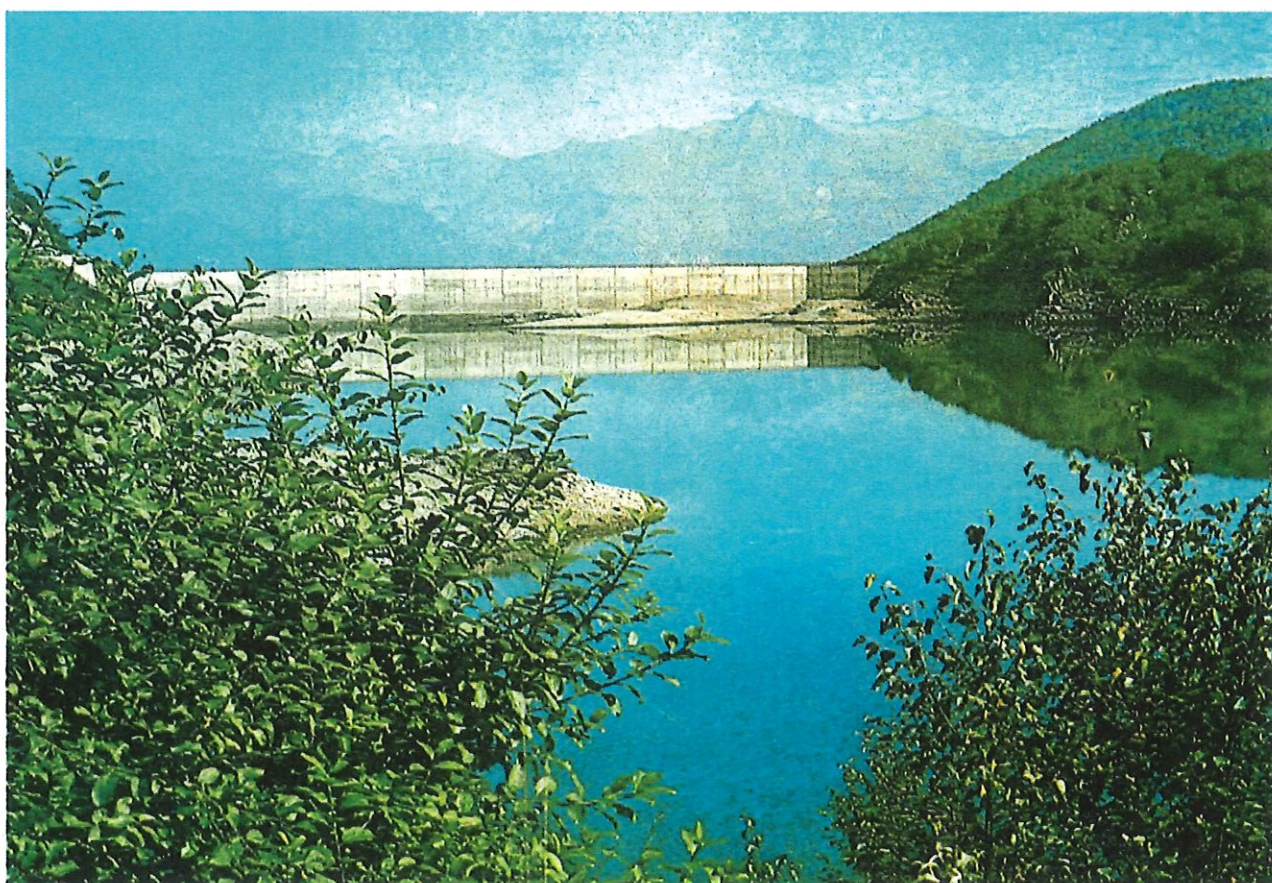




ENTE NAZIONALE
PER L'ENERGIA ELETTRICA

IMPIANTO IDROELETTRICO DI GENERAZIONE E DI POMPAGGIO DEL LAGO DELIO

CENTRALE DI RONCOVALGRANDE



Veduta aerea del lago Delio - sullo sfondo il lago Maggiore

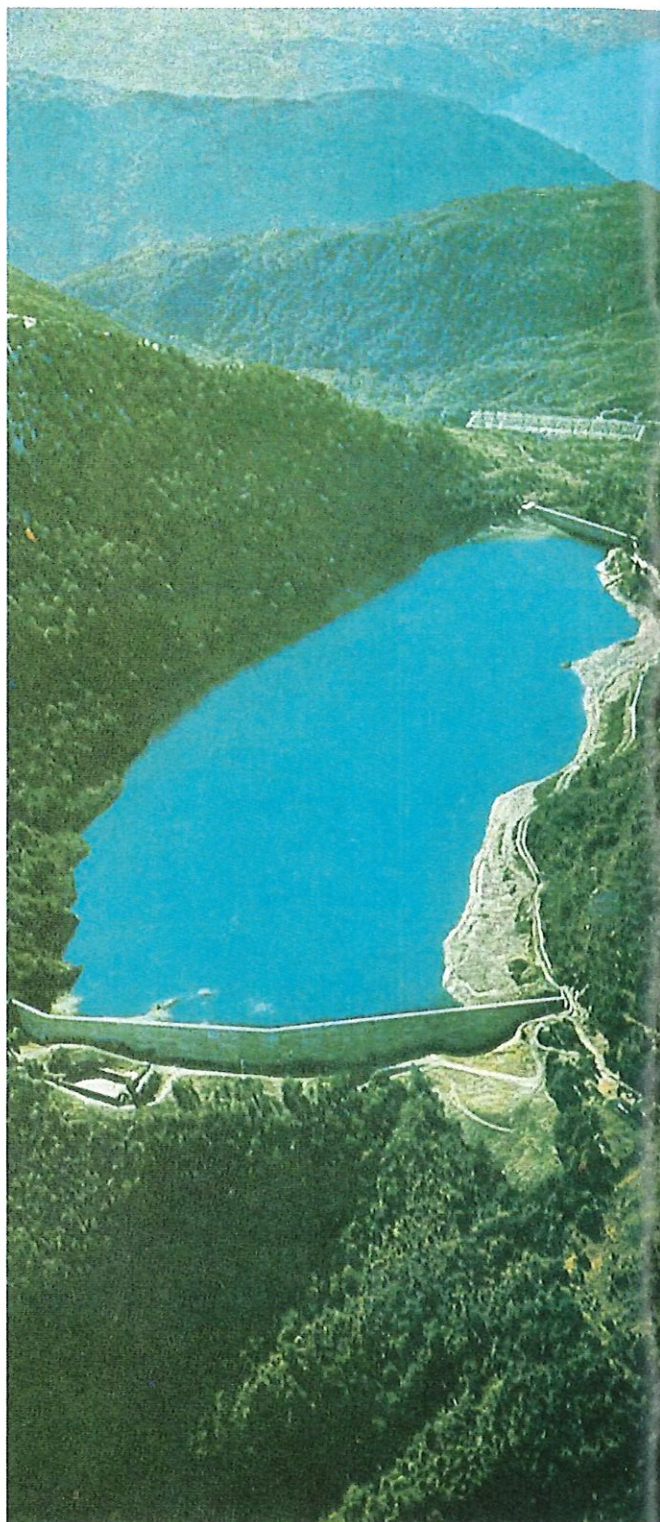
L'impianto del Lago Delio accumula nel serbatoio omonimo le acque prelevate dal lago Maggiore nelle ore notturne e festive di basso carico per derivarle quindi nelle ore diurne di maggior richiesta, producendo energia pregiata. L'impianto è situato nel territorio del Comune di Maccagno, in provincia di Varese sulla sponda Lombarda del lago Maggiore: la centrale - del tipo in caverna - si trova in località Roncovalgrande, a circa 6 Km di distanza dal confine italo-svizzero.

