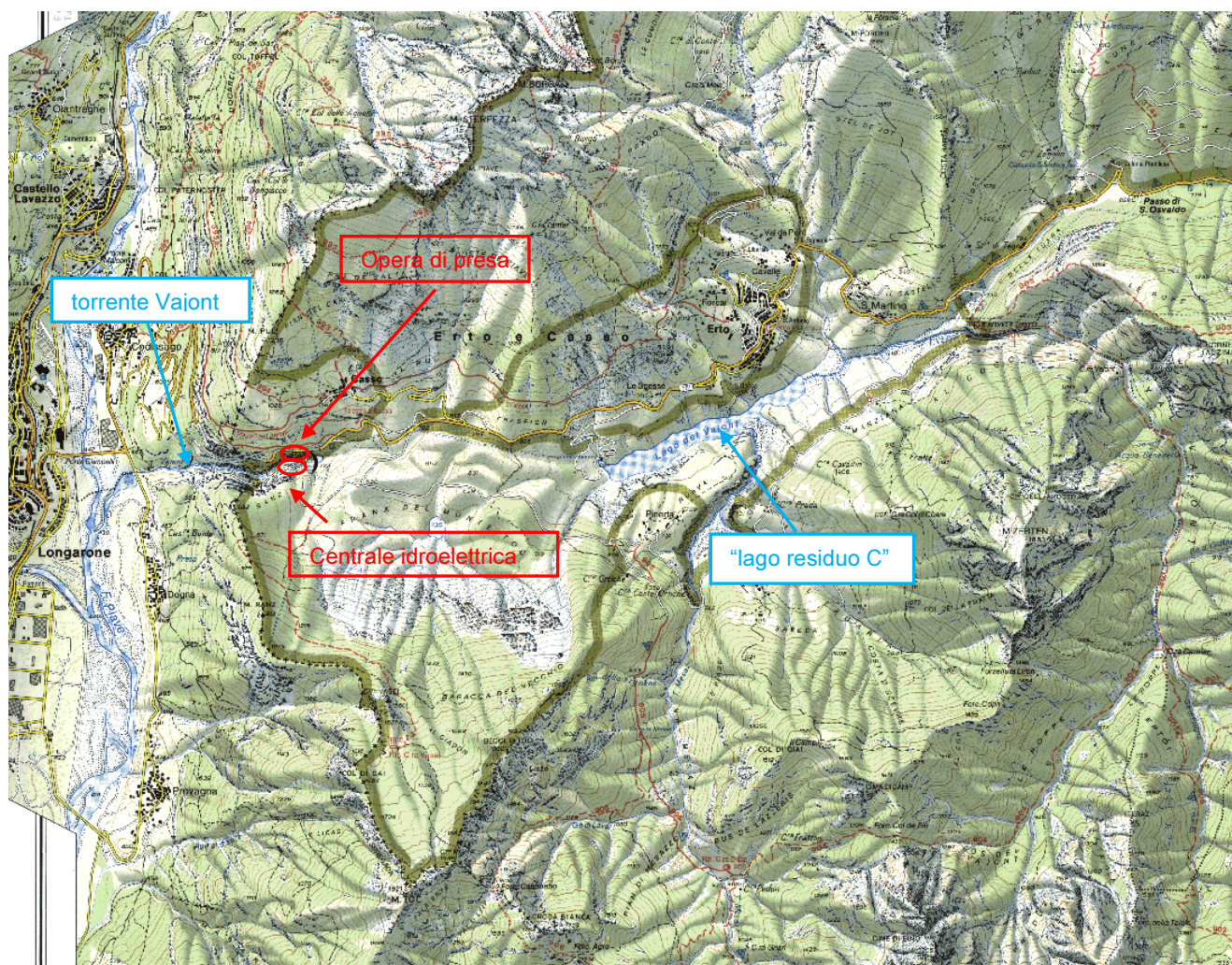


Figura 4: Inquadramento territoriale su Carta Tabacco 1:25 000 (Foglio 021)

3. Stato di fatto e documentazione fotografica

Provenendo dall'abitato di Erto e percorrendo la S.P. 251, prima di imboccare la serie di gallerie stradali in roccia all'altezza della diga del Vajont, si ritrova sulla sinistra una viabilità secondaria sterrata con divieto di accesso (Foto 3). Percorrendo tale pista si scende fino a raggiungere la sponda del "lago residuo C", ovvero del serbatoio idrico più vicino al corpo di frana del Monte Toc.

In particolare la pista conduce in prossimità di un manufatto in c.a. che materializza la sezione di imbocco della galleria di sorpasso (by-pass) predisposta per il trasporto delle acque del lago formato dall'apporto idrico proveniente dai versanti della valle del Vajont a valle del corpo di frana e del corpo diga (Foto 4).

La galleria ha una lunghezza complessiva di circa 2400 metri e attraversa l'intero corpo di frana rimanendo in destra idrografica fino a superare il corpo diga e a convogliare le acque nella sezione di scarico posta 170 metri a valle della linea del coronamento della diga (Foto 10).

Per l'accesso all'area dello scarico, occorre procedere entro le gallerie di servizio, scavate nella roccia durante la costruzione della diga e in epoca successiva per esigenze di controllo e manutenzione. In particolare, in destra idrografica si ritrova il percorso che collega il "Ponte Canale" e che poi, proseguendo verso valle, attraversa la sezione dello scarico a quota 601 m s.l.m.; questa ha quota scorrimento a 605,5 m s.l.m. e pertanto la galleria interseca lo scarico al di sotto.

Proseguendo verso valle, dopo qualche decina di metri, il tratto di galleria si innesta nel percorso principale che, partendo da valle, risale il versante destro della forra del Vajont fino a interrompersi proprio in corrispondenza della galleria di sorpasso, con una porta stagna in prossimità dello scarico.

Anche in sinistra idrografica si ritrova una viabilità di servizio che risale il versante roccioso della forra del Vajont (Foto 12), ora in galleria, ora a mezzacosta, fino a raggiungere e a raccordarsi al "Ponte Canale" (601,5 m s.l.m.) (Foto 6, Foto 7 e Foto 9).

La forra del torrente Vajont, a valle della diga, prosegue per circa 1 km, mantenendosi sempre molto profonda e con pareti in roccia calcarea strapiombanti (Foto 14 e Foto 15); la pendenza del fondo alveo è piuttosto debole, tant'è che il dislivello monte-valle è sui 5 metri, da quota 480 a quota 475 m s.l.m. e la pendenza media risulta dell'ordine del 5‰.

Alla base della forra, sulla verticale corrispondente alla sezione dello scarico, (Foto 11), si ritrova un altro tratto in galleria, sempre realizzato per la costruzione della diga, il cui percorso raggiunge la cascata generata dallo scarico stesso e la supera, per poi interrompersi in alveo a una distanza di 140 metri dai piedi della diga. Nel tratto di superamento dello scarico è previsto lo scavo entro il versante roccioso del nuovo canale di scarico della centrale di produzione. Esso avrà una lunghezza di poco meno di 60 metri e collegherà direttamente il locale che ospiterà la sala macchine all'alveo del torrente Vajont; manufatto che, per come è stato posizionato in progetto (sotto la verticale dell'opera di presa), risulterà a sua volta collegato alla nuova condotta di adduzione attraverso un pozzo verticale di 120 metri circa. Alla sommità, il progetto prevede la realizzazione dell'opera di presa, che andrà a intercettare, con un vasca di carico e dissabbiatore, le portate fluenti entro la galleria di sorpasso esistente, fino a convogliarle entro il pozzo verticale, ove verrà installata la condotta di adduzione.

Tutte le suddette opere saranno ricavate all'interno del versante roccioso attraverso operazioni di scavo in roccia - mediante diverse tipologie esecutive - e pertanto, al termine delle lavorazioni, non saranno visibili dai punti esterni di osservazione.

Seguono la planimetria di inquadramento su base CTR con i coni ottici e le relative foto scattate durante i sopralluoghi e le campagne di misura topografiche.

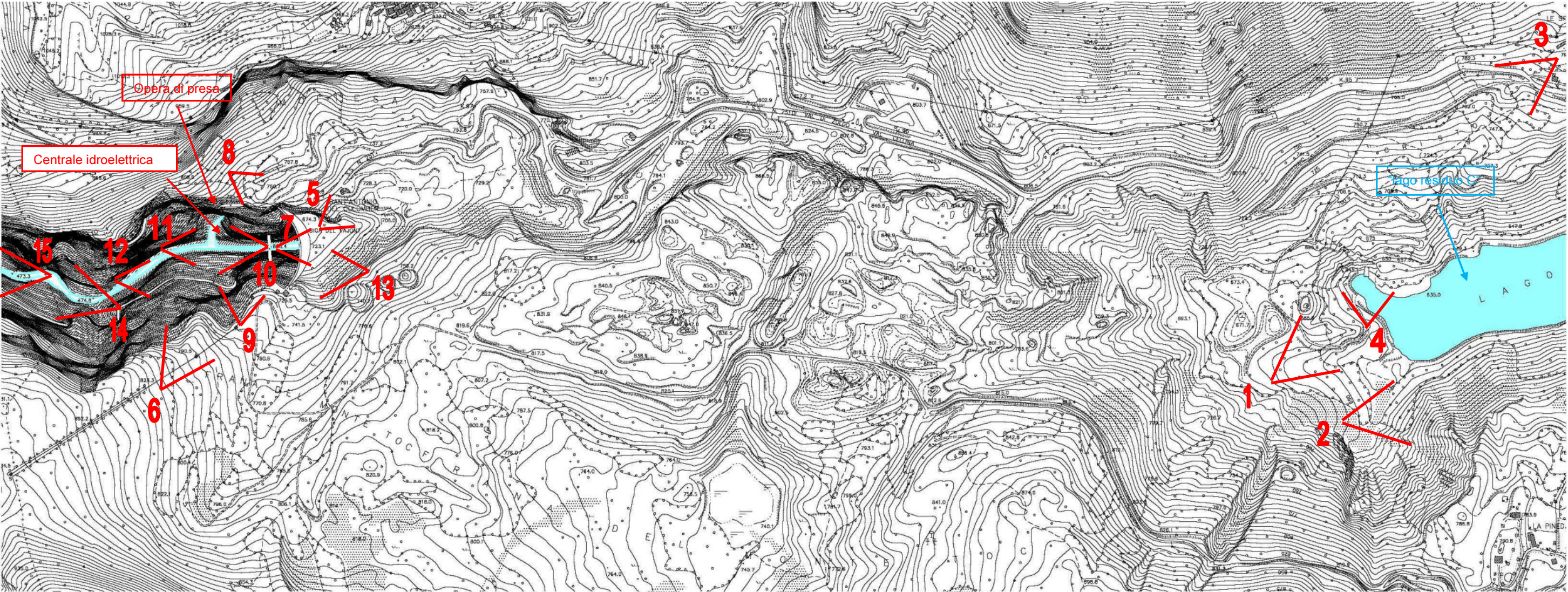


Figura 5: Planimetria dei coni ottici



Foto 1: Foto panoramica del territorio dell'opera di presa della galleria di sorpasso esistente lungo la sponda destra del "lago residuo C".



Foto 2: Altra foto panoramica del "lago residuo C" verso la sponda sinistra con la località "La Pineda".



Foto 3: La pista di servizio che dalla S.R. 251 scende verso la sponda destra del "lago residuo C".

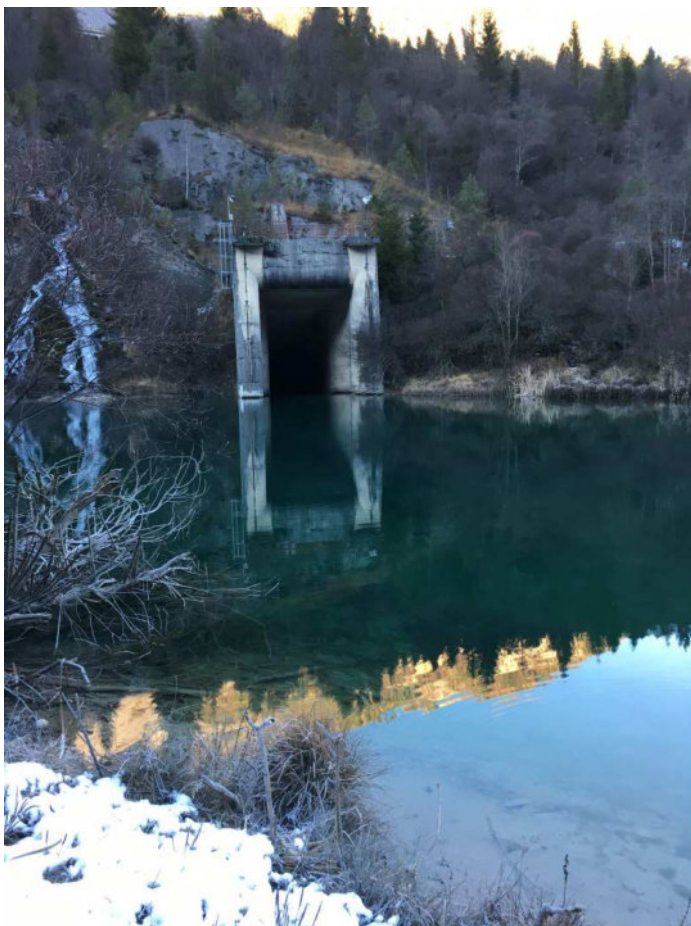


Foto 4: Particolare dell'imbocco del canale di sorpasso che consente il deflusso del torrente Vajont a valle della diga partendo dal "lago residuo C".



Foto 5: Il corpo di frana del Monte Toc a ridosso del corpo diga (sotto a sinistra). Sopra la chiesetta del "Colomber" posta a fianco della S.P. 251.



Foto 6: Foto aerea al di sopra del coronamento della diga del Vajont. Si notano la viabilità S.P. 251 con le gallerie in roccia, il "Ponte Canale" e lo scarico della galleria di sorpasso con il rilascio dell'acqua de torrente Vajont captata dal "lago residuo C".



Foto 7: Foto aerea al di sopra del coronamento della diga del Vajont.



Foto 8: Foto aerea con evidenziata la verticalità delle pareti della forra del torrente Vajont a valle del corpo diga.



Foto 9: Foto aerea della forra del torrente Vajont con al centro la sezione dello scarico della galleria di sorpasso che scarica in alveo la portata naturale del torrente Vajont.



Foto 10: Particolare dello scarico della galleria di sorpasso fotografato dal “Ponte Canale”

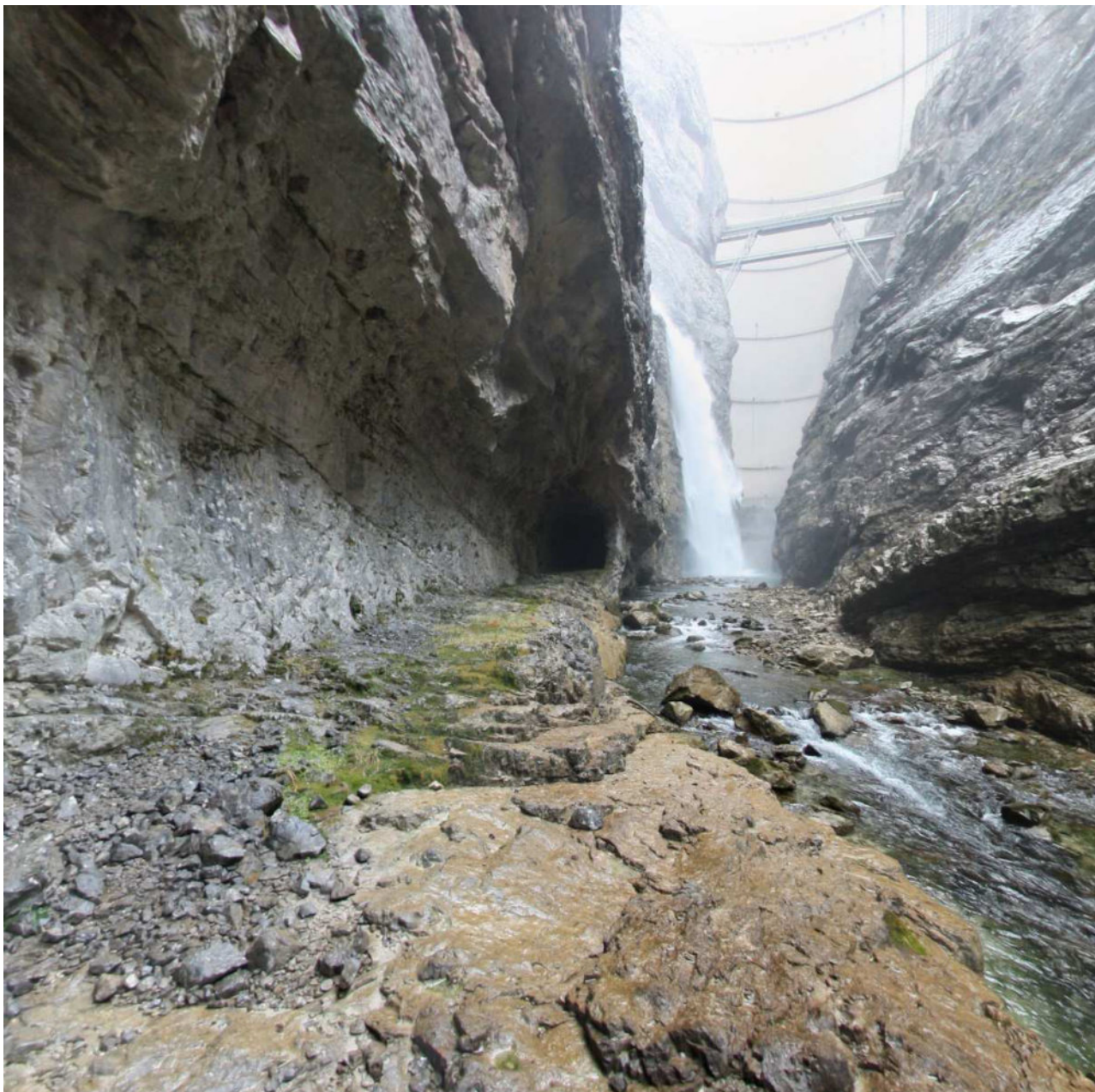


Foto 11: Foto scattata ai piedi della forra del torrente Vajont appena a valle della cascata dello scarico della galleria di sorpasso. Si nota la pista di servizio ricavata in roccia con tratti in galleria.



Foto 12: Foto scattata lungo la forra del Vajont a valle del corpo diga.



Foto 13: Foto aerea della forra del Vajont fotografata al di sopra del coronamento della diga.



Foto 14: Foto aerea della forra del torrente Vajont a valle del corpo diga. Sullo sfondo la valle del Piave con l'abitato di Longarone.

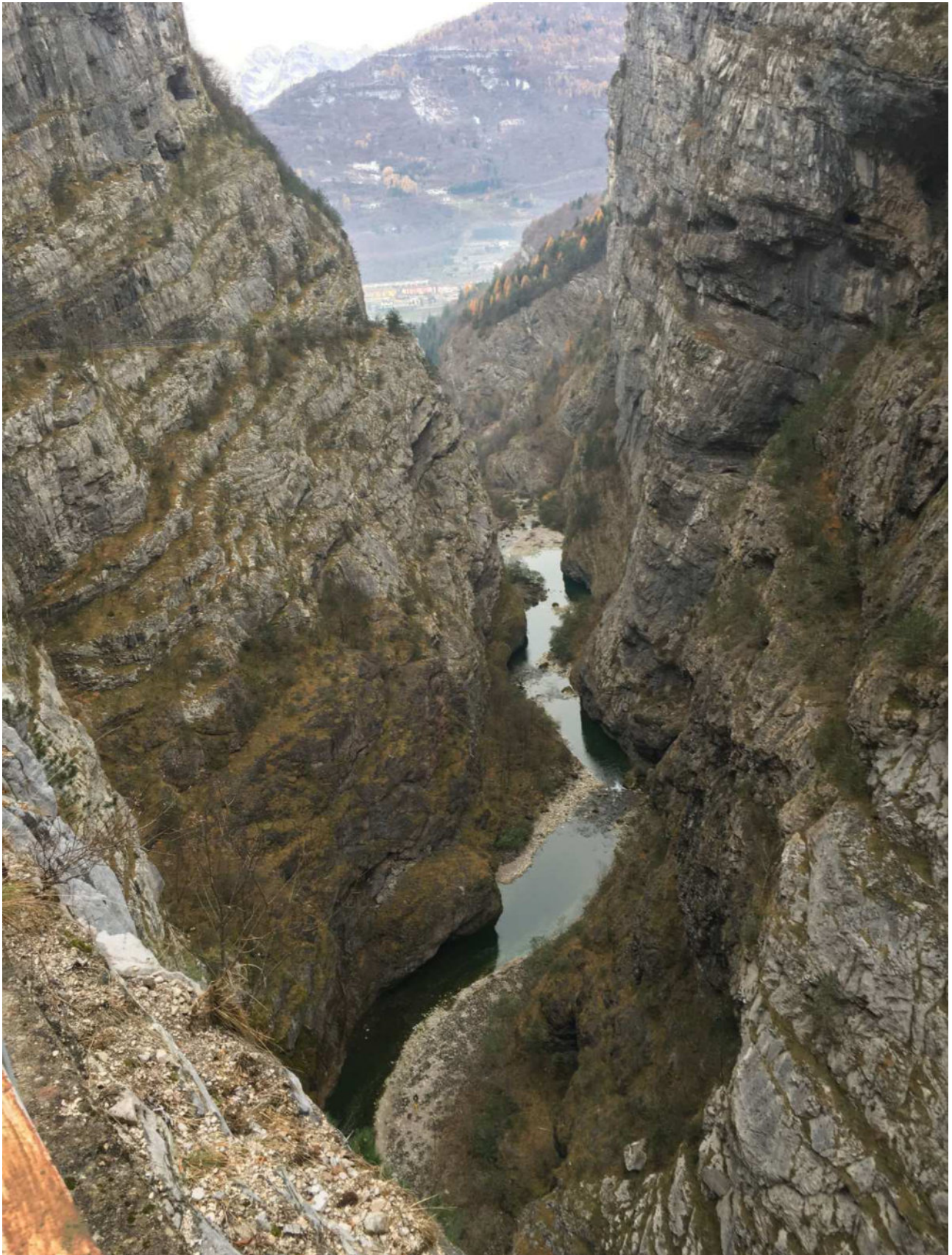


Foto 15: Il torrente Vajont nel tratto in forra che precede lo sbocco sul fiume Piave.

4. Ammissibilità delle opere e vincoli ambientali

A livello regionale, lo strumento programmatico che caratterizza il territorio e lo regola da un punto di vista urbanistico/infrastrutturale, è rappresentato dal Piano del Governo del Territorio della Regione Friuli Venezia Giulia (P.G.T.), approvato il 16/04/2013 e pubblicato il 2/05/2013 sul 1° supplemento ordinario n. 20 del BUR n. 18. Questa tipologia di pianificazione territoriale permette di definire gli obiettivi per la pianificazione di area vasta e pertanto tale piano viene chiamato piano "strategico".

A livello puntuale invece è direttamente il Comune a definire e regolare l'assetto del territorio con il Piano Regolatore Comunale (PRGC).

A fianco di questi due strumenti programmatici, si inseriscono poi il Piano Regionale di Tutela delle Acque (P.R.T.A.) e il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Il P.R.T.A. ha lo scopo di descrivere lo stato di qualità delle acque nella Regione F.V.G. (ANALISI CONOSCITIVA) e di definire le misure per il raggiungimento degli obiettivi di qualità, attraverso un approccio che integri sapientemente gli aspetti quantitativi della risorsa, come a esempio il minimo deflusso vitale e il risparmio idrico, con quelli più tipicamente di carattere qualitativo.

Il P.A.I. del fiume Livenza si prefigge come obiettivo quello di garantire al territorio un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e geologico, attraverso il ripristino degli equilibri idraulici, geologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, nonché la valutazione del rischio delle alluvioni. Priorità fondamentale è quella di garantire protezione agli abitanti e alle infrastrutture, luoghi ed ambienti di pregio paesaggistico - ambientale interessati da fenomeni di pericolosità.

4.1. Piano di Governo del Territorio (P.G.T.)

Il P.G.T. rappresenta il quadro di coerenza per le pianificazioni settoriali e i piani struttura di area vasta e per i piani di livello comunale che, pertanto, debbono essere coerenti con il PGT.

Il piano di Governo del Territorio, istituito con L.R. del 3/12/2009 n. 22, adottato con DGR 1890/2012 e Approvato con DGR 693/2013 ha come obiettivo quello di individuare le vocazioni territoriali raccogliendo le istanze di più soggetti e favorendo la composizione di interessi territorialmente coerenti; per questo il P.G.T. rappresenta una cornice territoriale per la pianificazione di settore e gli indirizzi per la pianificazione di area vasta.

Dall'esame delle cartografie allegata al Piano si evince quanto segue:

TAVOLA 1B (Figura 6): l'area di intervento per la realizzazione dell'opera di presa e dell'edificio centrale si colloca esternamente alle aree SIC/ZPS della Rete NATURA2000 e in particolare all'area SIC/ZPS IT3310001 "Dolomiti Friulane". Inoltre si colloca esternamente al limite del Parco naturale Regionale delle Dolomiti Friulane, recentemente ripеримetrato con D.P.R. 30.03.2015 n. 070/Pres;

TAVOLA 1C (Figura 7): l'area di intervento ricade nel vincolo idrogeologico. Non ricade in pericolosità idraulica, mentre ricade nella pericolosità geologica per frana (caduta massi) di classe P4 (molto elevata);

TAVOLA 2 (Figura 8): l'area ricade nell'ambito paesaggistico AP11 "Gruppo del Monte Pramaggiore";

TAVOLA 8B (Figura 9): l'area ricade nell'ambito del connettivo ecologico montano, al limite dell'ambito naturalistico prioritario A1 montano delle Dolomiti Friulane. Si riconosce anche il segmento a permeabilità ecologica offerto dalla viabilità principale S.P. 251

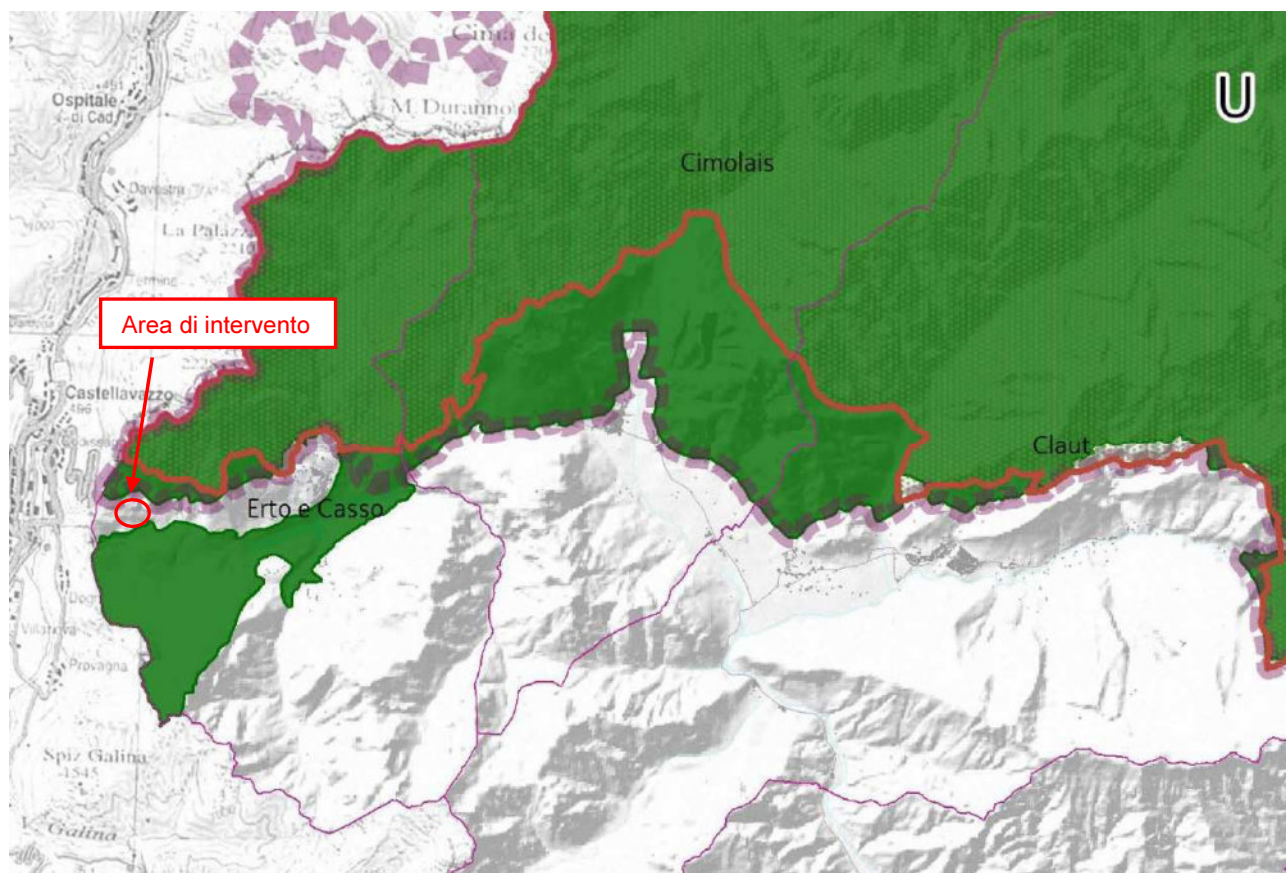




Figura 6: Estratto della TAVOLA 1B allegata al P.G.T. del Friuli Venezia Giulia. Segue legenda

Legenda


Legge regionale n. 42 del 1996

-  Parchi naturali regionali
-  Riserve naturali regionali
-  Area di reperimento prioritario
-  Aree di rilevante interesse ambientale
-  Biotopi naturali
-  Parchi comunali ed intercomunali

Rete Natura 2000

-  Zone di protezione speciale
-  Siti di importanza comunitaria



Legge 394 del 1991

-  Riserve naturali statali e aree marine protette

Altre aree tutelate

-  Aree Ramsar
-  Aree wilderness
-  Sito UNESCO
-  Boschi con Vincolo art136 D.lgs 42/2004, R.D 1497/39
-  Boschi planiziali significativi
-  Prati stabili (L.R. 9/2005)

Altre informazioni

-  Siti di importanza nazionale (progetto Bioitaly)
-  Limite amministrativo

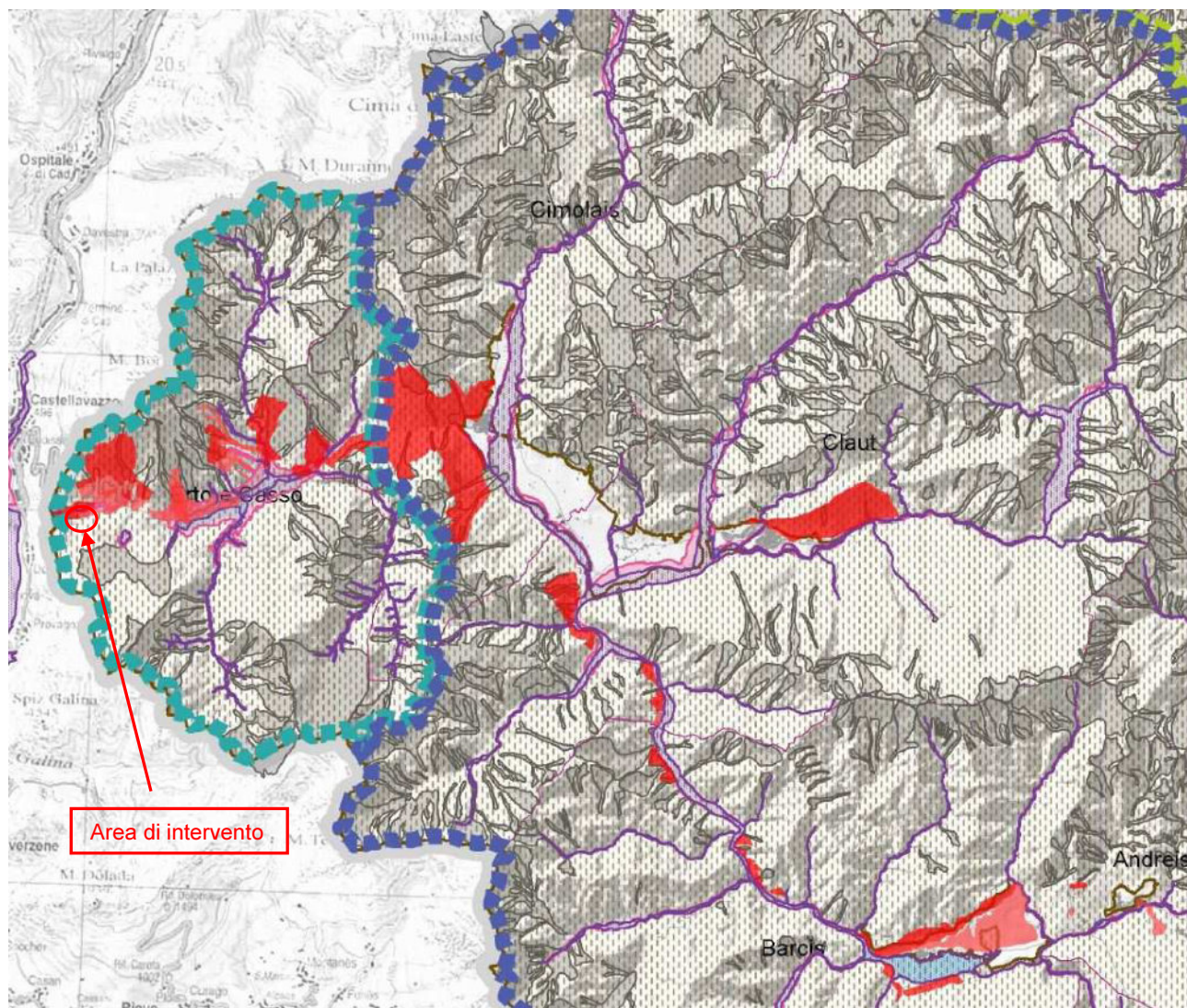


Figura 7: Estratto della TAVOLA 1C allegata al P.G.T. del Friuli Venezia Giulia. Segue legenda

Legenda

Frane con pericolosità (classi da P1 a P4)

- Frana con pericolosità P1
- Frana con pericolosità P2
- Frana con pericolosità P3
- Frana con pericolosità P4

Siti valanghivi

- Aree di siti valanghivi

Bacini idrografici assoggettati ai PAI

- Bacino del Lemene
- Bacino del Livenza
- Bacino del Piave
- Bacino del Tagliamento
- Bacino dell'Isonzo

Piani stralcio per l'assetto idrogeologico

- Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione
- Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del sottobacino del fiume Fella
- Piano stralcio di assetto idrogeologico del bacino del fiume Livenza
- Piano stralcio di assetto idrogeologico del bacino del fiume Lemene

- Alvei
- P1 - Pericolosità moderata
- P2 - Pericolosità media
- P3 - Pericolosità elevata
- P4 - Pericolosità molto elevata
- Piani stralcio per la difesa idraulica del torrente Cormor e del torrente Corno

Altre informazioni

- Limite amministrativo
- Vincolo idrogeologico

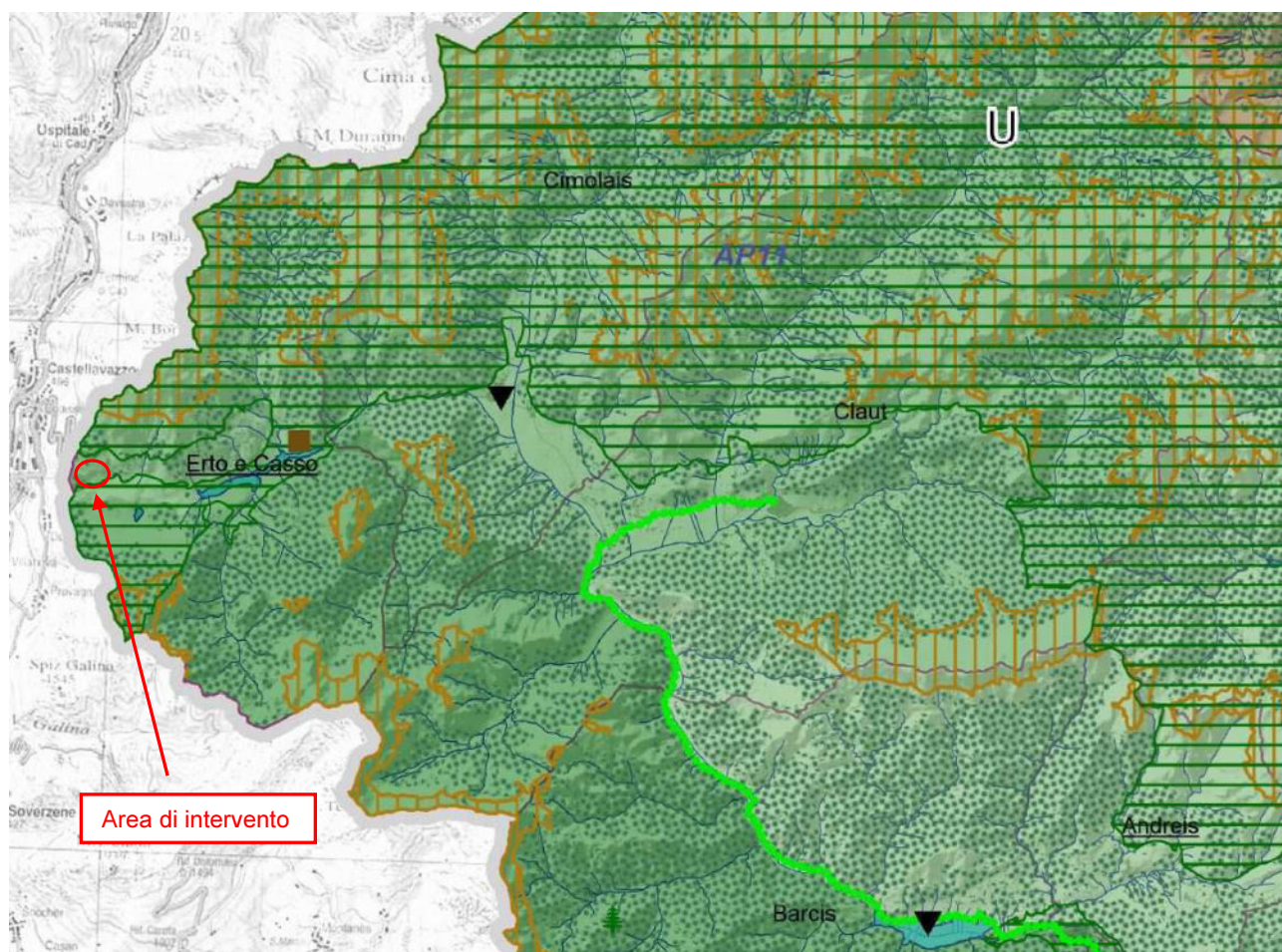


Figura 8: Estratto della TAVOLA 2 allegata al P.G.T. del Friuli Venezia Giulia. Segue legenda

Legenda

Elementi di valenza ambientale paesaggistica

- Corsi d'acqua (canale, fiume, rio, roggia, scolo, torrente)
- Laghi
- Montagne per la parte eccedente i 1600 m.
- Ghiacciai
- Parchi e Riserve nazionali e regionali
- Foreste, boschi e boschi planiziali
- Zone Ramsar
- Linea di costa

Vincolo paesaggistico ex art. 136 del D.Lgs. 42/2004

- Immobili e aree di notevole interesse pubblico (Delib. G.R. n. 2500/94)
- ★ Cavità naturali del carso triestino e goriziano (Delib. G.R. n. 4046/96)

Aree urbane ed elementi diffusi di interesse storico e archeologico

- Principali aree urbane di interesse storico artistico
- Siti UNESCO
- Presenza di nuclei di interesse storico
- Ville, giardini, parchi
- Pievi e abbazie
- Castelli
- Aree archeologiche
- Miniere dismesse
- Cave
- Centuriazioni romane

Ambiti di Paesaggio

ALPINO

- AP01 VALCANALE
- AP02 CANAL DEL FERRO
- AP03 CATENA CARNICA PRINCIPALE
- AP04 CANALI DELLA CARNIA
- AP05 CONCA DI SAURIS E VAL PESARINA
- AP06 FORNI SAVORGNANI

PREALPINO

- AP07 CATENA DEI MUSI
- AP08 VALLI DEL TORRE, CORNAPPO E CHIARÒ
- AP09 VALLI DEL NATISONE
- AP10 PREALPI CARNICHE PROPRIE
- AP11 GRUPPO DEL MONTE PRAMAGGIORE
- AP12 GRUPPO DEL MONTE CAVALLO E COL NUDO

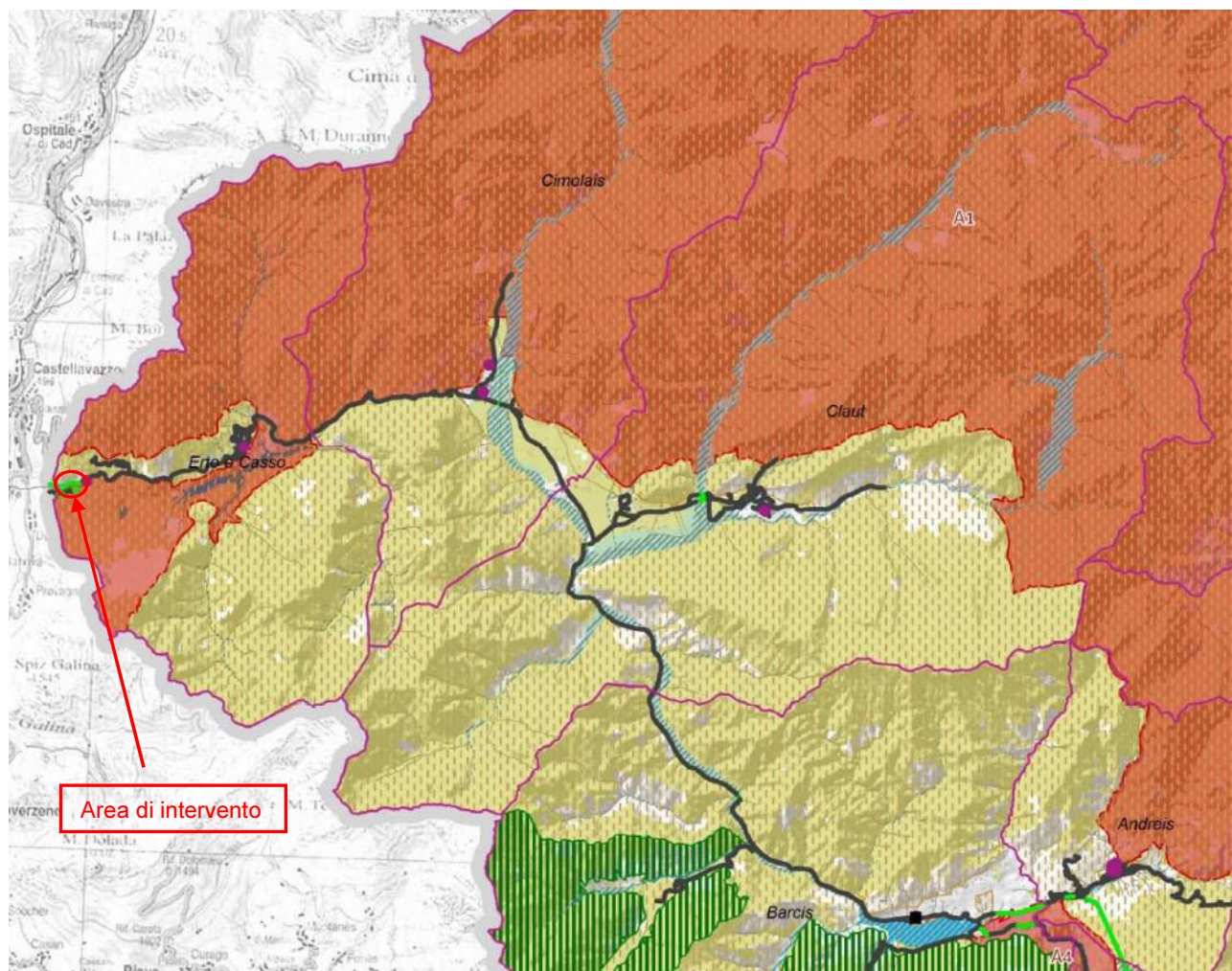


Figura 9: Estratto della TAVOLA 8b allegata al P.G.T. del Friuli Venezia Giulia. Segue legenda

Legenda

Ruoli e gerarchie della rete ecologica regionale

Ambito naturalistico prioritario (NAT)

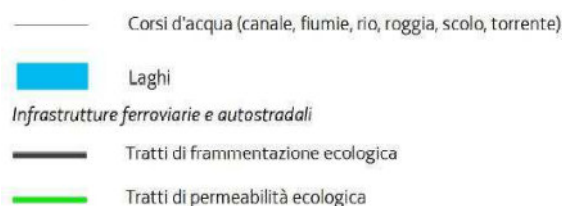
- A1 Dolomiti Friulane
- A2 Val Colvera di Jof
- A3 Monte Ciaurlec e Forra del Torrente Cosa
- A4 Forra del Torrente Cellina
- A5 Foresta del Cansiglio
- A6 Gruppo del Monte Coglians
- A7 Monti Dimon e Paularo
- A8 Creta di Aip e Sella di Lanza
- A9 Monte Auernig e Monte Corona
- A10 Valloni di Rio Bianco e di Malborghetto
- A11 Conca di Fusine
- A12 Monti Bivera e Clapsavon
- A13 Col Gentile
- A14 Val Alba

Connettivo ecologico prioritario (CON)

- A25 Alpi Carniche
- A26 Alpi Giulie
- A27 Palude di Cima Corso
- A28 Torbiera Curiedi
- A29 Colline Carniche
- A30 Bosco Duron
- A31 Monti Verzegnis e Valcalda
- A32 Monte Ciaurlec e forra del torrente Cosa
- A33 Prescudin e monte Cavallo

**Sedi delle strutture pubbliche di gestione**

- Strutture, attrezzature e aree ripristinate connesse alla rete ecologica
- Sedi e strutture degli ecomusei

Altre indicazioni

4.1. Piano Regolatore Generale (P.R.G.) del Comune di Erto e Casso

La Variante Generale al Piano Regolatore Comunale è stata adottata con Delibera di Consiglio Comunale n° 34 del 29.12.2005 e approvata con Delibera di Consiglio Comunale n° 15 del 14.07.2006, esecutiva con pubblicazione sul B.U.R. n° 41 del 11.10.2006.

Da un estratto della cartografia allegata (Figura 10) si evince che le aree di occupazione in pianta dell'opera di presa e della centrale idroelettrica (totalmente in caverna) ricadono "nell'ambito della frana" (Giardino della memoria) – ZONA F e si ritrovano esternamente al perimetro del Parco delle Dolomiti Friulane (D.P.R. 30 marzo 2015, n. 070/Pres.).

Trattandosi di opere totalmente in sotterraneo, non si ritiene di dover sottostare alle prescrizioni impartite all'art. 17.1 delle Norme Tecniche di Attuazione per gli ambiti della memoria.

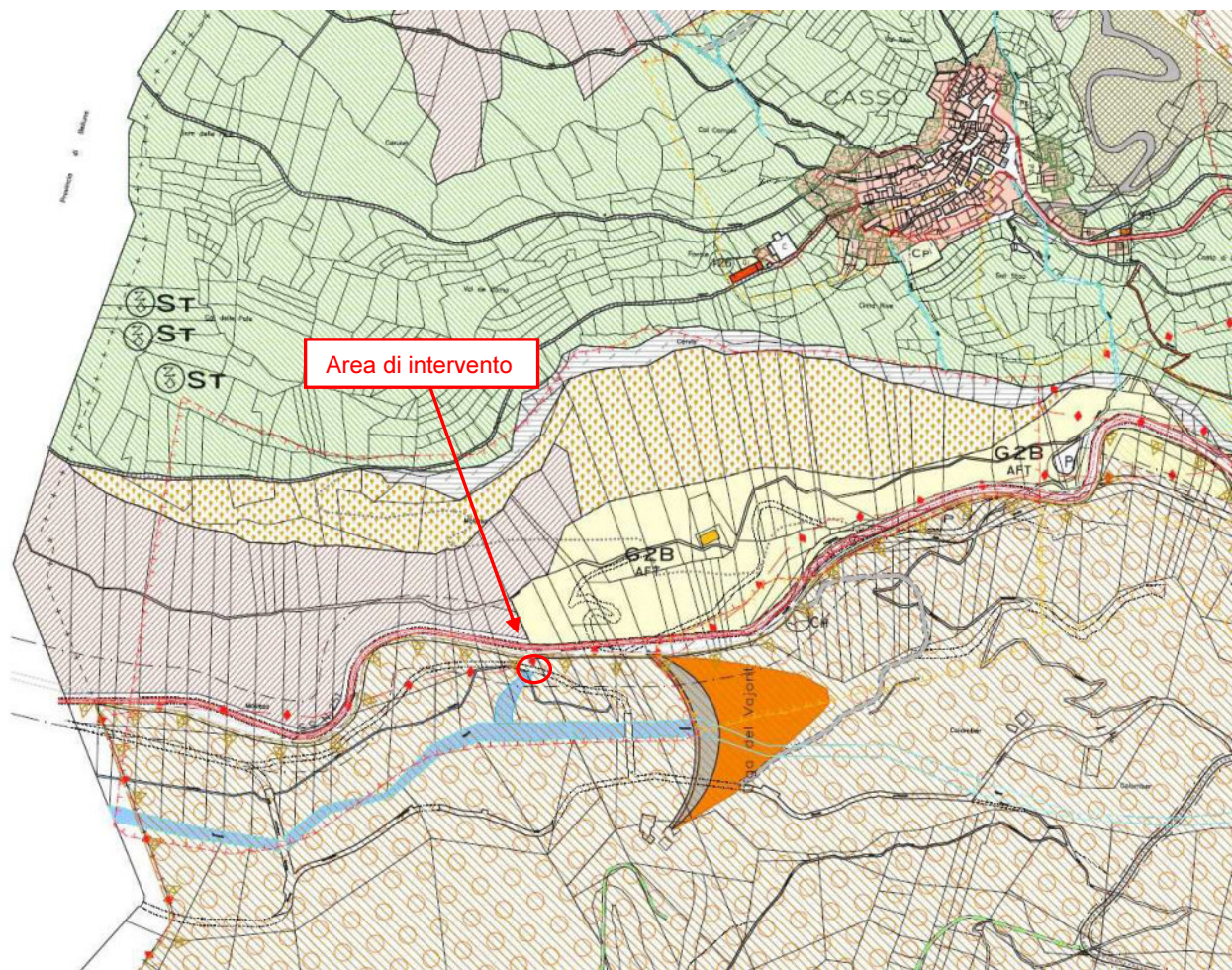


Figura 10: Estratto del P.R.G.C. del Comune di Erto e Casso con indicata l'area degli interventi. Segue legenda.

LEGENDA:

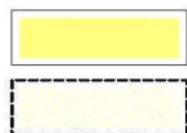
- ZONIZZAZIONE -

Zona Territoriale Omogenea



Zona "F" del Parco Dolomiti Friulane con P.C.S.

Zona "FA" del Parco Dolomiti Friulane senza P.C.S.

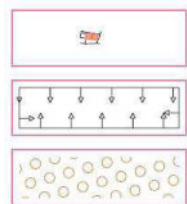


Zona G2 esistente

Zona G2 di progetto

- ZONA DI TUTELA -

Ambiti della memoria

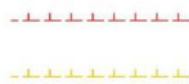


Ambiti in cui sono presenti sedimenti visibili

Ambiti di interesse archeologico

Ambito della frana (Giardino della Memoria)

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del
Bacino del Piave - L. 267/98 e 365/00 -



Limiti classe pericolosità P4

Limiti classe pericolosità P3

4.2. Aree di tutela naturalistica

Le aree di tutela naturalistica si suddividono in livello comunitario, nazionale e regionale. Per quanto riguarda il livello di tutela di tipo comunitario, le direttive cui fare riferimento sono la Direttiva 92/43/CEE "Habitat" e la 2009/147/CE "Uccelli". Queste legislazioni dell'Unione Europea hanno permesso la creazione di una rete ecologica su tutto il territorio al fine di garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario. A livello nazionale si fa riferimento alle aree individuate dalla LIPU denominate Important Bird Areas (IBA). Per quanto concerne il livello di tipo Regionale si individuano gli ambiti di tutela ambientale come Parchi e Riserve naturali regionali.

4.2.1. Rete NATURA2000

Dalla sovrapposizione della cartografia della Rete NATURA2000 si evince come l'area di intervento si trovi a una distanza minima di 1,2 km dal limite meridionale del SIC/ZPS IT3310001 "Dolomiti Friulane". L'intervento pertanto, è esterno alla Rete NATURA2000 e non perturba in alcun modo la suddetta area SIC/ZPS. Per completezza di informazioni si riportano le caratteristiche salienti del SIC "Dolomiti Friulane", tratte dal Formulario Standard:

Si tratta di un vasto sito prealpino comprendente gruppi montuosi costituiti prevalentemente da calcari e dolomie del Trias superiore. La quota maggiore è raggiunta dalla Cima dei Preti (2703 m s.l.m.). Le valli, molto strette, presentano spesso fenomeni di stratificazione inversa della vegetazione (formazione di abieteti s.l.). Vaste superfici sono occupate da boschi di faggio, che si presentano con la serie completa di associazioni zonali: faggete submontane e subalpine. Nella porzione più esterna del sito, questi boschi costituiscono la vegetazione nemorale terminale, mentre in quella interna vengono sostituiti da peccete subalpine. Nelle aree più acclivi dei rilievi esterni il faggio viene sostituito dal pino nero, specie pioniera su suoli calcarei primitivi. Al di sopra del limite del bosco la vegetazione zonale è costituita da praterie calcaree (seslerieti a ranuncolo ibrido), molto ricche di endemismi; ampie superfici sono occupate anche dalle praterie pioniere a Carex firma e Gentiana terglouensis. A causa della topografia molto accidentata di questi rilievi, vaste superfici sono occupate da habitat rocciosi e glareicoli (detriti di falda e greti torrentizi). La particolare posizione di rifugio durante le glaciazioni, ha fatto sì che vi siano concentrati numerosi endemismi e specie rare. Questo sito include vaste aree di difficile accessibilità e quindi caratterizzate da elevata naturalità.

Il sito include habitat prioritari e non che, grazie all'inaccessibilità di buona parte del sito, sono in ottime condizioni di conservazione. Alcuni habitat prioritari occupano vaste superfici (ad esempio le mughete). Vi è inoltre un'elevata concentrazione di specie endemiche e rare; per alcune di esse, tra cui Gentiana froelichii ssp. zenarii e Arenaria huteri. Molto ricche sono le popolazioni di Cypripedium calceolus, a cui si accompagnano Campanula morettiana e Physoplexis comosa. L'antropizzazione ridotta e l'eccezionale vastità dell'area montano alpina caratterizzano il sito che ospita molte specie avifaunistiche, spesso con densità non molto alte, ma rappresentanti elevata biodiversità. Particolarmente notevoli: la fauna a chirotteri (Barbastella barbastellus, Pipistrellus kuhlii, Plecotus macrobullaris), la presenza di varie popolazioni isolate di Iberolacerta horvathi e le rade popolazioni di Salamandra atra; ben diffusa anche Martes martes. Merita segnalare che in questa zona vivono alcune popolazioni di Eliomys quercinus. Nella zona Bombina variegata è piuttosto localizzata. La presenza dei grandi carnivori nell'area protetta è certa ma non ben stabilizzata.

Ursus arctos e *Lynx lynx* transitano in questi habitat montano-alpini, ma non vi hanno ancora formato nessuna popolazione. Nelle acque correnti vivono discrete popolazioni di *Cottus gobio* e *Austropotamobius pallipes*; il sito ospita anche, sia pur marginalmente, *Salmo* [trutta] *marmoratus* e *Barbus plebejus*. Nell'area sono segnalate, tra i lepidotteri, *Callimorpha quadripunctaria*, *Euphydryas aurinia*, *Maculinea arion*, *Parnassius apollo* e *Parnassius mnemosyne*; è anche accertata la presenza di *Helix pomatia*.

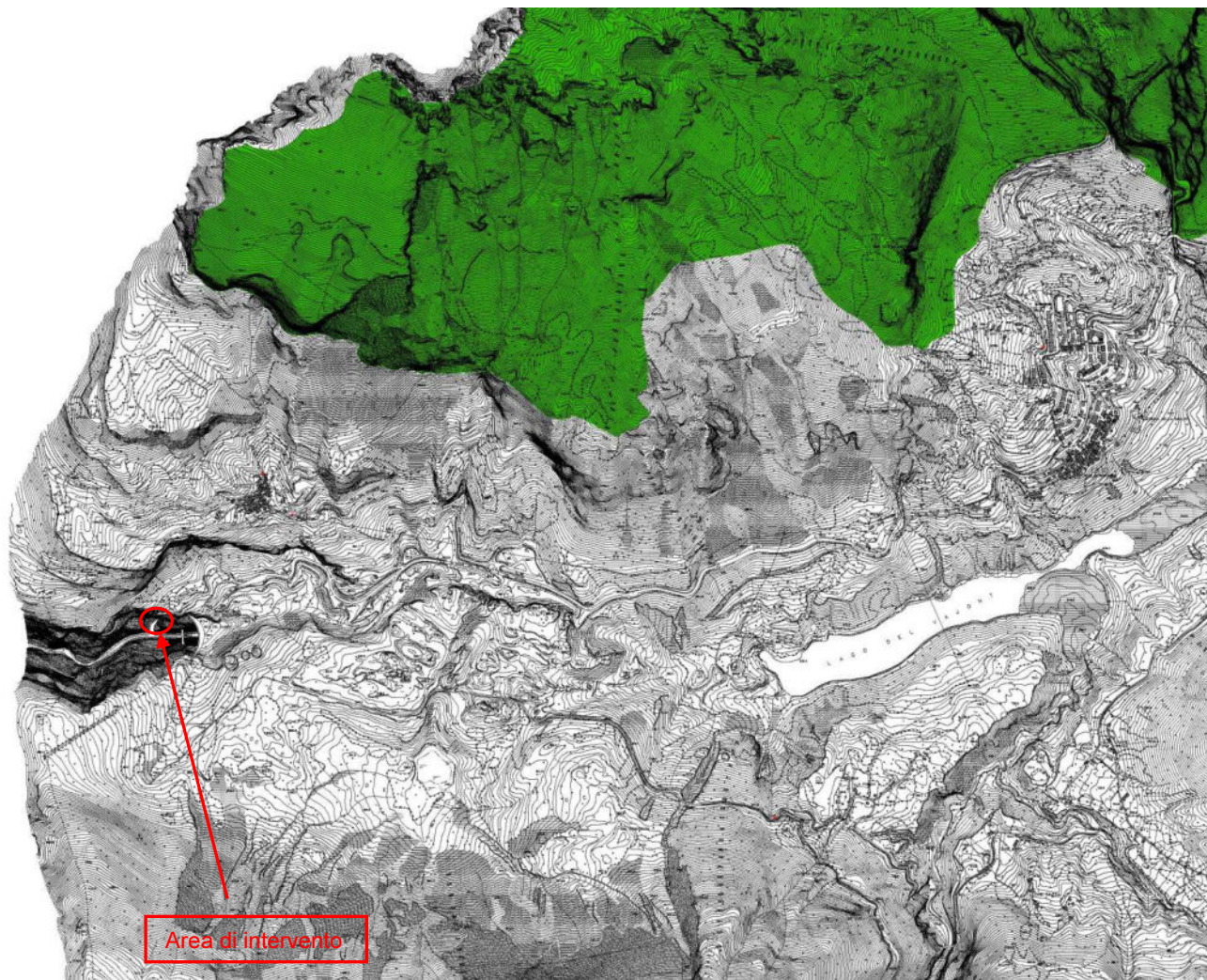


Figura 11: Individuazione delle opere di progetto su cartografia CTR 5000 e delimitazione dell'area SIC/ZPS IT3310001 denominata "Dolomiti Friulane"

4.2.2. Important Bird Areas (I.B.A.)

Le I.B.A. sono aree importanti per gli uccelli selvatici e rappresentano uno strumento per conoscere le varie specie presenti e proteggerle. Per poter definire una I.B.A. si deve verificare almeno una delle seguenti caratteristiche:

- ospitare un numero rilevante di individui di una o più specie minacciate a livello globale;
- fare parte di una tipologia di aree importanti per la conservazione di particolari specie;
- essere zona in cui si concentra un numero elevato di uccelli in migrazione.

Con l'istituzione di tali aree si intende adeguare quanto previsto per le Zone di Protezione Speciale con lo scopo di conservare la biodiversità in generale e dell'avifauna in particolare. Le Important Bird Area sono siti individuati in tutto il mondo, sulla base di criteri ornitologici da parte di associazioni non governative che fanno parte della BirdLife International; in Italia è l'associazione LIPU che dal 1965 si occupa di tale problematica. L'individuazione delle IBA avviene in base al fatto che queste aree ospitano una concentrazione di popolazioni di specie rare o minacciate, oppure ospitano eccezionali concentrazioni di uccelli di altre specie. L'area di progetto si trova sul limite meridionale dell'area IBA047 "Prealpi Carniche", poiché tale area comprende il SIC/ZPS IT3310001 "Dolomiti Friulane".

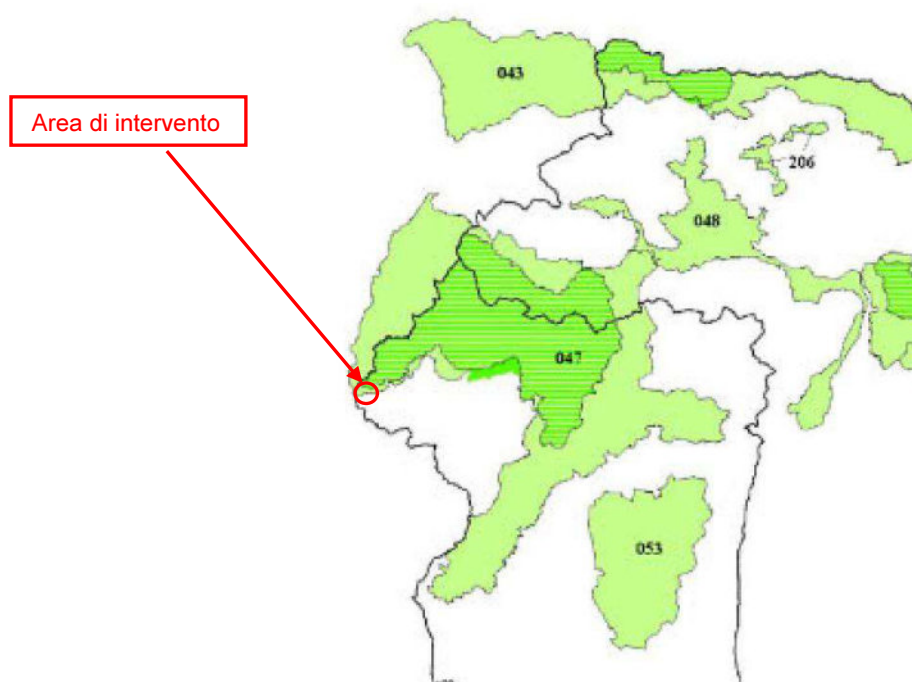
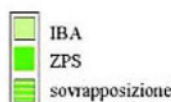


Figura 12: Estratto delle aree IBA in Friuli Venezia Giulia con indicata l'area di intervento. Segue legenda



Rete IBA/ZPS

Regione Friuli

IBA043	Alpi Carniche
IBA047	Prealpi Carniche
IBA048	Media Valle del Tagliamento
IBA049	Cividalese e Alta Val Torre
IBA053	Maggioli di Fordenone
IBA062	Laguna di Grado e Marano
IBA068	Foci dell'Isola, Isola della Cona e Golfo di Panzano
IBA068	Cerso
IBA205	Foresta di Tarvisio e Prealpi Giulie
IBA206	Valle del Torrente But

4.2.3. Piano Regionale di Tutela delle Acque (P.R.T.A.)

Il P.R.T.A. attualmente è stato approvato il 19 gennaio 2015 con decreto del Presidente n. 013. Il piano tende a raggiungere l'obiettivo prioritario di recuperare le situazioni critiche per raggiungere gli obiettivi di qualità secondo metodologie fattibili economicamente e accettabili da parte della società. In riferimento alle derivazioni di acque di tipo superficiali o sotterranee per uso diverso da quello idropotabile, all'art. 2 delle Norme Tecniche allegate viene espresso che non sono rilasciate concessioni di derivazione di acque se in contrasto con le misure di salvaguardia del Piano. Di fondamentale importanza nella realizzazione di un impianto di derivazione delle acque risulta essere quello di rilasciare una adeguata portata di minimo deflusso vitale. Tale valore di portata è definito come il minimo valore da garantire lungo tutto il tratto sotteso la derivazione al fine di permettere il mantenimento delle caratteristiche biologiche e chimiche del corso d'acqua evitandone pertanto lo scadimento qualitativo. L'argomento relativo la determinazione della soglia minima di rilascio è stata molto dibattuta e storicamente sono stati adottati differenti criteri che ne determinavano il valore; con l'adozione del P.R.T.A. è stato formulato un nuovo calcolo di tipo parametrico che tiene in considerazione le peculiarità del corso d'acqua, dell'ambiente e delle misure di salvaguardia del territorio. Nel caso in esame realizzando un impianto di tipo puntuale, privo perciò di tratto sotteso, da realizzarsi prelevando l'acqua da una galleria di sorpasso (bypass), non si verifica la necessità di rilasciare la portata volontaria in quanto la presa e il rilascio avvengono senza alcuna sottensione di alveo naturale, non interferendo minimamente sull'ambiente floro-faunistico esistente. Si ritiene che tutto sia compatibile con il P.R.T.A.

4.2.4. Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Il Piano è redatto ai sensi degli art. 67 e 68 del D.Lgs. 152/2006, del DL 180 del 11/06/1998, L. 365 del 11/12/2000 e del DPCM 29/09/1998. Si è consultata la carta della pericolosità idraulica, tavola 28, appartenente al progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino idrografico del fiume Piave, da cui si evince che le aree di intervento non ricadono nelle perimetrazioni a pericolosità idraulica. In ogni caso, le verifiche idrauliche dimostrano l'innocuità delle nuove opere nei confronti dell'attuale regimazione idraulica offerta dalla galleria di sorpasso e scarico del "lago residuo C".

Per quanto riguarda la perimetrazione e classi di pericolosità geologica si è fatto riferimento alla carta della pericolosità geologica del Comune di Erto e Casso, tavola 2 di 3. Dall'analisi di tale cartografia è possibile verificare come l'opera di presa e la centrale idroelettrica risultano interne a un'area definita avente pericolosità geologica molto elevata P4. Si rammenta che le opere verranno interamente realizzate in caverna, entro il versante roccioso, e la progettazione tiene in considerazione tale rischio. In tali aree, come previsto all'Art. 9 comma 1, è possibile la

“realizzazione o ampliamento di infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico, diverse da strade o da edifici, riferite a servizi essenziali non diversamente localizzabili o non delocalizzabili, ovvero mancanti di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, purché, se necessario, dotate di sistemi di interruzione del servizio o delle funzioni; ...”. La definizione comprende pertanto la realizzazione di tali opere in quanto di interesse pubblico e non diversamente localizzabili; si prevede altresì un sistema che possa prevedere l'interruzione del servizio.

4.2.5. Vincoli di tutela

I vincoli sono rappresentati dalle tutele che la Regione ha designato, mediante l'istituzione di parchi, riserve naturali, biotipi e prati stabili naturali, per preservare le biodiversità ambientali e le peculiarità territoriali. In Friuli Venezia Giulia la rete di tutela naturalistica è stata costituita ai sensi della LR 42/96 e sgg, che attuava la Legge nazionale 394/1991 “principi fondamentali per l'istituzione e la gestione delle aree naturali protette” e dalla L.R.9/2005 “Norme regionali per la tutela dei prati stabili naturali”. Sul territorio regionale sono state individuate le seguenti tipologie di aree diversamente tutelate:

- Parchi naturali regionali
- Riserve naturali, regionali e nazionali
- Biotopi
- Aree di reperimento
- Prati stabili naturali
- Aree di rilevante interesse ambientale (A.R.I.A.)

Vi sono ulteriori vincoli che interessano le aree di intervento a cui si rende necessario tenere in considerazione per l'esecuzione delle opere, ovvero:

- vincolo idrogeologico;
- vincolo paesaggistico.

Rispetto l'area di progetto, la perimetrazione del Parco naturale regionale delle Dolomiti Friulane, così come approvata con D.P.R. 30.03.2015 n. 070/Pres e illustrata nell'Allegato 7 alle Norme tecniche di Attuazione al Piano di Conservazione e Sviluppo (P.C.S.) “Metodologia per la definizione in scala 1:2000 del perimetro”, si trova a circa 50 metri di distanza in direzione S (Figura 13). Considerata la tipologia di intervento, che prevede lo scavo di n. 2 pozzi verticali e di

due cameroni in roccia entro il versante, non si ritiene vi siano interferenze significative con gli elementi del Parco, né in fase di cantiere, né in fase di esercizio.

Non si identificano ulteriori Parchi, Riserve o biotopi oltre a quanto fin qui indicato in un ragionevole intorno delle aree di intervento.

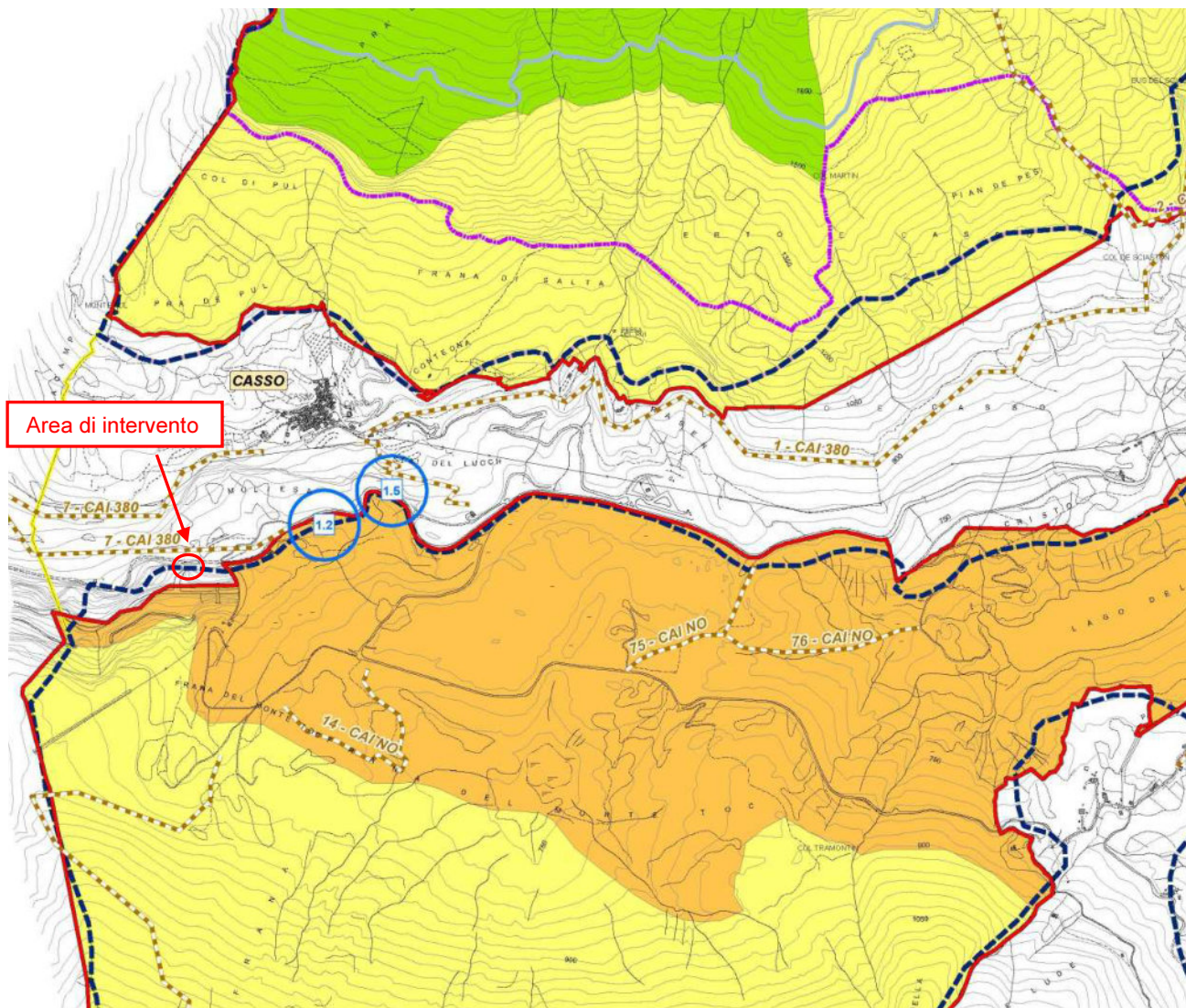
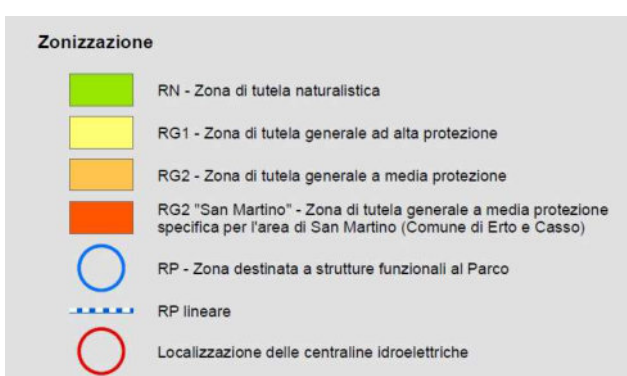


Figura 13: Estratto della TAVOLA 22f allegata al Piano di Conservazione e Sviluppo (P.C.S.) del Parco delle Dolomiti Friulane con indicata l'area di intervento. Segue legenda.



5. Descrizione del Progetto

5.1. Il Progetto allegato all'Istanza del 1996

Con istanza del 01.06.1996, presentata avanti la Direzione Regionale Ambiente della Regione Friuli Venezia Giulia, i signori Franchi Paolo e Martini Livio di Zoldo Alto (BL) hanno chiesto in solido il rilascio di una concessione per derivare, a fini idroelettrici, dal torrente Vajont una portata massima di 40,00 moduli (4000 l/s) e medi 16,67 (1667 l/s), con opera di presa ubicata a quota 605,57 m s.l.m. e con restituzione, nel medesimo torrente, a quota 433 m s.l.m., per produrre su di un salto di m 166,47 una potenza nominale di kW 2.720,64.

Il progetto in sostanza consisteva nello sfruttare le portate che si raccolgono nel "lago residuo C" formatosi in seguito alla frana del monte Toc del 9 ottobre 1963, portate che sono poi scaricate a valle della diga da una galleria di sorpasso (by-pass) di circa 2400 m che sorpassa l'intero corpo della frana.

L'impianto ad acqua fluente in progetto prevedeva

- la costruzione di un'opera di captazione in corrispondenza del punto di scarico della galleria di sorpasso o by-pass;
- la formazione di una condotta forzata DN1100 dello sviluppo di 1500 m circa;
- la formazione di un edificio centrale in prossimità dello sbocco del T. Vajont sul F. Piave.

L'opera di presa in progetto si sarebbe configurata come una grande vasca di raccolta in calcestruzzo, a pianta rettangolare (dim. 18 x 4,80 m), da realizzarsi a ridosso della parete di roccia in corrispondenza del punto di scarico della galleria di sorpasso o by-pass in modo da raccogliere tutta l'acqua che vi defluiva.

Nel dettaglio il manufatto si sarebbe composto di tre parti:

- la vasca di captazione o raccolta (dim. utili in pianta 4 x 3 m);
- la vasca di sedimentazione, dotata di uno stramazzo di alleggerimento per il rilascio delle portate in eccesso;
- la vasca di carico dotata anch'essa di uno sfioratore laterale con la funzione di fissare e rendere costante il livello del pelo libero dell'acqua.

La vasca di sedimentazione sarebbe stata dotata di una paratoia per lo spurgo e per permettere un rilascio costante per tutto l'anno di 200 l/s al fine di tutelare l'ambiente e la salvaguardia dell'equilibrio ecologico e idrogeologico, dato che l'impianto avrebbe sotteso un tratto d'alveo di circa 1300 m.

Dalla vasca si sarebbe quindi sviluppata la condotta forzata che inizialmente avrebbe seguito il vecchio percorso del canale di derivazione dell'impianto idroelettrico della Cartiere di Verona (impianto dismesso a seguito della costruzione della diga sul finire degli anni 50), percorso realizzato in nicchia sulla parete strapiombante della forra del Vajont, per poi proseguire interrata dalla Località Sorapont fino al Ponte delle Roste sul T. Vajont, lungo la strada che conduce a Dogna, e quindi fino a una zona semipianeggiante ubicata in destra idrografica all'altezza della confluenza del torrente Vajont con il fiume Piave, area dove appunto sarebbe sorto l'edificio centrale, dimensionato per ospitare due turbine Pelton.

Secondo quanto riportato nel progetto, l'impianto in progetto, sfruttando un salto lordo utile di 164,37 m, avrebbe consentito una produzione media annua di circa 17.400.000 kWh.

5.2. Descrizione degli Aggiornamenti Progettuali

L'aggiornamento del progetto allegato all'istanza è stato appositamente studiato, concepito e sviluppato:

- per cercare di sfruttare le infrastrutture già esistenti (gallerie...);
- per rendere sicure e agevoli le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria;
- per non interferire con il funzionamento delle infrastrutture idrauliche (galleria di scarico, diga, opere varie di proprietà di Enel);
- ma soprattutto con l'intento di non arrecare deturpazione all'ambiente circostante e di rendere il tutto il più possibile integrato con le caratteristiche della zona in esame.

Sulla base di questi presupposti, rispetto al progetto originale, lo schema dell'impianto è stato completamente rivisto in modo da rendere minimo l'impatto sul paesaggio ma soprattutto sull'ambiente acquatico del torrente Vajont a valle della diga.

L'impianto in progetto infatti non creerà più sottensione d'alveo, si prevede infatti che le portate siano captate poco prima dello sbocco della galleria di sorpasso o by-pass, convogliate quindi, tramite una condotta forzata posta su di un pozzo verticale, verso la centrale di produzione prevista in caverna ai piedi della forra, e infine rilasciate nel torrente Vajont all'incile del piccolo laghetto che si è formato ai piedi della diga per effetto delle acque scaricate, in destra idrografica, dalla galleria di sorpasso e, in sinistra idrografica, dallo scarico di mezzo fondo che drena le acque di falda che scendono dal Monte Toc.

Per sfruttare in modo razionale la risorsa idrica il nuovo impianto è stato invece dimensionato:

- per captare una portata massima di $4,50 \text{ m}^3/\text{s}$, leggermente maggiore a quella originariamente richiesta di $4,00 \text{ m}^3/\text{s}$;
- in modo da rilasciare presso l'opera di captazione, soprattutto per motivi paesaggistici, una portata praticamente costante tutto l'anno di 50 l/s , sebbene l'impianto, come strutturato, non creerà sottensione di alveo e garantirà sempre la continuità idraulica.

Potendo disporre della serie quasi ventennale delle misure effettive di portata in transito nella galleria di scarico è stato possibile fare una valutazione attenta della risorsa idrica disponibile e determinare con precisione la portata di concessione (1.500 l/s) e, noto il salto lordo, la potenza di concessione valutata in $1.815,00 \text{ KW}$.

Il nuovo impianto, sfruttando un salto lordo $123,35^1 \text{ m}$, minore di 40 m rispetto a quello previsto nel progetto originario, garantirà una produzione media annua di $13.300.000 \text{ KWh}$, minore di quella del progetto originale, valore questo comunque di molto sopravvalutato perché dedotto sulla base di dati idrologici datati e sovradimensionati e senza tener in considerazione i valori aggiornati di MDV che una tale derivazione dovrebbe garantire.

Come già evidenziato, volendo rendere nulli gli impatti sul paesaggio locale, il manufatto di presa verrà realizzato in caverna in adiacenza alla galleria che conduce alla porta stagna di accesso alla galleria di sorpasso e non, come previsto nel progetto originale, a ridosso della parete di roccia in corrispondenza del punto di scarico della galleria di sorpasso o by-pass.

L'opera di captazione, prevista a quota $604,80 \text{ m s.l.m.}$, verrà effettuata quindi all'interno della galleria a 40 m circa dallo sbocco sulla forra; la presa, attraverso tre luci disposte ortogonalmente rispetto l'asse della galleria, di dimensioni $3 \times 1,5 \text{ m}$, luci che saranno presidiate da tre paratoie piane ad azionamento oleodinamico. Lungo la soglia di imbocco verrà posizionata una griglia metallica leggermente inclinata ($10-15^\circ$) con lo scopo di evitare l'entrata del materiale grossolano, soprattutto residui vegetali (rami, foglie, alberi...).

Per rendere funzionale l'opera sarà necessario, nella zona antistante la presa, risagomare il fondo della galleria in modo da creare una vasca di calma per rallentare e quindi captare l'acqua in arrivo dalla galleria di sorpasso: in particolare la geometria del sistema è stata studiata in modo che l'acqua, per portate in arrivo non superiori a $12-15 \text{ mc/s}$, si immetta nella vasca attraverso un piccolo salto che favorirà un rallentamento rapido e localizzato della corrente.

La vasca ad andamento degradante avrà uno sviluppo di 18 m circa, e una profondità media, rispetto il fondo della galleria, di $2,4 \text{ m}$, sarà inoltre dotata sul fondo di due bocche sghiaiatrici (quota $603,70 \text{ m s.l.m.}$) che immetteranno direttamente all'interno del manufatto dissabbiatore.

¹ la differenza tra i peli morti è invece di $125,05 \text{ m}$, essendo la quota del pelo morto superiore a $605,95 \text{ m s.l.m.}$ e la quota del pelo morto inferiore $480,90 \text{ m s.l.m.}$ - quota asse turbina $482,60 \text{ m s.l.m.}$

Le luci saranno presidiate da due paratoie piane (dim. 1,0 x 0,5 m) per:

- ✓ permettere l'allontanamento delle sabbie o ghiaie che si andranno a depositare (operazioni di sghiaimento e pulizia);
- ✓ per poter mettere in secca il tratto terminale della galleria di sorpasso (per portate in arrivo inferiori a 7-8 mc/s) e quindi permettere al personale l'accesso in sicurezza all'area di presa (lato galleria) per eventuali operazioni di manutenzione della struttura.

La portata in ingresso all'opera di presa sarà regolata dal sistema di controllo che, attraverso le letture degli idrometri e dei misuratori di portata posti in galleria e all'interno del manufatto, andrà ad agire sul grado di apertura delle spine delle macchine di centrale e contemporaneamente sul grado di apertura delle paratie a presidio dell'opera di presa in modo da limitare a un massimo di 4,5 m³/s la portata massima in ingresso (portata massima di concessione).

Presso l'opera di presa si potranno determinare tre possibili configurazioni di funzionamento

1. Portata a monte dell'opera di captazione inferiore a 0,2 mc/s;

- ✓ *se lo strumento di misura delle portate, posto sulla galleria di derivazione una decina di metri a monte dell'opera di captazione, dovesse rilevare il verificarsi di tale situazione, il sistema di controllo determinerebbe la chiusura delle paratoie a presidio dell'opera di captazione, in quanto le portate derivate non sarebbero sufficienti a far funzionare in modo corretto le turbine in centrale. **La portata in arrivo verrebbe totalmente rilasciata sulla forra attraverso lo sbocco della galleria di sorpasso.***

2. Portata a monte dell'opera di captazione maggiore di 0,2 mc/s e minore di 4,5 mc/s;

- ✓ *con portate in arrivo maggiori di 0,2 mc/s e minori di 4,5 mc/s tutta l'acqua in arrivo verrebbe intercettata dall'opera di presa e convogliata verso il manufatto dissabbiatore-vasca di carico. In questa configurazione il livello che si instaurerà presso l'imbocco dell'opera di presa, funzione delle portate in arrivo e del livello preimpostato dal sistema di controllo del pelo morto superiore (605,95 m s.l.m.), risulterà sempre inferiore alla quota del fondo galleria nel punto in cui termina il bacino di calma delle portate in arrivo (606,12 m s.l.m.), pertanto il tratto terminale della galleria di sorpasso cesserà di essere alimentato dalle portate del lago residuo: per una portata derivata di 4,5 mc/s il livello che si instaurerà presso l'imbocco dell'opera di presa sarà di 606,12 m s.l.m. pari quindi alla quota del fondo galleria nel punto in cui termina il bacino di calma delle portate in arrivo. **Comunque in ogni condizione il sistema di captazione garantirebbe, attraverso la luce a battente presente all'interno del dissabbiatore, il rilascio di una portata costante tutto l'anno sulla forra di 50 l/s.***

3. Portata a monte dell'opera di captazione maggiore di 4,5 mc/s;

- ✓ con portate in arrivo maggiori di 4,5 mc/s presso l'opera di presa si instaurerebbe un livello tale per cui quota parte dell'acqua in arrivo comincerebbe a defluire verso lo sbocco della galleria di sorpasso, rimpinguando la portata di 50 l/s rilasciata sulla forra direttamente dal dissabbiatore attraverso il canale di scarico. La limitazione delle portate in ingresso all'opera di derivazione e il rispetto del valore massimo di portata di concessione (4,50 m³/s) sarà affidata al sistema di controllo che, sulla base delle letture della strumentazione (idrometri, stratigrafi...) posizionata presso il nodo idraulico dell'opera di presa, determinerà la chiusura parziale o all'occorrenza totale della paratoia posta a presidio dell'imbocco al dissabbiatore. Tale sistema garantirà pertanto, oltre alla corretta gestione del nodo idraulico, soprattutto il rispetto dei termini di concessione.

L'acqua captata dall'opera di presa laterale posta appunto in galleria si immetterà quindi nel sistema dissabbiatore-vasca di carico realizzato interamente in caverna.

Il manufatto, di pianta rettangolare, avrà una larghezza utile di 6,5 m, uno sviluppo longitudinale complessivo di 40 m circa e una altezza variabile da 6 a 9,5 m.

Nel suo complesso il manufatto risulterà essere composto:

- da una zona di raccordo con l'opera di presa;
- dal dissabbiatore;
- da una vasca di carico.

La zona di raccordo con l'opera di presa presenterà uno sviluppo longitudinale di circa 8,0 m, sarà caratterizzata da fondo leggermente degradante che avrà il compito di rallentare progressivamente la velocità della corrente in arrivo.

Seguirà poi il dissabbiatore caratterizzato da uno sviluppo di 23 m circa e dotato di un fondo degradante per raccogliere i sedimenti che verranno periodicamente allontanati tramite l'azionamento di una saracinesca a comando oleodinamico posta a presidio della luce di scarico: l'acqua in uscita sarà convogliata su un canale di scarico (diametro 1 m) il cui sbocco è previsto direttamente sulla forra in asse con lo scarico della galleria di sorpasso a una quota di 600 m circa.

Attraverso il canale di scarico sarà rilasciata una portata costante tutto l'anno di circa 50 l/s per mantenere, anche se su scala più ridotta, la cascata attualmente generata dall'acqua in uscita dalla galleria di sorpasso: la portata sarà rilasciata attraverso una luce fissa posta in adiacenza alla paratoia dissabbiatore.

La luce di efflusso, di dimensioni 20 x 8 cm, funzionerà a battente a carico praticamente costante e sarà ricavata su di una piastra di acciaio (sp. 1 cm) che andrà a chiudere un foro rettangolare ricavato sulla parete del dissabbiatore di 40 x 20 cm: in tal modo la luce risulterà facilmente adattabile qualora le Autorità Competenti richiedessero il rilascio di una portata maggiore ai 50 l/s previsti nel progetto.

La piena funzionalità della luce sarà garantita:

- dalla sua posizione, prevista a 50 cm dal fondo per evitare in tal modo che materiale o sabbie possano provocare nel tempo l'ostruzione;
- dal sensore di livello sabbie e ghiaie che monitorerà in continuo lo stato del dissabbiatore: il sistema di controllo, qualora rilevasse sul fondo un livello delle ghiaie superiore a 30 cm, azionerebbe il ciclo di autopulizia per prevenire possibili ostruzioni della luce.

L'accesso al dissabbiatore sarà garantito da una porta stagna di dimensioni indicative 2,4 x 3 m e da un sistema di scale e passerelle interne in grigliato che permetteranno di raggiungere agevolmente le parti sensibili del manufatto.

Il dissabbiatore risulterà contiguo alla vasca di carico, da cui si dipartirà la condotta forzata, e ne risulterà separato tramite una soglia sagomata in c.a. (quota ciglio 605,25 m s.l.m.).

L'accesso dell'acqua alla vasca di carico avverrà attraverso un sifone al cui interno verrà posizionata una griglia orizzontale a maglie fini per evitare l'ingresso di foglie o altro materiale che potrebbe danneggiare le turbine in centrale; la griglia risulterà autopulente e la pulizia sarà gestita da un sistema automatico di controllo sulla base delle misure di livello differenziale del pelo libero dell'acqua a monte e valle della briglia (*qualora si dovesse rilevare una differenza accentuata dei livelli il sistema di controllo determinerebbe il fuori servizio dell'impianto e la successiva apertura della paratoia di scarico del dissabbiatore: in tal modo il materiale flottante che determinava l'ostruzione della griglia cadrebbe per gravità e sotto il peso dell'acqua sul fondo del dissabbiatore per essere poi eliminato attraverso il canale di scarico*).

La portata massima che accederà alla camera di carico dovrà essere pari alla portata massima di concessione, ossia di 4,5 m³/s.

La quota del pelo libero all'interno della vasca di carico risulterà essere costante per le diverse condizioni di carico e ciò sarà garantito dalla regolazione dell'apertura del distributore della turbina in centrale e favorito dalla capacità di invaso del manufatto (240 m³).

Poiché per scelta progettuale il pelo libero nella vasca di carico è stato fissato alla quota di 605,95 m s.l.m., la geometria del sistema sarà tale che l'efflusso tra il dissabbiatore e la vasca di carico avverrà con uno stramazzo rigurgitato.

La vasca di carico avrà dimensioni in pianta 6,5 x 6,5 m tali da garantire un carico idraulico il più possibile costante (5,6 m) o comunque tale da non far insorgere, all'interno della tubazione, la formazione di bolle d'aria.

L'imbocco della condotta è previsto sul fondo della vasca e risulterà essere opportunamente sagomato per ridurre le perdite di carico localizzate.

La condotta verrà messa in opera lungo un pozzo verticale dello sviluppo di 120 m circa, pozzo che sarà realizzato con la tecnica del Raise Boring.

La condotta forzata da porre in opera verrà realizzata con tubazioni in acciaio DN1100 spessore minimo di 8 mm e sarà caratterizzata da uno sviluppo complessivo di 125 m.

Attiguo al manufatto vasca di carico sarà realizzato un vano dove troverà posto il pozzo verticale di accesso alla centrale in caverna.

Come per l'opera di presa la scelta progettuale di realizzare un pozzo è nata dalla volontà di cercare di sfruttare nel modo più razionale le infrastrutture già esistenti; l'alternativa progettuale sarebbe stata quello di realizzare ex-novo la viabilità sul greto del torrente, intervento che avrebbe permesso di sfruttare in parte le gallerie già presenti ma che avrebbe comportato la formazione di nuovi tratti di strada, in parte in galleria, per uno sviluppo di circa 1.200-1.300 m.

Si è optato quindi per una soluzione già ampiamente usata negli impianti idroelettrici (es. impianto Idroelettrico Enel di Pelos), soluzione che quindi renderà minimo l'impatto paesaggistico sullo stato dei luoghi.

Il pozzo del diametro di 5 m verrà realizzato con la tecnica del Raise Boring e sarà messo in sicurezza con l'utilizzo di chiodature e la stesa di spritz beton.

Per permettere un accesso agevole al pozzo ai mezzi che opereranno nell'impianto, il vano che lo ospiterà avrà una dimensione in pianta di 10,5 x 7,4 m ed una altezza utile di 6,8 m e sarà collegato direttamente alla galleria principale (sez. 4 x 4 m) di accesso all'area: per permettere ai mezzi in arrivo una facile manovrabilità, poco prima dell'accesso al vano è prevista una leggera risagomatura della galleria.

Il vano sarà dotato di un carroponete da 30 tn per permettere la movimentazione anche delle opere maggiormente ingombranti e pesanti (alternatori).

Sul pozzo troverà posto anche un piccolo ascensore a cremagliera per consentire al personale, in tutta sicurezza, di accedere alla centrale di produzione.

La centrale di produzione sarà realizzata in caverna e risulterà accessibile, come già evidenziato, dal pozzo verticale e anche da una galleria a sezione rettangolare che dovrà essere realizzata in

derivazione dalla galleria esistente (4 x 4 m) che costeggia in destra idrografica il greto del torrente Vajont, galleria che per l'appunto è stata costruita in occasione della realizzazione della diga.

La costruzione della galleria di accesso, caratterizzata da una sezione 4 x 4 m e uno sviluppo di circa 80 m, risulterà essere indispensabile sia per permettere la costruzione della centrale in caverna sia per poter poi allontanare il materiale di smarino che deriverà dalla formazione del pozzo di carico e del pozzo per la posa della condotta forzata.

Una volta completato l'impianto e dismessa quindi la pista di cantiere in alveo, l'accesso diretto alla centrale potrà avvenire solo attraverso il pozzo e non più attraverso la galleria di accesso alla centrale.

La centrale di produzione, come anche la galleria di accesso, verrà realizzato con metodi di scavo tradizionali e con l'impiego di dinamite.

La centrale avrà dimensioni finite in pianta di 27,10 x 14 m e presenterà un soffitto a cupola caratterizzato da un'altezza massima di 10 m.

Per razionalizzare l'utilizzazione delle risorse idriche del bacino del torrente Vajont il progetto prevede l'utilizzo di due turbine Pelton a 6 getti con accoppiato un alternatore ad asse verticale della potenza di 3.000 KVA (6,3 KV) raffreddato ad acqua.

L'acqua in uscita dalle giranti verrà convogliata su di un canale, realizzato sulla fondazione della centrale, caratterizzato da una larghezza di 2 m ed una altezza 1,3 m, canale che si collegherà poi, a quota 480 m s.l.m. con la condotta di scarico in calcestruzzo circolare DN 1400.

La condotta, caratterizzata da una lunghezza di circa 55 metri, scaricherà quindi l'acqua sul torrente Vajont a quota 479 m s.l.m. all'incile del piccolo laghetto, formatosi ai piedi della diga, alimentato dalle acque che fuoriescono dalla galleria di by-pass in destra e dalla galleria di scarico di mezzo fondo della diga in sinistra (evitando in tal modo sottensione di alveo).

L'opera di scarico verrà realizzato con la tecnica del Raise Boring, procedura che prevede dapprima la formazione di un foro pilota e successivamente l'alesatura fino al diametro di progetto.

Sulla centrale troveranno posto, naturalmente oltre alle turbine, tutti i quadri elettrici di servizio (BT e MT), e il sistema di controllo dotato anche della modalità di collegamento telefonico di allarme e trasmissione dati, i trasformatori invece, come già fatto notare, verranno collocati in una apposita nicchia all'imbocco della galleria di ingresso alla centrale.

I due trasformatori da 3.150 KVA verranno invece posizionati, per ragioni di sicurezza, in una apposita nicchia (6x3x3,5 m) realizzata all'imbocco (lato torrente) della galleria di accesso alla centrale.

In centrale verrà realizzato anche un apposito locale sopraelevato dove verranno installati i sistemi di controllo locale.

La sala macchine, ospiterà un carroponte (30 tn) per permettere la movimentazione delle apparecchiature più pesanti, e sarà equipaggiata di impianti di illuminazione interna ed esterna, tutti dotati di messa a terra secondo la normativa vigente.

Per connettere l'impianto idroelettrico alla rete nazionale di distribuzione elettrica in media tensione (20 kV) il progetto prevede la realizzazione di una nuova cabina di consegna e trasformazione in entra/esce prefabbricata nei pressi della strada statale della Val di Zoldo e Val Cellina, cabina che molto probabilmente sarà collegata in antenna con una cabina secondaria presente in zona.

La soluzione di connessione alla Rete MT è stata studiata:

- per sfruttare le caratteristiche della rete in MT nell'area di intervento, in modo da contenere le opere necessarie all'impianto di connessione ed evitare soluzioni che avrebbero determinato problematiche sotto l'aspetto tecnico (formazione di cavidotti lungo la viabilità principale con possibilità di intercettazione di sotto-servizi, quali gas, acquedotto...) o disagio alla popolazione locale (disagi nella viabilità e nelle attività antropiche...);
- per garantirà l'accessibilità del Gestore della Rete M.T. al punto di consegna per tutto il periodo dell'anno;
- per rendere minimale l'impatto delle opere sul paesaggio e sull'ambiente.

Per effettuare la connessione con la rete MT si prevede quindi:

LINEA MT CENTRALE-PUNTO DI CONSEGNA

- I. la formazione di una mensola dove posare i cavi (in alternativa apposita canaletta realizzata sulla fondazione) dal quadro MT di centrale fino al pozzo verticale che collega la centrale in caverna conduce con il dissabbiatore (Lunghezza 30 m circa, altezza mensola da terra >2,5 m);
- II. la formazione di un apposito cavidotto DN160 lungo il pozzo verticale che collega la centrale in caverna con il dissabbiatore (Lunghezza 130 m circa);
- III. la formazione di un secondo e terzo cavidotto DN160 lungo il pozzo verticale che collega la centrale in caverna con il dissabbiatore dove posizionare il cavo di BT ed i cavi di segnale (Lunghezza 130 m circa);
- IV. la formazione lungo la galleria di accesso al dissabbiatore di una mensola dove posare i cavi MT (Lunghezza 510 m circa, altezza mensola da terra >3,5 m);
- V. la formazione lungo la galleria di accesso al dissabbiatore di una mensola dove posare i cavi BT ed il cavo di segnale (Lunghezza 520 m circa, altezza mensola da terra >2,5 m);

- VI. la formazione di un doppio cavidotto interrato (BT-MT) caratterizzato da uno sviluppo complessivo di 370 m che dall'ingresso della galleria si svilupperà su strada fino alla cabina di consegna;

PUNTO DI CONSEGNA²

- I. la formazione di una cabina di consegna e trasformazione in entra/esce con struttura prefabbricata (con annesso Locale Misure e Locale Utente);

LINEA DISTRIBUZIONE MT³

- I. il collegamento in antenna con una cabina secondaria presente in zona mediante la realizzazione di una linea in cavo sotterraneo Al 185 mmq dello sviluppo di 15 m circa su terreno naturale (doppia terna nel medesimo scavo;
- II. interventi sulla rete esistente, nel dettaglio la formazione di giunti di inserimento in rete per la soluzione di connessione cabina di consegna con entra-esce in cavo interrato.

Come evidenziato per connettere l'impianto alla Rete di Distribuzione Nazionale in MT è prevista la realizzazione di una nuova cabina di consegna e trasformazione in entra/esce prefabbricata.

Il locale prefabbricato Enel dovrà garantire le prescrizioni previste dalla specifica Enel DG2092, in particolare:

- un accesso diretto e indipendente da via aperta al pubblico, sia per il personale che per un autocarro di portata media con gru, peso a pieno carico < 24T per il trasporto delle apparecchiature;
- una adeguata ventilazione, di regola a naturale circolazione di aria, dotando il locale di opportune aperture in grado di garantire un grado di protezione IP 33;
- una affidabile impermeabilità dell'intera struttura, in modo da non essere soggetti ad allagamenti o infiltrazioni d'acqua;
- la non fuoriuscita verso l'esterno del locale dell'olio eventualmente sversato dal trasformatore;
- la non propagazione di fumi, fiamme e calore all'esterno.

La cabina Enel, dotata di apposito vano misure, sarà caratterizzata indicativamente da una dimensione netta interna di 6,53 x 2,3 m (altezza utile interna 2,5 m).

Annessa alla cabina Enel verrà posizionato anche la Cabina "Utente" realizzata anch'essa in pannelli componibili: il manufatto, che avrà le medesime caratteristiche dimensionali della cabina

² La soluzione proposta risulta essere indicativa in quanto sarà Enel a proporre la soluzione di allaccio più opportuna.

³ La soluzione proposta risulta essere indicativa in quanto sarà Enel a proporre la soluzione di allaccio più opportuna.

Enel, verrà posizionato dirimpetto alla cabina di consegna in modo da rendere la struttura più compatta, meno ingombrante e in modo da facilitare i collegamenti elettrici.

Per meglio inserire l'opera nel contesto ambientale e rendere più armonioso il manufatto con il paesaggio circostante è previsto il rivestimento della muratura esterna.

Il collegamento in antenna dalla cabina secondaria MT/BT verrà effettuata con molta probabilità mediante la realizzazione di un apposito cavidotto interrato.

Considerando la tipologia del terreno, la destinazione d'uso delle strade presenti nell'area in esame e in conformità con quanto prescritto dalla normativa elettrica CEI 11-17 sulla posa dei cavidotti in media tensione (da qui in poi MT), i cavi saranno collocati all'interno di una tubazione rigida in materiale plastico, a sua volta interrato in una canalizzazione tipo B (solitamente prevista per posa al di sotto di strade pubbliche); la profondità minima di scavo all'estradosso della tubazione risulterà pertanto non inferiore ad 1,00 m.

Nel complesso l'opera sarà pertanto costituita, come evidenziato in figura, da:

1. una protezione meccanica del cavidotto costituita da tubo rigido in HDPE.
2. un letto in sabbia per l'alloggiamento e la stabilizzazione della tubazione.
3. uno strato di riempimento costituito da inerte (terra di scavo).
4. un manto superficiale di stabilizzato/terra.

Di seguito riportiamo una tabella con riassunti i dati caratteristici dell'impianto in progetto.

caratteristiche riassuntive impianto idroelettrico		
corso d'acqua	Torrente Vajont	
comuni interessati dall'impianto	Erto e Casso (PN)	
quota pelo morto superiore	605,95	(m s.l.m.)
quota asse turbina	482,60	(m s.l.m.)
salto di concessione	123,35	(m)
portata media di concessione	1,50	(m³/s)
portata massima di concessione	4,50	(m ³ /s)
portata minima di concessione	0,20	(m ³ /s)
portata rilasciata	0,050 (rilasciata per la cascata) l'impianto per come conformato non produrrà sottensione d'alveo	(m ³ /s)
potenza nominale	1.815,00	(kW)
producibilità annua	13.300,00	(MWh/anno)
n. gruppi elettromeccanici	IMPIANTO IDROELETTRICO SENZA SOTTENSIONE D'ALVEO 2 Turbine Pelton Gemelle a 6 Getti ad Asse Verticale	

Seguono le immagini più significative del progetto, rimandando alle tavole grafiche allegate per ogni ulteriore dettaglio.

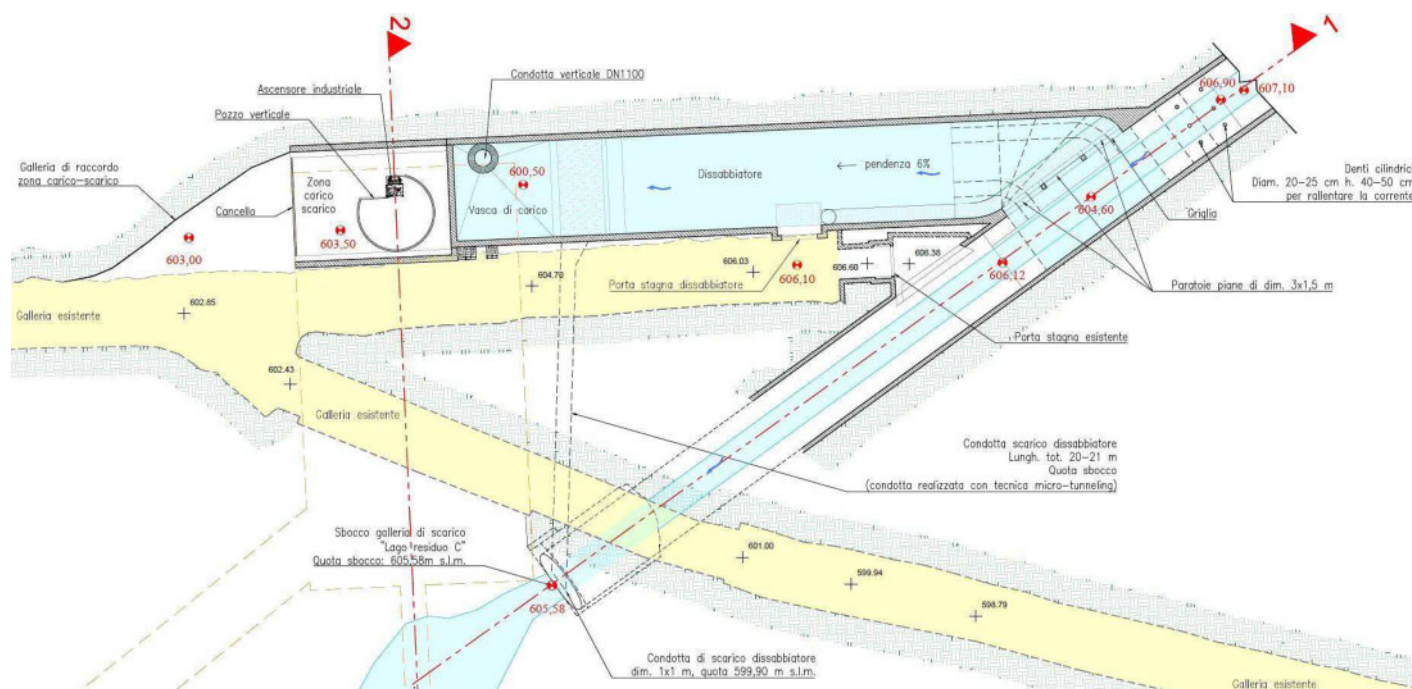


Figura 14: Planimetria particolareggiata dell'opera di presa: in primo piano il tratto terminale della galleria di sorpasso e l'opera di captazione dell'impianto in progetto.

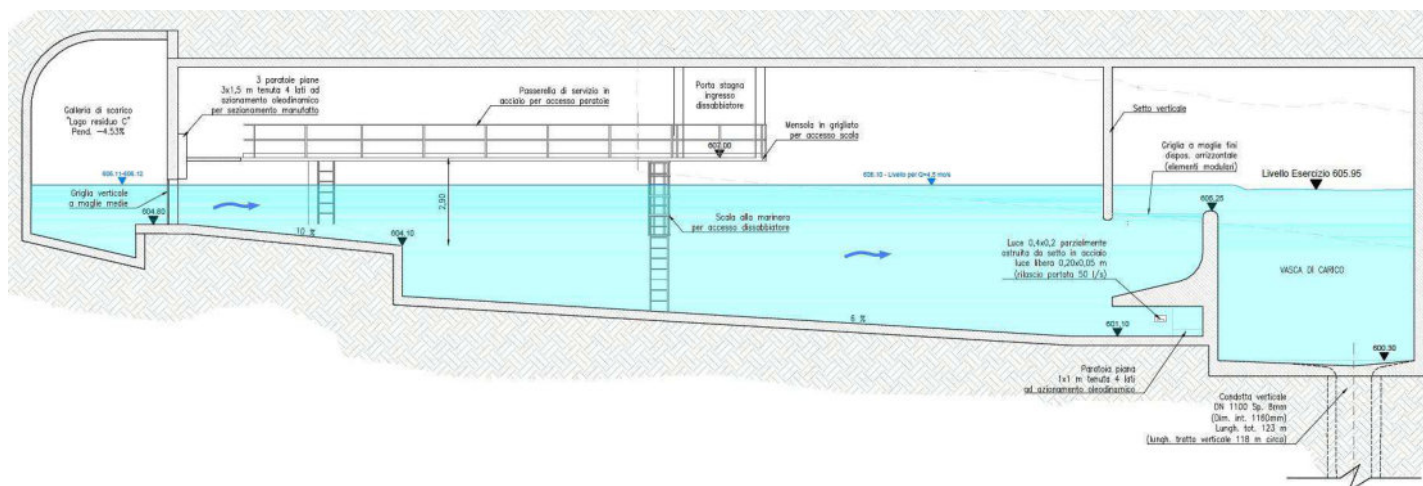


Figura 15: Sezione di dettaglio del manufatto di captazione: si possono notare l'opera di presa in galleria, il dissabbiatore e la vasca di carico da cui si sviluppa la condotta forzata su pozzo verticale.

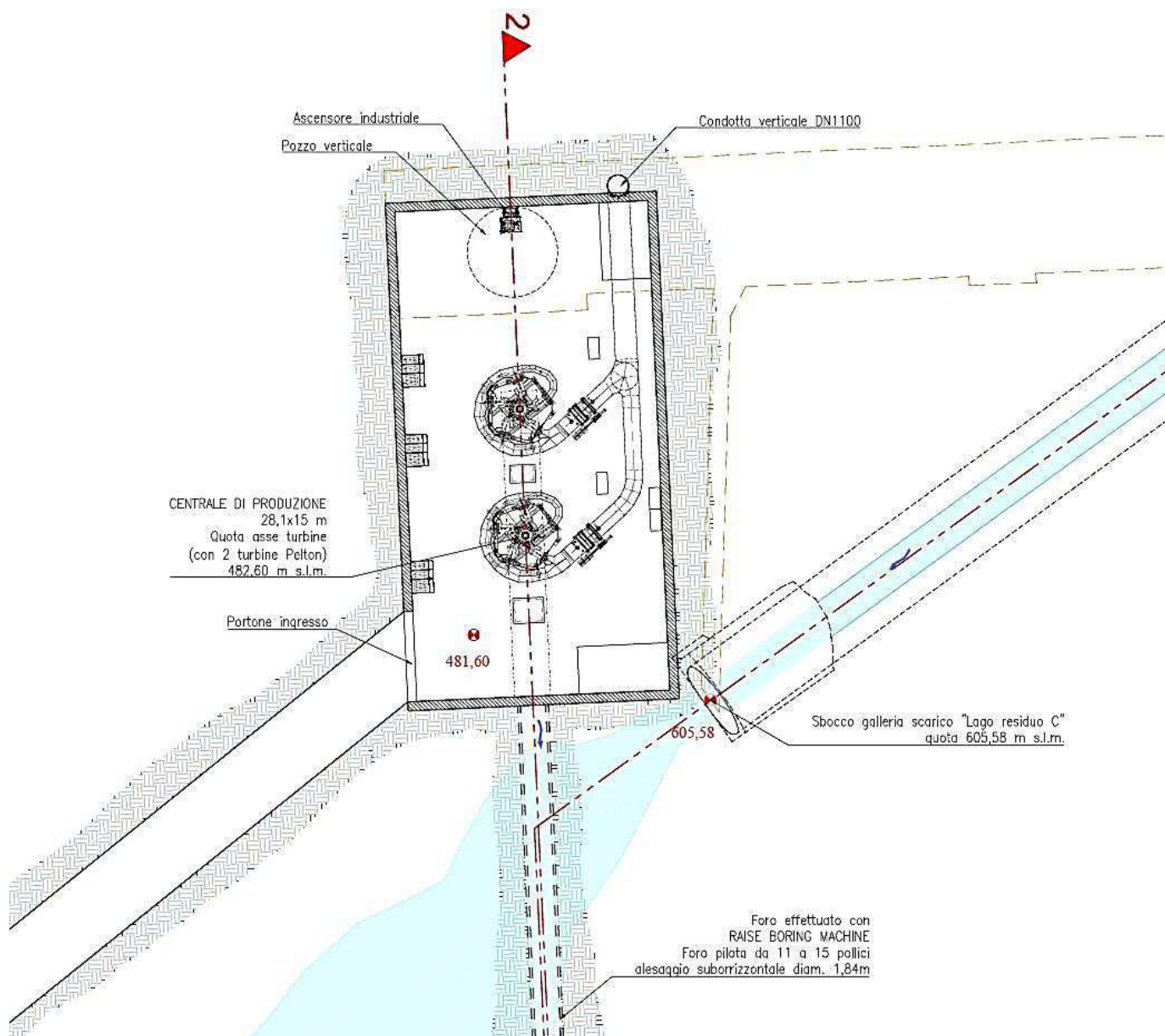


Figura 16: Pianta dell'edificio centrale: si può notare il pozzo verticale di accesso all'edificio ($D = 5\text{ m}$), il pozzo della condotta forzata DN1100, la condotta di scarico e la galleria di accesso. Presso l'edificio saranno installate due turbine Pelton a 6 getti ad asse verticale accoppiate con generatori sincroni della potenza ciascuno di 3.000 KVA.

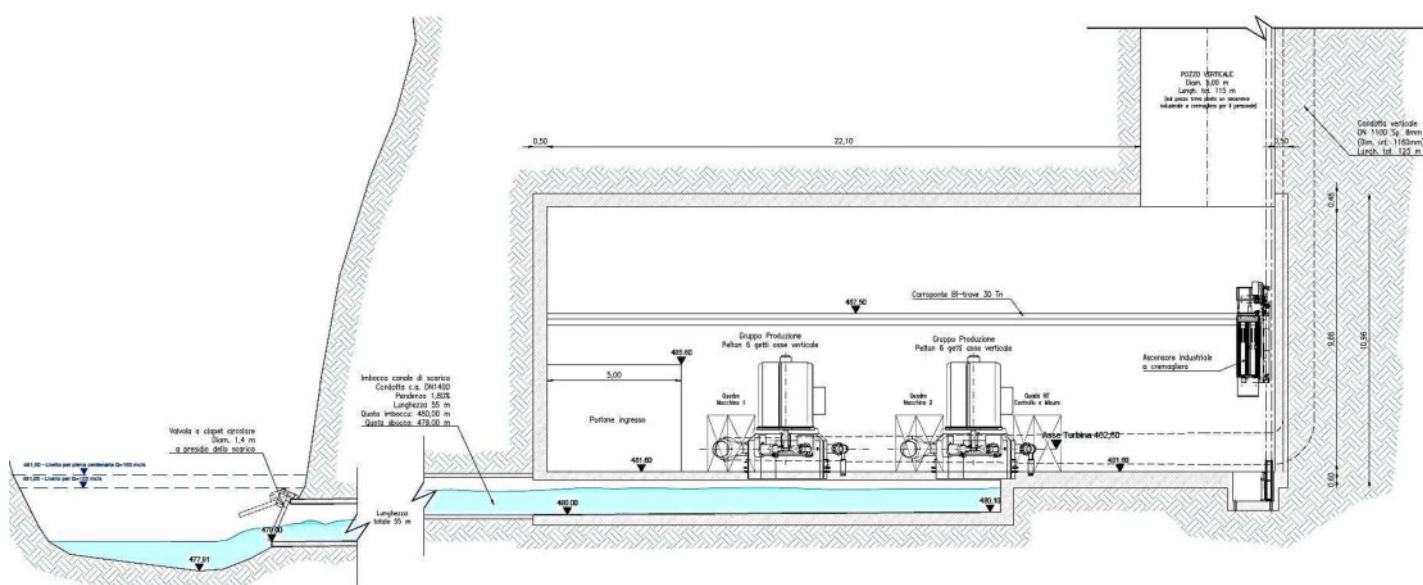


Figura 17: Sezione dell'edificio centrale con indicate le due turbine Pelton, il condotto di scarico fino all'alveo del torrente Vajont e il pozzo di servizio con ascensore industriale a cremagliera.

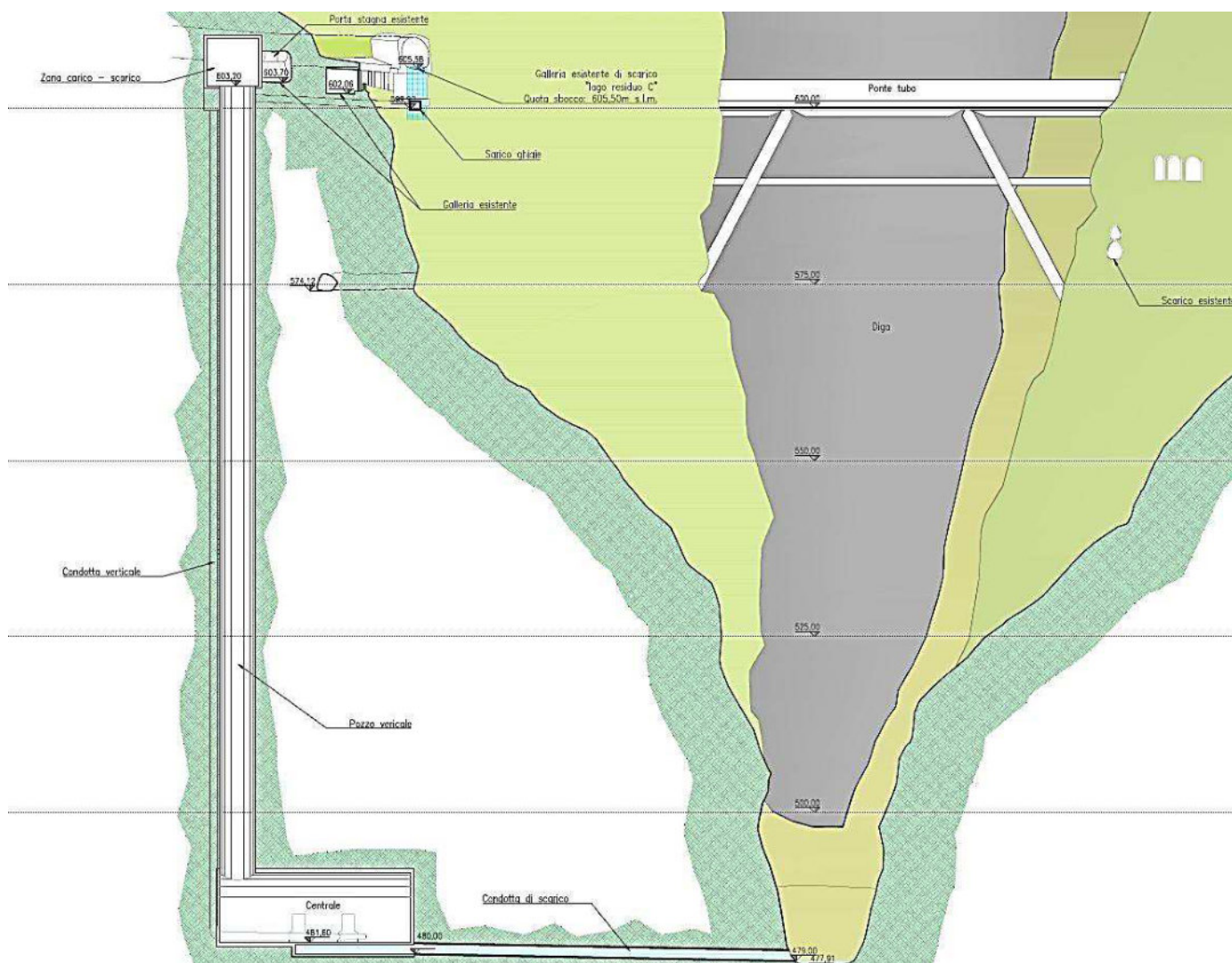


Figura 18: Schema dell'impianto: spaccato della forra del Vajont con evidenziata l'ubicazione dell'impianto in progetto. Si può vedere come tutte le opere siano previste in caverna.

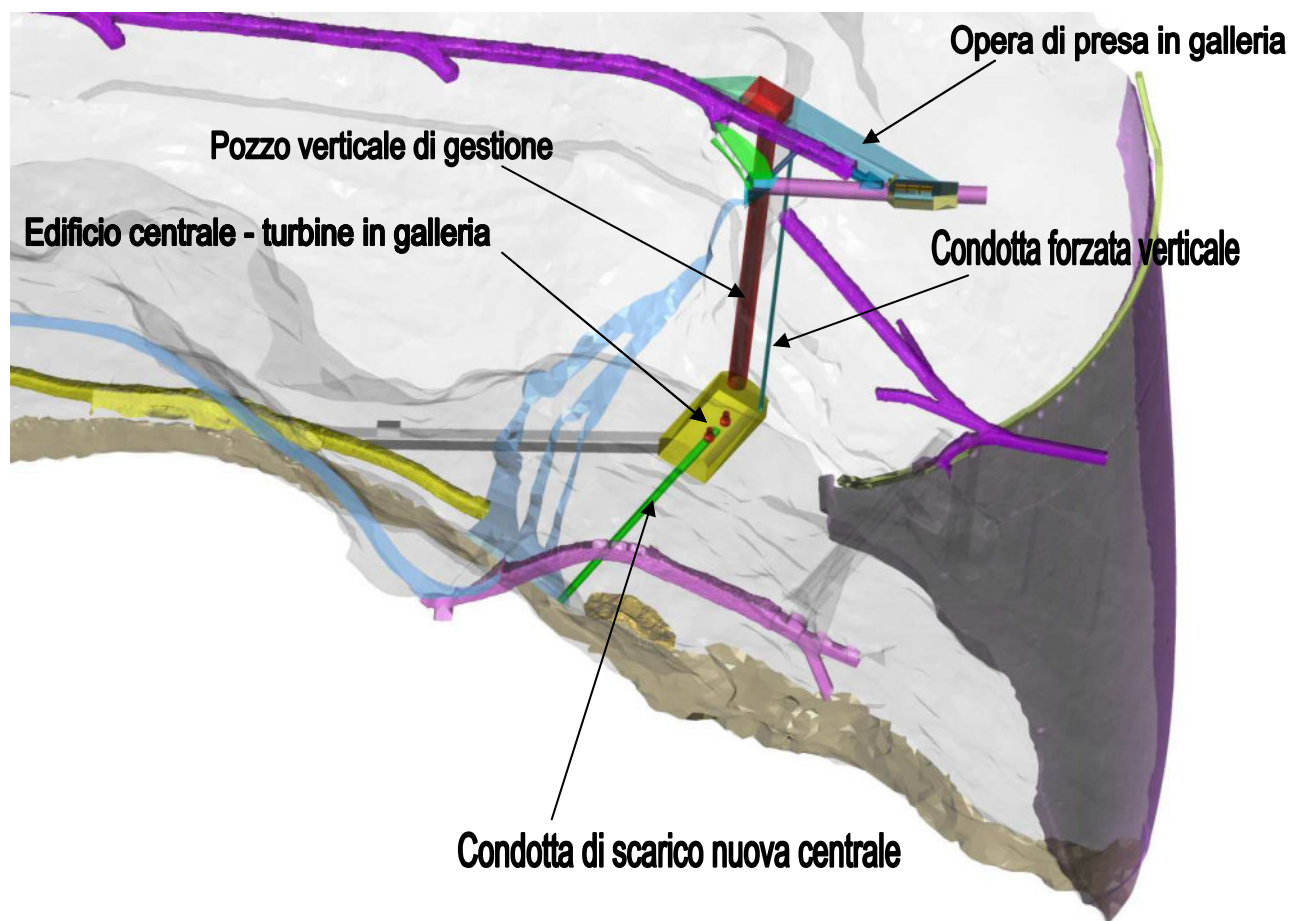


Figura 19: Simulazione visiva di progetto in trasparenza dell'impianto con indicate le opere principali

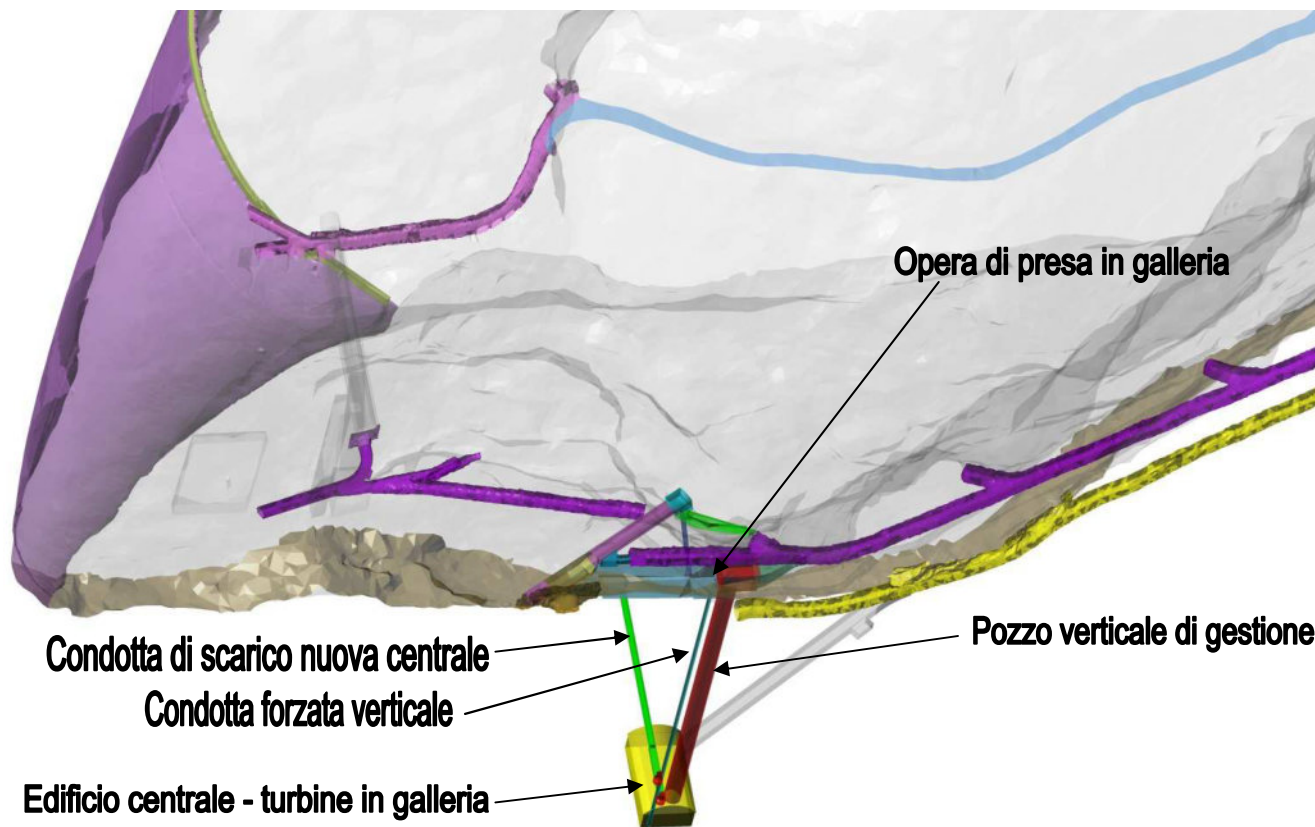


Figura 20: Simulazione visiva di progetto in trasparenza dell'impianto con indicate le opere principali

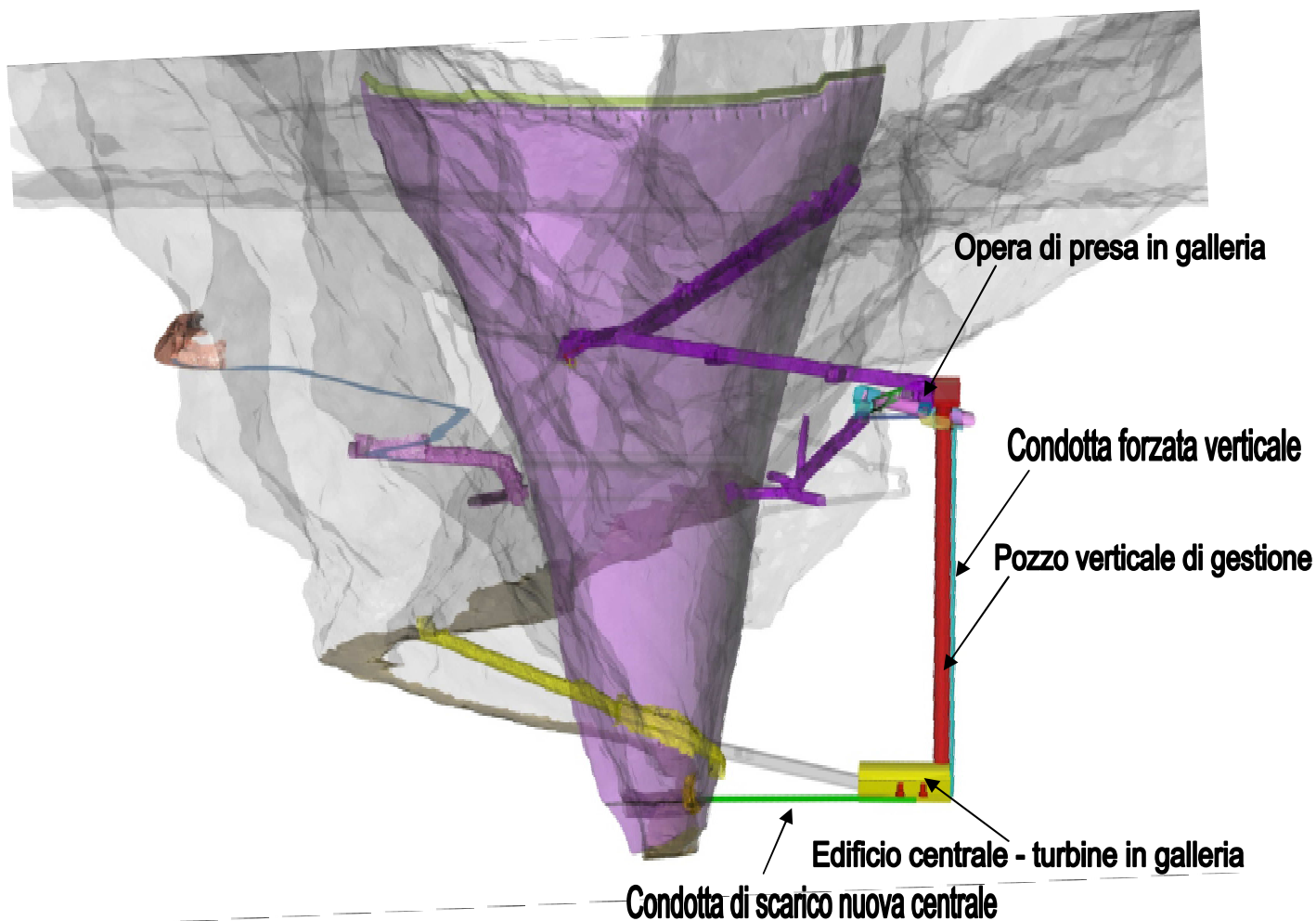


Figura 21: Simulazione visiva di progetto in trasparenza dell'impianto con indicate le opere principali

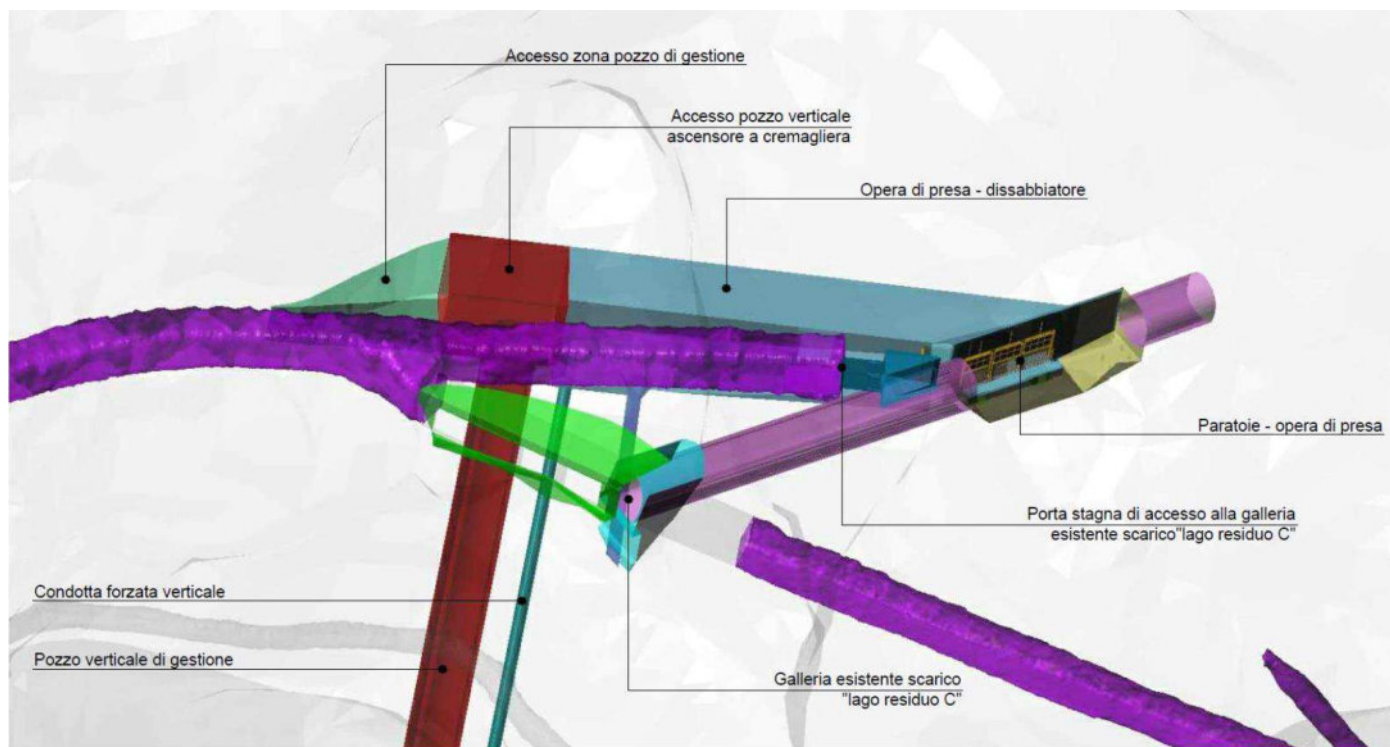


Figura 22: Simulazione visiva di progetto in trasparenza dell'impianto: particolare dell'opera di presa in galleria

6. Cantierizzazione

Le opere in progetto sono da realizzarsi interamente entroterra, in caverna. L'accessibilità ai luoghi dell'opera di presa è garantita dalle gallerie di servizio predisposte da ENEL per la manutenzione della diga del Vajont e di tutte le opere di regolazione idraulica a essa collegate.

Per quanto riguarda l'edificio della centrale, in cui troveranno alloggio le due turbine Pelton ad asse verticale, occorrerà procedere al tracciamento di una pista di cantiere lungo la sponda destra del torrente Vajont, nel tratto del fondovalle compreso tra l'impianto e la S.P. 251 (Figura 23).

Cantiere dell'opera di presa: l'accesso all'area dell'opera di presa avverrà dalla S.P. 251, ovvero dal tornante a quota 605 m s.l.m. che risale la valle del fiume Piave in direzione del comune di Erto e Casso: da questo bivio si imbecca una viabilità locale che conduce, dopo circa 800 metri, alle gallerie di servizio dell'ENEL scavate interamente in roccia prive di rivestimenti autoportanti.

La carreggiata è larga mediamente 6 metri e dunque adatta al transito di autocarri e di mezzi di cantiere: il percorso, nei primi 250 metri, è in discesa, per poi riportarsi con una salita alla quota del canale di scarico, ovvero della porta stagna (606,60 m s.l.m.) dopo aver percorso altri 270 metri.

In quest'area è previsto lo scavo del nuovo camerone per l'alloggiamento delle opere annesse alla presa (dissabbiatore, vasca di carico); lo scavo si effettuerà procedendo con uno svaso a partire dalle pareti della galleria esistente, per una profondità variabile dai 4 ai 7 metri e una lunghezza di circa 40 metri, fino a intercettare la sezione dello scarico della galleria di sorpasso del "lago residuo C".

Vista l'impossibilità di utilizzare materiali esplosivi per non danneggiare le infrastrutture già esistenti, le operazioni di escavo per consentire la costruzione del manufatto dissabbiatore e dell'annesso locale, dove troverà posto il pozzo verticale di accesso alla centrale di produzione, verranno effettuate mediante l'utilizzo di SUPERWEDGE e martello idraulico demolitore.

Nel dettaglio le operazioni di scavo riguarderanno:

- I. la formazione della "rinora", a diametro 350-400 mm (perforazione centrale all'area di scavo per consentire il distacco dei successivi blocchi);
- II. la perforazione mediante Jumbo Elettroidraulico di fori diam. 76 mm con maglia 50 x 50 cm;
- III. lo scavo in avanzamento di circa 80 cm mediante inserimento di punta SUPERWEDGE nei fori precedentemente scavati e distacco di roccia per espansione;

- IV. l'eliminazione dei blocchi di roccia residui e disgaggio della parete di scavo mediante utilizzo di escavatore cingolato munito di martello idraulico;
- V. lo smarino con pala gommata e trasporto nell'ambito del cantiere.

Il volume di escavo è stato valutato in circa 3.700 m³.

Per la realizzazione dei manufatti in condizioni standard, lavorando mediamente 22 h/g per 6 gg/settimana, si prevede un avanzamento medio dello scavo di poco meno di 60 mc/g, per cui i tempi per la realizzazione dello scavo e per la sua messa in sicurezza sono stimabili in circa 70-80 giorni.

Il volume di risulta prodotto giornalmente risulterà esiguo, 50÷60 m³ (150÷160 tn/giorno), pertanto utilizzando per il trasporto al sito di stoccaggio veicoli con capacità massima di 6-8 m³ si prevedono 8÷10 viaggi al giorno di andata al sito di stoccaggio.

È auspicabile che il materiale di escavo, viste le sue ottime caratteristiche geomeccaniche, venga ceduto a qualche azienda che opera nel settore della lavorazione degli inerti.

Le caratteristiche della roccia nella zona di intervento faranno sì che lo scavo in oggetto rientrerà nella Classe "I-II".

Poiché il programma di dettaglio di tali lavori dovrà basarsi, in sede di progetto esecutivo, su uno specifico approfondimento di carattere geomeccanico sulla distribuzione dei sistemi di discontinuità e sulle caratteristiche di deformabilità e di resistenza dell'ammasso roccioso, in sede di progetto definitivo, nel dimensionare l'opera (e quindi anche nel redigere il computo metrico estimativo ed il quadro economico di dettaglio) è stata presa in esame la situazione più sfavorevole a cui si potrebbe andare incontro tra quelle presentatesi e vagliate nello studio geologico.

La decisione di operare in tal senso è stata presa al fine di scongiurare, in fase di progetto esecutivo, variazioni sostanziali a quanto proposto in questa sede.

Si ricorda comunque che nella forra del Vajont, in rocce simili a quelle interessate dalle opere in sotterraneo in progetto, sono già presenti infrastrutture del tutto simili a quelle in progetto.

Per la realizzazione dei manufatti e per la loro messa in sicurezza, in fase di progettazione definitiva e di composizione del quadro economico è stato previsto quanto segue:

- *Ricorso a bullonatura sistematica radiale* - è stata considerata la messa in posa di tiranti in barre tipo diwidag con espansore, della lunghezza di 6-8 m in posizione rigorosamente radiale, in raggiere con il centro sull'asse della galleria disposte su un piano normale alla stessa, possibilmente sfalsate fila a fila, con un'apertura 2x60° rispetto alla mezzeria (data l'intensa azione di bullonaggio in questa classe è frequente l'impiego di una bullonatrice automatica, in grado di inserire un bullone da 6-8 m in ca. 6-8 minuti);

- *Utilizzo di Spritz-beton fibrorinforzato sull'intera superficie di scavo (si è optato per uno spessore di 5 cm);*
- *Messa in posa di centinatura* – sebbene il ricorso alla centinatura sia richiesto in caso di scavo con presenza di roccia scadente, nel presente progetto è stata prevista la posa di centine reticolare a tre ferri longitudinali (una ogni 3 m), in grado di sopportare carichi in tutte le direzioni (lo Spritz Beton, quando vengono usate le centine collapsabili o telescopiche, verrà messo in opera fra centina e centina in modo da formare tanti archi ognuno dei quali abbia l'imposta sulle due centine adiacenti).

Solo una volta terminata la formazione della caverna si potrà procedere alla realizzazione del pozzo verticale per la condotta forzata (diam 1,52 m) e del pozzo di accesso alla centrale di produzione (diam. 5,00 m).

Come in precedenza già evidenziato i due manufatti verranno realizzati con la tecnica del Raise Boring.

Il metodo di RAISE BORING consente di scavare pozzi in roccia a fronte di una prima perforazione di piccolo diametro che raggiunge una galleria inferiore, seguita dall'alesaggio in risalita di tale foro pilota al diametro richiesto.

I componenti principali di tale metodo sono dunque costituiti da:

- ✓ RAISE BORING MACHINE macchina base.
- ✓ ASTE di perforazione/alesaggio
- ✓ TESTE ALESANTI

La perforazione del foro pilota segue e utilizza le metodologie classiche della perforazione a rotodistruzione; l'utensile di perforazione utilizzato è del tipo a inserti di carburo di tungsteno e a cuscinetti stagni per garantire una sufficiente "vita" dello stesso, almeno per tutta la lunghezza del foro, e per poter continuare o eseguire sin dall'inizio la perforazione in presenza o con l'ausilio di acqua di circolazione.

Il metodo di spurgo del foro pilota, nel caso di ammassi rocciosi di buone caratteristiche geomeccaniche, viene eseguito con l'impiego di acqua, con sistema di ricircolo e decantazione ottenuto con due vasche metalliche di raccolta.

La verticalità del pozzo viene controllata tramite sistema di controllo di verticalità RVDS (sistema di perforazione verticale direzionata).

La fase di alesaggio del foro pilota consiste in un processo di distruzione di nucleo roccioso procedendo dal basso verso l'alto con caduta per gravità dello smarino nella galleria sottostante, con evacuazione del materiale tramite pale meccaniche. L'alesaggio avviene tramite montaggio alla testa della batteria di aste di una fresa di dimensioni in diametro pari alla misura del pozzo da realizzare.

Tutto ciò premesso, ai fini della cantierizzazione, dovranno essere impostate due stazioni di lavoro: una in sommità al pozzo per l'ancoraggio della Raise Boring Machine, con la realizzazione di una piazzola di calcestruzzo, sulla quale si provvederà al getto di una platea di ancoraggio in calcestruzzo, una seconda alla base del pozzo per l'allontanamento del materiale di smarino.

Il camerone di raccolta del cumulo del materiale frantumato dall'avanzamento della fresa viene collegato all'esterno tramite una galleria di carreggio, che dovrà essere opportunamente arieggiata da ventilatori assiali.

Nel dettaglio le operazioni di scavo riguarderanno:

- I. la preparazione della testa pozzo e la realizzazione dei basamenti in cls;
- II. il trasporto in postazione della RAISE BORING MACHINE e delle unità accessorie;
- III. l'interconnessione delle diverse unità e realizzazione degli allacciamenti;
- IV. la perforazione del Foro Pilota da Ø 11" (condotta forzata) e 15" (pozzo di accesso alla centrale) con tricone bit a roto-distruzione. *Per garantire lo spurgo del foro pilota sarà necessario un quantitativo di acqua pari a 600 l/min, in alternativa si potrà utilizzare aria compressa 21.000 l/min a 7 bar con l'aggiunta di acqua 30 l/min per il controllo delle polveri; la perforazione procederà fino al raggiungimento della galleria al livello sottostante. Per quanto concerne la tolleranza di esecuzione, statisticamente è ipotizzabile una precisione di esecuzione di circa lo 1-2 % della totale lunghezza del pozzo per le perforazioni verticali;*
- V. il trasporto in sito e l'installazione della testa alesante;
- VI. l'alesaggio continuo al diametro richiesto mediante distruzione di nucleo procedendo dal basso verso l'alto; nelle perforazioni verticali lo smarino cadrà per gravità nella galleria sottostante e successivamente allontanato;
- VII. lo smontaggio e rimozione delle attrezzature di RAISE BORING, demolizione del blocco d'ancoraggio della macchina e recupero della testa alesante dal foro;
- VIII. il trasporto delle attrezzature impiegate.

Per la realizzazione dei due scavi in condizioni standard, ossia prevedendo di lavorare mediamente 22 h/g per 6 gg/settimana durante le fasi di foro pilota e alesaggio e 11 h/g durante le altre fasi, si è stimata una durata indicativa di circa 200 giorni lavorativi.

POZZO ORIZZONTALE CANALE DI SCARICO

- 3-4 giorni per il montaggio e posizionamento delle attrezzature;

- 1-2 giorni per la realizzazione del foro pilota (avanzamento teorico 1,5 m/h);
- 2-3 giorni per il montaggio della testa alesante;
- 1-2 giorni per la formazione del foro diam. 1,84 suborizzontale (avanzamento teorico previsto 0,7 m/h);
- 2-3 giorni per la rimozione, smontaggio e recupero attrezzature;
- 1-2 giorni per lo smontaggio e recupero della testa alesante;
- 1-2 giorni per infilaggio tubo in c.a.

POZZO CONDOTTA + POSA MANUFATTO

- 3-4 giorni per il montaggio e posizionamento delle attrezzature;
- 4-5 giorni per la realizzazione del foro pilota (avanzamento teorico 1,5 m/h);
- 2-3 giorni per il montaggio della testa alesante;
- 7-8 giorni per la formazione del foro verticale diam. 1,52 (avanzamento teorico previsto 0,9 m/h);
- 2-3 giorni per la rimozione, smontaggio e recupero attrezzature;
- 1-2 giorni per lo smontaggio e recupero della testa alesante;
- 80 giorni per la formazione ed inghisaggio della condotta.

POZZO ACCESSO CENTRALE IN CAVERNA

- 3-4 giorni per il montaggio e posizionamento delle attrezzature;
- 4-5 giorni per la realizzazione del foro pilota (avanzamento teorico 1,5 m/h);
- 2-3 giorni per il montaggio della testa alesante;
- 18-20 giorni per la formazione del foro verticale diam. 5 (avanzamento teorico previsto 0,4 m/h);
- 2-3 giorni per la rimozione, smontaggio e recupero attrezzature;
- 1-2 giorni per lo smontaggio e recupero della testa alesante;
- 40 giorni per messa in sicurezza pozzo:
 - montaggio dei tre argani utilizzando un'autogru;
 - assemblaggio e messa in opera della piattaforma all'interno del pozzo e montaggio dell'accesso al pozzo;
 - operazioni di rivestimento del pozzo mediante applicazione di chiodi da roccia tipo swellex e calcestruzzo proiettato fibrorinforzato.

Cantiere della condotta forzata e del pozzo: come evidenziato nei paragrafi precedenti la condotta forzata avrà uno sviluppo complessivo di circa 123 m e sarà posizionata in un pozzo verticale realizzato con la tecnica del Raise Boring, il cui sviluppo sarà di 120 m circa.

La tubazione verrà formata a partire dal piano della vasca di carico mediante l'ausilio di opportuni mezzi: una volta posizionata la condotta verrà poi inghisata alla roccia con l'immissione del betoncino.

Nel dettaglio, una volta eseguito il pozzo verticale, le lavorazioni per la posa del manufatto riguarderanno:

- I. il posizionamento alla testa del pozzo della struttura di supporto dei tubi che si andranno a calare, del sistema di ganasce per la sospensione della colonna di tubi e del sistema idraulico di varo di idonea portata;
- II. l'installazione delle strutture di cantiere che dovranno consentire l'operatività del personale in ogni condizione meteorologica;
- III. il posizionamento della gru e trasporto in sito dei tratti di tubo da 6 m;
- IV. la preparazione del primo tubo mediante saldatura degli anelli di sollevamento e centraggio;
- V. il sollevamento e posizionamento dentro il foro del tubo con ancoraggio dello stesso alla struttura posizionata alla testa del pozzo tramite apposito meccanismo;
- VI. il sollevamento e posizionamento del secondo tratto di tubo verticalizzandolo sopra il primo e realizzazione della saldatura di accoppiamento tra i due e la ripetizione di queste operazioni fino a raggiungere alla quota prestabilita la caverna in centrale;
- VII. il trasferimento del personale in galleria per realizzazione della smorza tra il tubo posato e parete del pozzo fresato;
- VIII. il posizionamento alla testa del pozzo del sistema di ancoraggio/sospensione del tubo per consentire le successive fasi di immissione del betoncino d'inghisaggio (*per l'inghisaggio dell'intercapedine tra tubo in acciaio e roccia si provvederà in fase di varo dei tubi al posizionamento di tubi getto a perdere, disposti in modo tale da raggiungere le varie quote di getto*);
- IX. l'immissione in pozzo nella giusta proporzione del primo betoncino che andrà a contatto con la smorza al fondo del pozzo e verifica in galleria dell'avvenuto riempimento della prima corona circolare. Fermo delle lavorazioni in attesa della maturazione minima della malta quindi, dopo non meno di 3h nuovo getto a realizzare il completo inghisaggio dei primi 3 metri di pozzo. Nuovo arresto delle lavorazioni sino al giorno successivo. Una volta eseguito il tampone di fondo, le operazioni di getto avverranno da bocca pozzo con ausilio di idonea pompa da calcestruzzo. Il getto deve essere eseguito con malta rheodinamica il cui mix design deve essere studiato in modo da garantirne la corretta fluidità e resistenza ultima, nonché la pompabilità alle distanze in gioco. Si consideri di eseguire campi di getto

di circa 10-15 m lineari di pozzo (salvo verifica) ogni 24 h. Per definire la massima quantità di calcestruzzo per singolo getto si dovrà verificare la resistenza del tubo al fine di evitare il suo schiacciamento dovuto alla pressione esterna esercitata dal calcestruzzo fresco. I tubi getto (tubazioni getto DN 3" sp. minimo 2 mm, giuntati con saldatura) saranno fissati alla condotta metallica e calati contemporaneamente. Per la realizzazione del pozzo serviranno più tubigetto che raggiungeranno profondità differenti per garantire il corretto riempimento dell'intercapedine. Per drenare le acque di infiltrazione che potrebbero compromettere la qualità dell'inghisaggio e soprattutto potrebbero causare delle pressioni esterne alla tubazione, si deve installare una tubazione drenante microfessurata per scaricare l'acqua nella caverna sottostante.

La condotta forzata verrà realizzata con tubazioni di acciaio DN 1100 mm della lunghezza di 6 m e spessore di 8 mm per l'intero tratto.

Le caratteristiche dell'acciaio impiegato saranno le seguenti:

- tipologia acciaio: qualità minima L 355 (norma UNI 6363/84; UNI EN 10025)
- resistenza minima a rottura 410 N/mm^2
- resistenza minima a snervamento 275 N/mm^2
- superficie interna sabbiata con 250 micron di vernice epossidica pura,
- superficie esterna avrà un rivestimento poluretano di 250 micron;
- estremità sagomate a bicchiere sferico e la giunzione avverrà mediante saldatura, con la possibilità di effettuare deviazioni angolari nel giunto fino a 6° .

La realizzazione del manufatto di presa in galleria potrà essere eseguito una volta terminati i lavori di escavo per la formazione della caverna del manufatto dissabbiatore-vasca di carico e quando le condizioni idrologiche risulteranno favorevoli a questo tipo di intervento, dovendo, per lavorare in sicurezza, operare la derivazione delle acque in arrivo alla galleria di sorpasso.

La finestra di tempo più idonea per effettuare queste lavorazioni è il periodo che va da fine dicembre a fine febbraio quando le portate in transito storicamente risultano essere inferiori ai $0,5 \text{ mc/s}$ e le probabilità di morbida-piena assai ridotte.

Per la formazione del manufatto di presa si dovrà:

- I. operare la derivazione dell'acqua in arrivo lungo la galleria di scarico;
- II. effettuare i scavi al fondo della galleria di by-pass, con demolizione del rivestimento a quota scorrimento, fino a raggiungere una nuova quota di scorrimento a 604,80 m s.l.m.,

corrispondente alla quota del callone di presa da realizzarsi lungo la parete della galleria di by-pass;

- III. demolire la parete di destra della galleria di by-pass, limitatamente al tratto dell'opera di presa;
- IV. procedere alla realizzazione del manufatto e alla posa immediata delle paratoie e per mettere in sicurezza la caverna, dove poi verrà realizzato il manufatto dissabbiatore vasca di carico, e soprattutto per ripristinare a pieno la funzionalità della galleria di sorpasso.

La durata di questa fase, vista la sua delicatezza, è stata stimata in circa 20-25 giorni lavorativi.

Solo terminata questa fase di messa in sicurezza dell'area si potrà procedere alla formazione del manufatto dissabbiatore vasca di carico e del locale che ospiterà il pozzo verticale di accesso alla centrale ed al completamento delle altre opere (pozzi...).

Cantiere dell'edificio centrale: come evidenziato nelle premesse, anche l'edificio centrale verrà realizzato interamente in caverna e pertanto la cantierizzazione richiederà tutti gli apprestamenti necessari a questo tipo di lavorazione.

Per l'accesso del personale e dei mezzi all'area di intervento sarà necessario realizzare una pista di cantiere che, collegandosi con un tratto di viabilità esistente nei pressi del Ponte delle Roste sul torrente Vajont, risalirà l'alveo del torrente Vajont fino alla forra in modo da ricollegarsi con la galleria esistente e carrabile, di sezione 4 x 4, che scorrendo in destra idrografica in fregio al torrente, conduce fino ai piedi della diga (Foto e Figura 23).

La pista sarà realizzata sulla destra orografica della valle del Vajont e avrà indicativamente una larghezza di 3-3,5 m e una lunghezza approssimativa di 830 m; la pista inoltre sarà dotata, a intervalli di 200 m circa, di piazzole per consentire lo scambio o la manovra dei mezzi.

Per la realizzazione del manufatto è prevista una movimentazione del materiale litoide presente sui terrazzi alluvionali del torrente, in cui si alterneranno sezioni in rilevato e sezioni in trincea; naturalmente a lavori ultimati la pista in alveo verrà rimossa, verranno ripristinati i volumi e verrà effettuata la sistemazione dei luoghi allo stato di fatto.

La centrale di produzione sarà realizzata in caverna e risulterà accessibile, come già evidenziato, dal pozzo verticale e anche da una galleria a sezione rettangolare che dovrà essere realizzata in derivazione dalla galleria esistente (4 x 4 m) che costeggia in destra idrografica il greto del torrente Vajont, galleria che per l'appunto è stata costruita in occasione della realizzazione della diga.

La costruzione della galleria di accesso, caratterizzata da una sezione 4 x 4 m e uno sviluppo di circa 80 m, risulterà essere indispensabile sia per permettere la costruzione della centrale in

caverna sia per poter poi allontanare il materiale di smarino che deriverà dalla formazione del pozzo di carico e del pozzo per la posa della condotta forzata.

Una volta completato l'impianto e dismessa quindi la pista di cantiere in alveo, l'accesso diretto alla centrale potrà avvenire solo attraverso il pozzo e non più attraverso la galleria di accesso alla centrale.

La centrale di produzione, come anche la galleria di accesso, verranno realizzate con metodi di scavo tradizionali e con l'impiego di dinamite.

La centrale avrà dimensioni finite in pianta di 27,10 x 14 m e presenterà un soffitto a cupola caratterizzato da un'altezza massima di 10 m.

La centrale di produzione, come anche la galleria di accesso, verranno realizzate con metodi di scavo tradizionali mediante uso di esplosivo a sezioni parzializzate: calotta, strozzo e piedritti, mentre le volate non dovranno superare i 2÷3 metri di lunghezza.

Il volume di escavo previsto è di circa 4.500 m³.

Le caratteristiche della roccia nella zona di intervento faranno sì che lo scavo in oggetto rientrerà nella Classe "I-II", ossia si dovrà operare in presenza di materiale caratterizzato da piccola fessurazione e fratturazione.

Poiché il programma di dettaglio di tali lavori dovrà basarsi, in sede di progetto esecutivo, su uno specifico approfondimento di carattere geomeccanico sulla distribuzione dei sistemi di discontinuità e sulle caratteristiche di deformabilità e di resistenza dell'ammasso roccioso, in sede di progetto definitivo, nel dimensionare l'opera (e quindi anche nel redigere il computo metrico estimativo e il quadro economico di dettaglio) è stata presa in esame la situazione più sfavorevole a cui si potrebbe andare incontro tra quelle presentatesi e vagliate nello studio geologico.

La decisione di operare in tal senso è stata presa al fine di scongiurare, in fase di progetto esecutivo, variazioni sostanziali a quanto proposto in questa sede.

Si ricorda comunque che nella forra del Vajont, in rocce simili a quelle interessate dalle opere in sotterraneo in progetto, sono già presenti infrastrutture del tutto simili a quelle in progetto.

Per la realizzazione della centrale, visto l'imponenza dell'opera, e per la sua messa in sicurezza in fase di progettazione definitiva e di composizione del quadro economico è stato previsto quanto segue:

- *Ricorso a bullonatura sistematica radiale* - è stata considerata la messa in posa di tiranti in barre tipo diwidag con espansore, della lunghezza di 10 m in posizione rigorosamente radiale, in raggiere con il centro sull'asse della caverna disposte su un piano normale alla stessa,

possibilmente sfalsate fila a fila, con un'apertura $2 \times 60^\circ$ rispetto alla mezzeria (data l'intensa azione di bullonaggio in questa classe è frequente l'impiego di una bullonatrice automatica, in grado di inserire un bullone da 3 m in ca. 5/6 minuti). Nel dettaglio lungo la volta è stata prevista una distribuzione lineare di 6 bulloni a raggiera ogni 2 m;

- *Utilizzo di Spritz-beton fibrorinforzato sull'intera superficie di scavo (si è optato per uno spessore di 5 cm);*
- *Stesa di tessuto di drenaggio sintetico.*

Per la realizzazione della centrale si prevede un avanzamento medio dello scavo di poco meno di un metro al giorno, mentre per la realizzazione della galleria di accesso un avanzamento di circa 6 - 8 m al giorno, per cui il tempo necessario alla realizzazione dello scavo e alla sua messa in sicurezza risulta stimabile, tenendo in considerazione eventuali imprevisti, in circa 90÷100 giorni/lavoro.

Il volume di risulta prodotto giornalmente si aggirerà mediamente sui $100\div150 \text{ m}^3$ ($220\div300 \text{ tn/giorno}$), pertanto utilizzando per il trasporto al sito di stoccaggio veicoli con capacità massima di $10\div12 \text{ m}^3$ si prevedono 10÷15 viaggi al giorno di andata al sito di stoccaggio.

È auspicabile che il materiale di escavo, viste le sue ottime caratteristiche geomeccaniche, venga ceduto a qualche azienda che opera nel settore della lavorazione degli inerti.

L'imbocco della nuova galleria di accesso alla centrale in progetto verrà realizzato in diramazione della galleria esistente circa 50 m a valle del punto di sbocco della galleria di sorpasso, nei pressi di una finestra, situazione che agevolerà di molto le operazioni di cantiere.

Presso la centrale verranno installate due turbine Pelton a 6 getti con accoppiato un alternatore ad asse verticale della potenza di 3.000 KVA (6,3 KV) raffreddato ad acqua.

L'acqua in uscita dalle giranti verrà convogliata su di un canale, realizzato sulla fondazione della centrale, caratterizzato da una larghezza di 2 m e una altezza 1,3 m, canale che si collegherà poi, a quota 480 m s.l.m., con la condotta di scarico in calcestruzzo circolare DN 1400.

La condotta, caratterizzata da una lunghezza di circa 55 metri, scaricherà quindi l'acqua sul torrente Vajont a quota 479 m s.l.m. all'incile del piccolo laghetto, formatosi ai piedi della diga, alimentato dalle acque che fuoriescono dalla galleria di by-pass in destra e dalla galleria di scarico di mezzo fondo della diga in sinistra.

L'opera di scarico verrà realizzata con la tecnica del Raise Boring, dapprima alesando il foro pilota fino ad un diametro di 1,84 m poi inserendo la condotte in c.a. (diametro estero 1700 mm) che verrà fissata alla roccia con iniezioni di malta cementizia.

Nel dettaglio le operazioni di scavo riguarderanno:

- I. la preparazione della testa pozzo e la realizzazione dei basamenti in cls;
- II. il trasporto in postazione della RAISE BORING MACHINE e delle unità accessorie;
- III. l'interconnessione delle diverse unità e realizzazione degli allacciamenti;
- IV. la perforazione del Foro Pilota da Ø 11" (condotta forzata) e 15" (pozzo di accesso alla centrale) con tricone bit a roto-distruzione;
- V. il trasporto in sito e l'installazione della testa alesante;
- VI. l'alesaggio continuo al diametro richiesto mediante distruzione di nucleo procedendo dal basso verso l'alto; nelle perforazioni verticali lo smarino cadrà per gravità nella galleria sottostante e successivamente allontanato;
- VII. lo smontaggio e rimozione delle attrezzature di RAISE BORING, demolizione del blocco d'ancoraggio della macchina e recupero della testa alesante dal foro;
- VIII. il trasporti delle attrezzature impiegate.

Per la realizzazione dello scavo in condizioni standard, ossia prevedendo di lavorare mediamente 22 h/g per 6 gg/settimana durante le fasi di foro pilota ed alesaggio e 11 h/g durante le altre fasi, si stima una durata indicativa di 18-20 giorni lavorativi (3 settimane all'incirca):

- 3-4 giorni per il montaggio e posizionamento delle attrezzature;
- 2-3 giorni per la realizzazione del foro pilota (avanzamento teorico 1,5 m/h);
- 2-3 giorni per il montaggio della testa alesante;
- 4-5 giorni per la formazione del foro diametro 1,84 suborizzontale (avanzamento teorico previsto 0,7 m/h);
- 2-3 giorni per la rimozione, smontaggio e recupero attrezzature;
- 1-2 giorni per lo smontaggio e recupero della testa alesante.

La posa poi della condotta di scarico in c.a. avverrà dalla caverna di centrale con l'ausilio di un opportuno spingitubo ad azionamento idraulico.

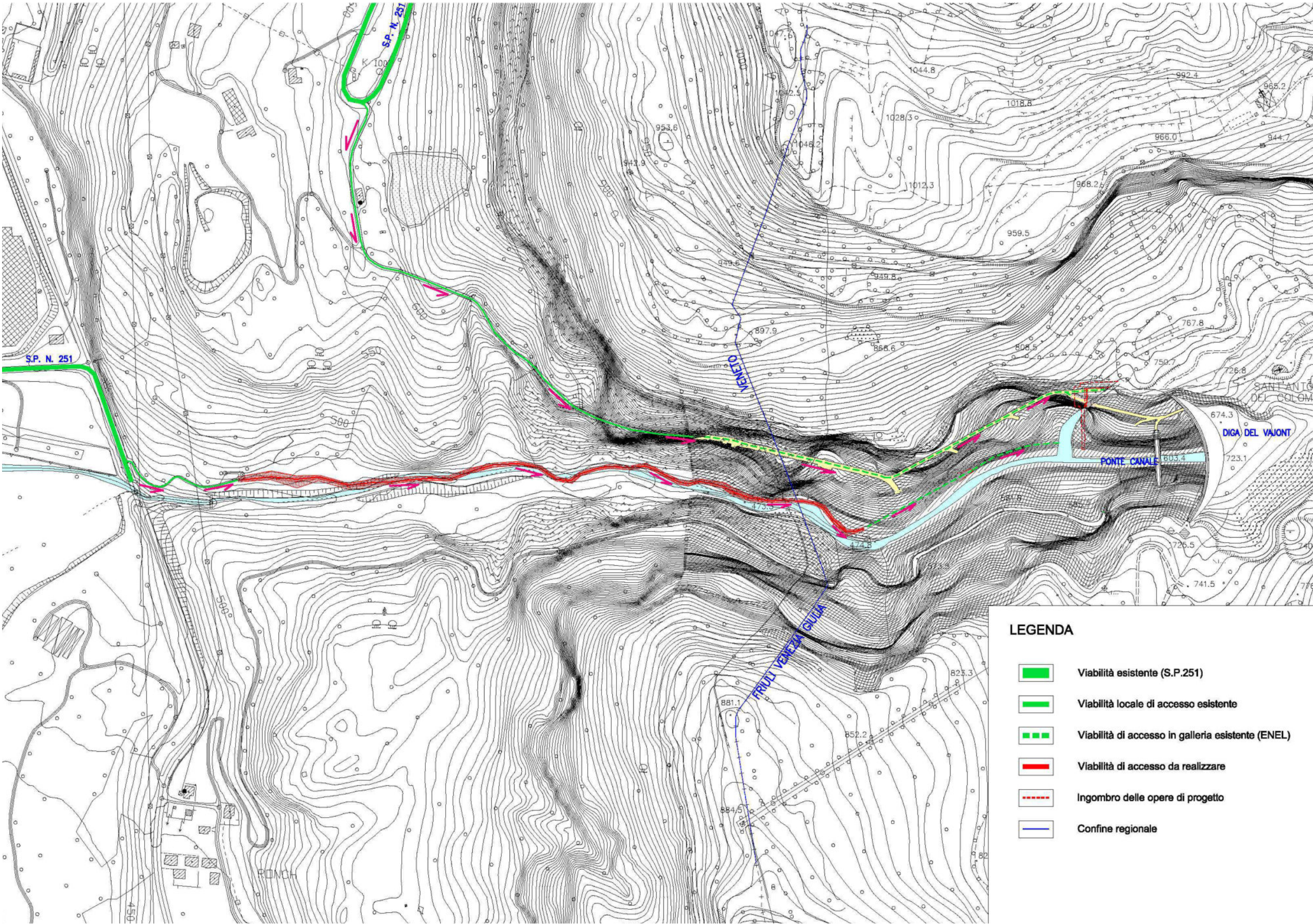


Figura 23: Planimetria generale della viabilità di cantiere

Cronoprogramma dei lavori

Assieme alla progettazione delle opere, è stata valutata la realizzabilità pratica delle stesse, considerando tutti i fattori che vi possono influire.

Nel progetto sono state esaminate a fondo le seguenti problematiche:

- spazi e necessità operative dei cantieri (fissi e mobili) da predisporre;
- viabilità di accesso ai siti delle varie opere e prevedibili interventi di adeguamento;
- interferenze delle attività di cantiere con altre attività.

L'opera nel suo complesso è stata suddivisa nei seguenti lotti operativi:

- opera di presa (captazione in galleria, dissabbiatore e vasca di carico in caverna);
- pozzi verticali (accesso centrale, formazione condotta forzata);
- centrale in caverna;
- allestimento elettromeccanico in centrale;
- opere di ripristino.

L'accesso all'area dell'opera di presa avverrà dalla S.P. 251, ovvero dal tornante a quota 605 m s.l.m. che risale la valle del fiume Piave in direzione del comune di Erto e Casso: da questo bivio si imbuca una viabilità locale che conduce, dopo circa 800 metri, alle gallerie di servizio dell'ENEL scavate interamente in roccia prive di rivestimenti autoportanti.

La carreggiata è larga mediamente 6 metri e dunque adatta al transito di autocarri e di mezzi di cantiere: il percorso, nei primi 250 metri, è in discesa, per poi riportarsi con una salita alla quota del canale di scarico, ovvero della porta stagna (606,60 m s.l.m.) dopo aver percorso altri 270 metri.

La viabilità in questa area si presenta comunque adatta per sopportare il traffico necessario al cantiere e soprattutto risulta essere interessata da un traffico assai limitato.

Per l'accesso all'area dov'è prevista la costruzione della centrale in caverna sarà necessario invece realizzare una pista di cantiere che, collegandosi con un tratto di viabilità esistente nei pressi del Ponte delle Roste sul torrente Vajont, risalirà l'alveo del torrente Vajont fino alla forra in modo da ricollegarsi con la galleria esistente e carrabile, di sezione 4 x 4, che scorrendo in destra idrografica in fregio al torrente, conduce fino ai piedi della diga.

La pista sarà realizzata sulla destra orografica della valle del Vajont e avrà indicativamente una larghezza di 3-3,5 m ed una lunghezza approssimativa di 830 m; la pista inoltre sarà dotata, a

intervalli di 200 m circa, di piazzole che permetteranno di regolamentare senza nessun problema l'accesso all'area.

Il progetto è stato sviluppato in modo tale da non comportare l'interruzione della viabilità principale; al più, in alcune fasi particolarmente delicate, il traffico, per garantire le necessarie condizioni di sicurezza, potrà essere regolamentato con l'utilizzo di apposita segnaletica o per mezzo di addetti di cantiere; così agendo non si andrà ad influire sulle attività della zona.

Il traffico indotto dalle forniture e dagli allontanamenti del materiale inerte, sarà alquanto limitato, potendo gestire, visti i limitati volumi di scavo giornalieri e la presenza di opportuni spazi di deposito materiale, la distribuzione temporale dei viaggi dei mezzi di trasporto in modo da interferire il meno possibile con la viabilità locale.

La durata complessiva delle lavorazioni è prevista in circa 20-22 mesi e le imprese coinvolte nei lavori saranno le seguenti:

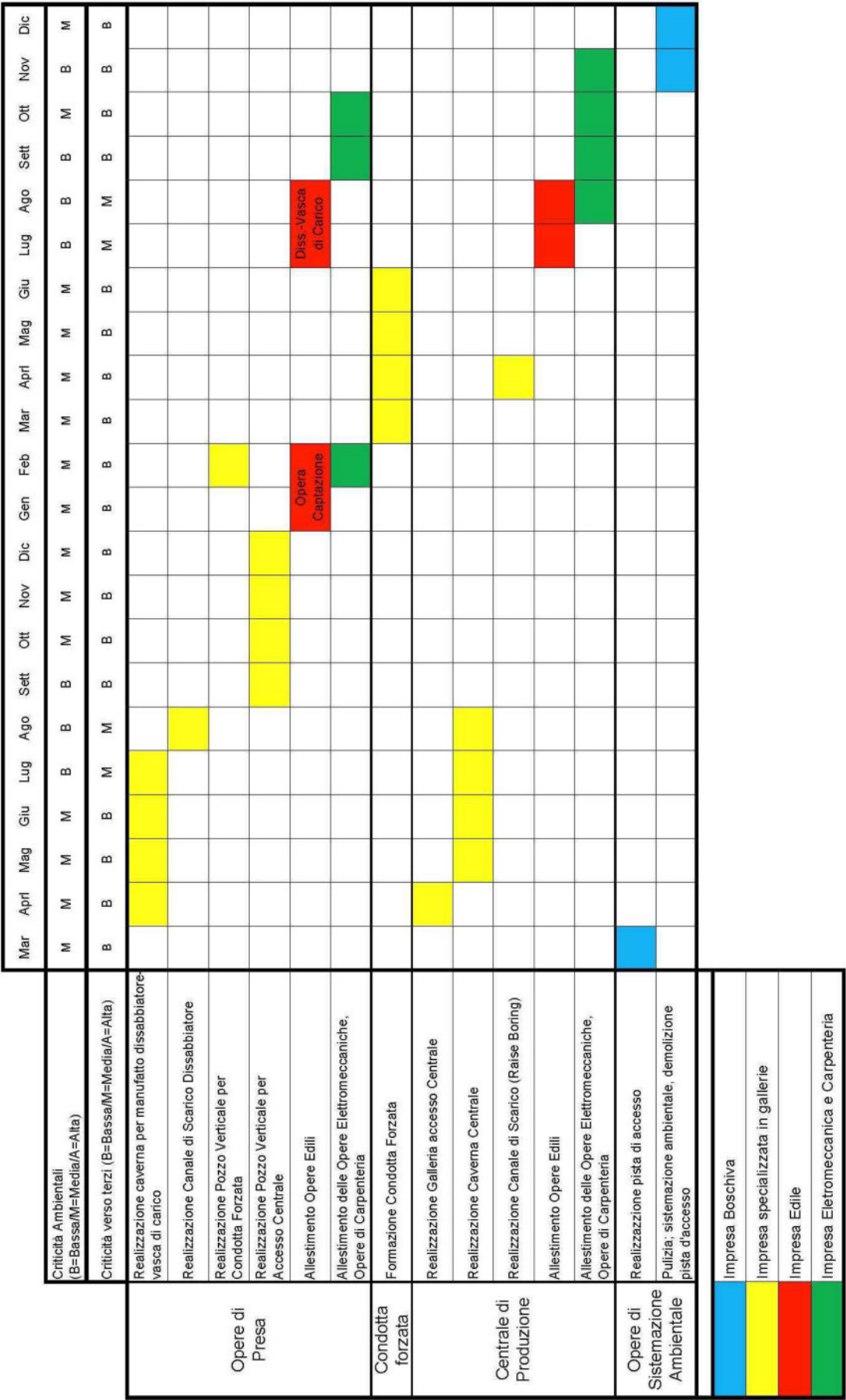
- impresa specializzata in opere di scavo in galleria e caverna;
- impresa principale specializzata in opere civili;
- impresa elettromeccanica;
- impresa carpenterie metalliche;
- impresa per lavori forestali.

Per poter redigere un programma lavori è stato necessario individuare, sebbene in via preliminare, i tempi necessari alla realizzazione delle singole opere.

- pista di cantiere da realizzarsi in fondovalle	20 giorni;
- galleria di fondovalle e locale centrale	5/6 mesi;
- scavo per la realizzazione opera di presa	4/5 mesi;
- raise boring per la condotta forzata e pozzo di servizio	10 mesi;
- opere civili	4/5 mesi;
- installazione turbine	2 mesi;
- collegamenti e cablaggi	2 mese;
- ripristini ambientali, smantellamento pista servizio	1/2 mesi.

Come già evidenziato alcune di queste lavorazioni potranno essere eseguite in contemporanea.

Nel seguito si riporta a titolo illustrativo un possibile cronoprogramma dei lavori in progetto.



7. Producibilità attesa dell'impianto in progetto

Potendo disporre della serie quasi ventennale delle misure effettive di portata in transito nella galleria di scarico è stato possibile fare una valutazione attenta della risorsa idrica disponibile e dimensionare con accuratezza l'impianto in progetto.

Dall'elaborazione dei dati di portata forniti da Enel si è ricavata pertanto la **curva di durata del torrente Vajont** alla sezione di presa ottenuta sulla base dell'anno tipico.

Tabella 1: calcolo delle portate medie giornaliere del torrente Vajont (curva di durata) ottenute sulla base dell'anno tipico stimato.

Durata (Giorni)	Portata (m³/s)	ΔT (Giorni)	Volume (m³)
10	7,700	10	6.652.800
30	4,300	20	7.430.400
60	2,990	30	7.750.080
91	2,270	31	6.079.968
121	1,960	30	5.080.320
152	1,620	31	4.339.008
182	1,260	30	3.265.920
212	1,000	30	2.592.000
243	0,870	31	2.330.208
274	0,810	31	2.169.504
304	0,650	30	1.684.800
334	0,470	30	1.218.240
355	0,390	21	707.616
365	0,330	10	285.120
Qmedia	1,636		51.585.984

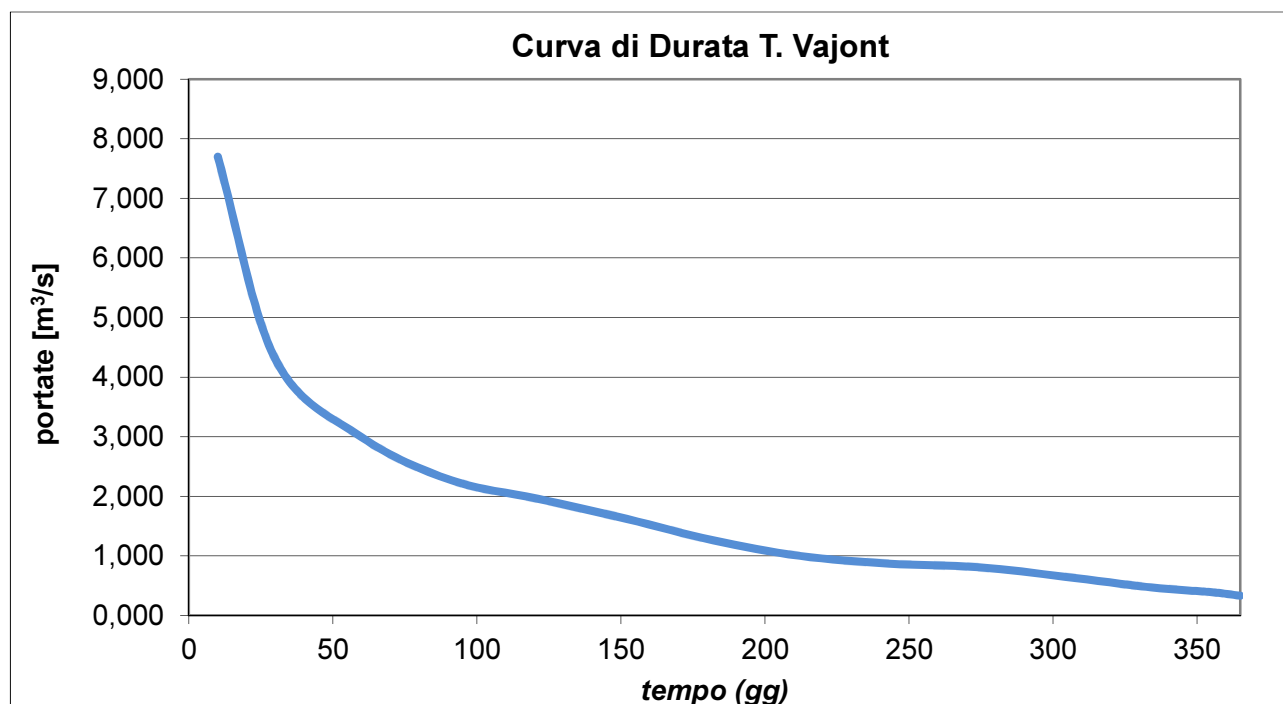


Figura 24: curva di durata del torrente Vajont alla sezione di presa.

Nota la curva della portata e le caratteristiche dimensionali dell'impianto è stato quindi possibile definire la tipologia di turbine più adatte a ottimizzare l'utilizzazione della risorsa idrica disponibile, da cui i valori di portata massima e minima derivabile di seguito riportati:

- **portata massima derivabile:** $Q_{MAX,DERIVABILE} = 4.500 \text{ l/s}$;
- **portata minima derivabile:** $Q_{MIN,DERIVABILE} = 200 \text{ l/s}$.

Le portate effettive usufruibili ai fini idroelettrici sono state calcolate facendo riferimento alle portate medie giornaliere decurtando le stesse della portata di 50 l/s che sarà rilasciata attraverso il canale di scarico per mantenere, anche se su scala più ridotta, la cascata attualmente generata dall'acqua in uscita dalla galleria di sorpasso.

Nella tabella che segue sono evidenziati i valori di portata usufruibili alla sezione di presa.

Durata (Giorni)	Portata (m³/s)	ΔT (Giorni)	Volume (m³)	Q derivata (m³/s)	V derivato (m³)	Q rilascio (m³/s)	V rilascio (m³)
10	7,700	10	6.652.800	4,500	3.888.000	3,200	2.764.800
30	4,300	20	7.430.400	4,250	7.344.000	0,050	86.400
60	2,990	30	7.750.080	2,940	7.620.480	0,050	129.600
91	2,270	31	6.079.968	2,220	5.946.048	0,050	133.920
121	1,960	30	5.080.320	1,910	4.950.720	0,050	129.600
152	1,620	31	4.339.008	1,570	4.205.088	0,050	133.920
182	1,260	30	3.265.920	1,210	3.136.320	0,050	129.600
212	1,000	30	2.592.000	0,950	2.462.400	0,050	129.600
243	0,870	31	2.330.208	0,820	2.196.288	0,050	133.920
274	0,810	31	2.169.504	0,760	2.035.584	0,050	133.920

304	0,650	30	1.684.800	0,600	1.555.200	0,050	129.600
334	0,470	30	1.218.240	0,420	1.088.640	0,050	129.600
355	0,390	21	707.616	0,340	616.896	0,050	90.720
365	0,330	10	285.120	0,280	241.920	0,050	43.200
Portate Medie e Volumi Totali			51.585.984	1,4995	47.287.584	0,136	4.298.400

Tabella 2: Portate e volumi derivabili (curva delle durate), derivati e rilasciati

Nel grafico sottostante sono rappresentate la curva di durata (curva blu) e l'andamento delle portate derivabili (curva rossa), ovvero le portate naturali tenuto conto della portata di rispetto da assicurare (50 l/s) e del limite massimo e minimo di portata turbinabile dalla macchina.

È inoltre riportata la curva delle portate effettivamente rilasciate come portata di rispetto (curva verde).

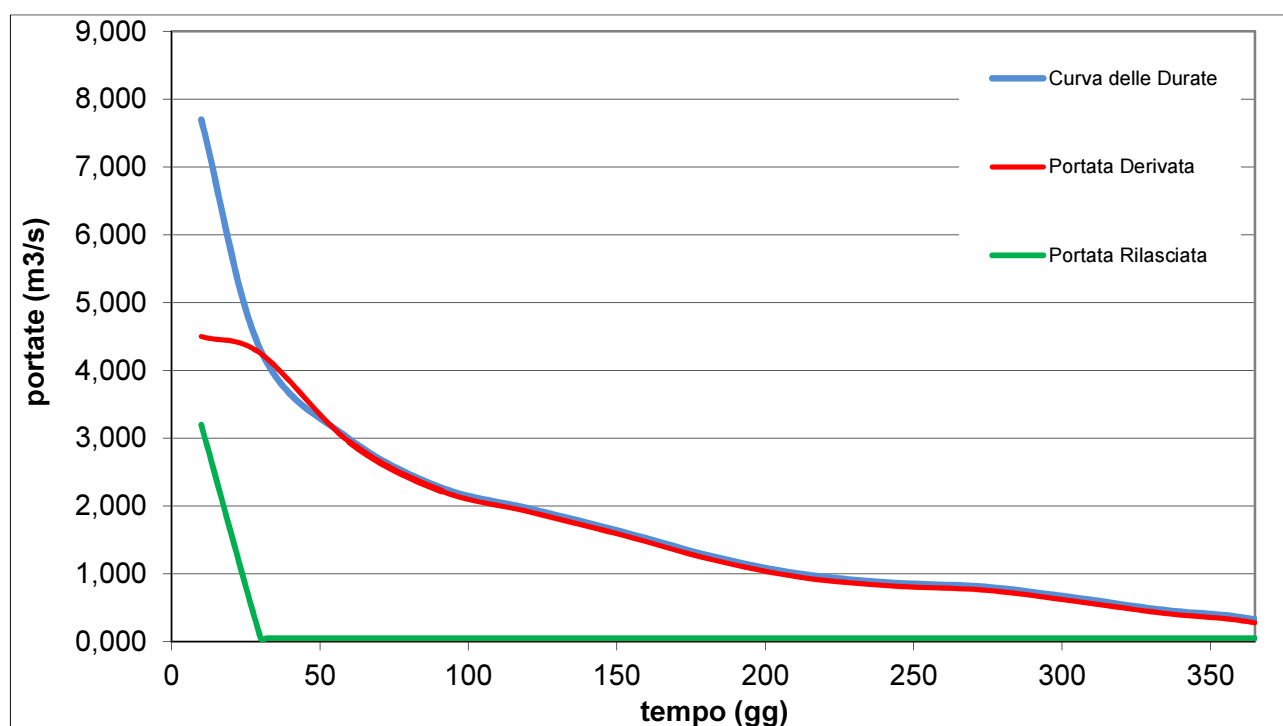


Figura 25: curva delle portate: portata derivata e rilasciata durante i giorni dell'anno medio.

Le elaborazioni effettuate hanno permesso di determinare il valore aggiornato della portata media di concessione, definita come il rapporto tra il volume idrico annuo effettivamente utilizzato ai fini idroelettrici, espresso in m³, e la durata dell'anno espressa in secondi.

$$Q_{Media_Conc} = \frac{47.287.584 \text{ m}^3}{365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}} = 1,499 \cong 1,50 \cdot \text{m}^3/\text{s}$$

e la potenza di concessione

$$P_{Conc} = 9,81 \cdot H_{Lordo} \cdot Q_{Media_Conc} = 9,81 \cdot 123,35 \cdot 1,50 \cong 1.815,00 \cdot KW$$

Ai fini della determinazione della potenza generata dall'impianto, e quindi della producibilità attesa, è necessario valutare, oltre l'andamento temporale delle portate nette usufruibili ai fini idroelettrici, anche il salto netto disponibile, ottenuto nel caso in esame come differenza del salto lordo con le perdite distribuite e localizzate lungo la condotta forzata in pressione.

La scelta della tubazione per il tratto di realizzazione dipende da considerazioni economiche derivanti dall'impiego di un diametro maggiore, e da considerazioni di tipo tecnico.

Nella tabella che segue viene riportato un raffronto tra le perdite che si otterrebbero adottando diversi diametri in commercio.

La determinazione delle perdite di carico distribuite è stata eseguita utilizzando la nota formula di Gauckler-Strickler:

$$\Delta h = \frac{L \cdot Q^2}{K^2 \cdot A^2 \cdot r_h^{\frac{4}{3}}}$$

mentre le perdite localizzate sono state calcolate in via cautelativa come il 20% di quelle distribuite.

DATI	DN1200	DN1100	DN1000
L (m)	123,00	123,00	123,00
D _E (mm)	1219,2	1176,0	1016,0
s (mm)	8,0	8,0	7,1
Δl_{ARIETE} (m) - Allievi	369	401	542
D _{int} (mm)	1203,2	1160,0	1001,8
Velocità (m/s)	4,0	4,3	5,7
A (m ²)	1,137	1,057	0,788
R _H (m)	0,301	0,290	0,250
K _s (m ^{1/3} s ⁻¹)	100	100	100
J (m/m)	0,0078	0,0094	0,0206
Colpo Ariete h _{TOT} (m)	491	523	663
$\Delta h_{distr.}$ (m)	0,96	1,16	2,54
$\Delta h_{loc.}$ (m) - 20% h _{distr.}	0,19	0,23	0,51
$\Delta h_{tot.}$ (m)	1,15	1,39	3,05

Tabella 3: Perdite totali lungo il tratto di condotta in progetto in funzione del diametro calcolate applicando l'algoritmo di Gauckler-Strickler nell'ipotesi di condotta totalmente in acciaio DN1100 spessore 8 mm (Ks=100 tipico per le condotte in acciaio rivestite in resina epossidica e le condotte in ghisa).

Dalla tabella emerge che all'aumentare del diametro le perdite lungo la condotta diminuiscono.

Come già evidenziato in precedenza per il tipo di opera in progetto è stata considerata una condotta con DN 1100 mm, soluzione che permette di avere perdite di carico contenute e che giustificano la scelta di voler captare una portata massima di 4,50 m³/s.

La posa di una tubazione con diametri maggiori avrebbe comportato un aumento notevole dei costi di scavo ed inghisaggio, mentre la posa di diametri minori avrebbe comportato perdite di carico notevoli con conseguente perdita in termini di producibilità attesa.

Per non sottostimare le perdite lungo la condotta forzata, e quindi sopravvalutare la producibilità presunta dell'impianto in progetto, il calcolo di queste è stato effettuato utilizzando la nota relazione di Hazen-Williams, formula consigliata dalla letteratura specialistica per il calcolo delle perdite lungo condotte in pressione:

$$J = 10,675 * Q^{1,852} / (C^{1,825} * D_{int}^{4,8704})$$

dove:

- L = 123 m (spessore 8,0 mm)
- C (coefficiente scabrezza Hazen-Williams)= 120-125 (valore cautelativo per tubazione in acciaio rivestimento interno in resina epossidica, per cui solitamente viene adottato un valore di 135-140) **Nota: il coefficiente adottato equivale a un Ks, coefficiente di Strikler, pari a 90-100 m^{1/3}/s**
- Q = 4,50 m³ s⁻¹
- Diametro= (Diam ext. 1176,0 mm, da cui Diam int. 1160,0 mm per la condotta in acciaio spess. 8,0 mm)

da cui si ottiene

$$\Delta h = 1,26 \text{ m}$$

Tali valori vengono aumentati cautelativamente del 20% per tener conto delle perdite localizzate lungo il tracciato, in particolare della curva a 90° che dovrà effettuare la condotta prima dell'ingresso in centrale.

Le perdite di carico totali nella condizione di massima portata derivata, sono così quantificate:

$$\Delta h_{TOT} = 1,51 \text{ m}$$

Il calcolo della producibilità è stato effettuato facendo riferimento al diagramma delle portate medie giornaliere.

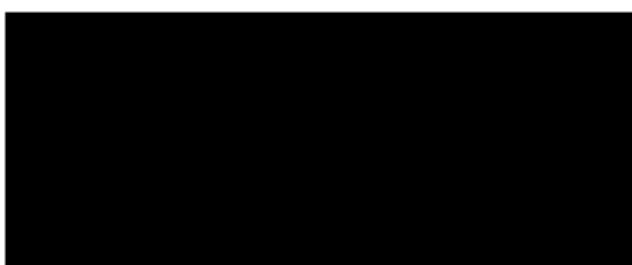
Lunghezza condotta	123(m)
Salto Lordo	123,35 (m)
Diametro (D)	1160,00 (m)
Perdite di carico $\Delta h(D)_{totale}$	1,51 (m)
Portata derivata massima $Q_{max_derivata}$	4,500 (m ³ /s)
Ore Totali in un anno	8760
Ore Lavorative in un anno	8520
Producibilità Lorda	13.680.073,79 (KWh)
Producibilità Netta	13.305.277,25 (KWh)

$Q_{derivata}$ (m ³ /s)	ΔT (Giorni)	Δh (m)	Salto Netto (m)	Rendimento (%)	Potenza (KW)	Producibilità (KWh)
4,500	10	1,51	121,84	88,00%	4733,29	1.135.990
4,250	20	1,34	122,01	88,00%	4476,30	2.148.626
2,940	30	0,64	122,71	88,00%	3114,35	2.242.329
2,220	31	0,37	122,98	88,00%	2356,95	1.753.570
1,910	30	0,27	123,08	88,00%	2029,40	1.461.166
1,570	31	0,18	123,17	88,00%	1669,34	1.241.987
1,210	30	0,11	123,24	86,00%	1258,08	905.817
0,950	30	0,07	123,28	85,00%	976,59	703.148
0,820	31	0,05	123,30	85,00%	843,07	627.246
0,760	31	0,04	123,31	85,00%	781,43	581.383
0,600	30	0,03	123,32	75,00%	544,41	391.975
0,420	30	0,01	123,34	75,00%	381,13	274.413
0,340	21	0,01	123,34	75,00%	308,54	155.507
0,280	10	0,01	123,34	70,00%	237,16	56.919
						13.680.073,79

Tabella 4: Producibilità netta annua valutata facendo riferimento al diagramma delle portate giornaliere.

La producibilità netta è stata valutata considerando un fermo impianto di 10 giorni circa per tener conto di eventuali imprevisti (piene, manutenzioni..).

La producibilità netta media annua calcolata è stata valutata in circa **13.300,00 MWh**.



IL PROGETTISTA