La portata massima derivabile complessivamente dalle 8 turbine Pelton è di $160 \text{ m}^3/\text{s}$, quella delle pompe multistadio di circa $94 \text{ m}^3/\text{s}$, sempre su otto unità, con potenza globale corrispondente a 1040 MW in generazione e con assorbimento di 784 MW in pompaggio. La considerevole capacità utile, che ammonta a quasi 10 milioni di metri cubi d'acqua equivalenti a quasi 17 milioni di kWh, consente a questo impianto di svolgere sia servizio di punta che funzioni di «riserva calda» con interventi di emergenza della durata di molte ore, in caso di guasti ad altri grandi gruppi generatori della rete. Le caratteristiche principali dell'impianto sono, oltre a quelle già menzionate:

differenza di livello tra i due serbatoi

massima	753,50 m
minima	708,50 m
potenza totale degli alternatori-motori 1120 MVA	

La produzione di circa 1 miliardo di kWh all'anno con utilizzazione della potenza massima di circa 1.000 ore annue, viene ottenuta praticamente per intero mediante l'accumulo per pompaggio: infatti il bacino imbrifero direttamente afferente al lago Delio è di 1 Km^2 .



Il Serbatoio del Lago Delio ha una capacità di $11,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ (di cui $9,75 \times 10^6 \text{ m}^3$ utilizzabili) derivanti per $4,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ dall'invaso naturale del lago Delio al di sotto della quota 922 m.s.m. e per il resto dall'invaso creato da due sbarramenti, alle due estremità del lago, aventi il livello di ritenuta a quota 944,50 m.s.m.

Gli sbarramenti sono entrambi di tipo a gravità massiccia in calcestruzzo.

La diga sud, ad andamento planimetrico rettilineo, ha una lunghezza al coronamento di 158,09 m e la massima altezza sul punto più depresso di fondazione di 36,00 m. Il volume del calcestruzzo è di 26.000 m^3 .

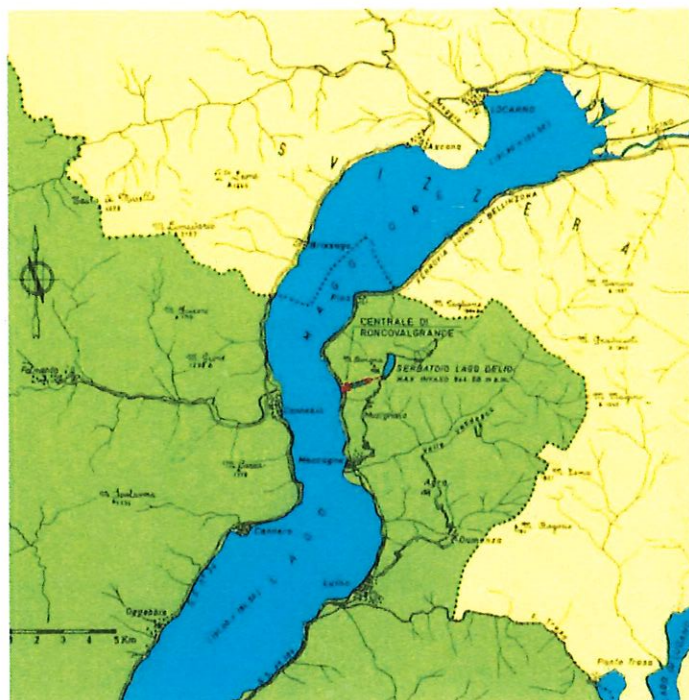
La diga nord che ha andamento planimetrico spezzato, misura al coronamento 415,83 m e la sua altezza nel punto più depresso della fondazione raggiunge 28,50 m.

Il volume del calcestruzzo è di 69.000 m^3 .

La galleria di derivazione ha diametro di 6,20 m, è lunga 592,50 m ed è rivestita in calcestruzzo variamente armato a seconda della qualità di roccia attraversata. Il suo imbocco, sito sulla sponda occidentale del lago, può essere intercettato da una paratoia piana a strisciamento delle dimensioni di $4,90 \times 6,20 \text{ m}$ con comando oleodinamico.

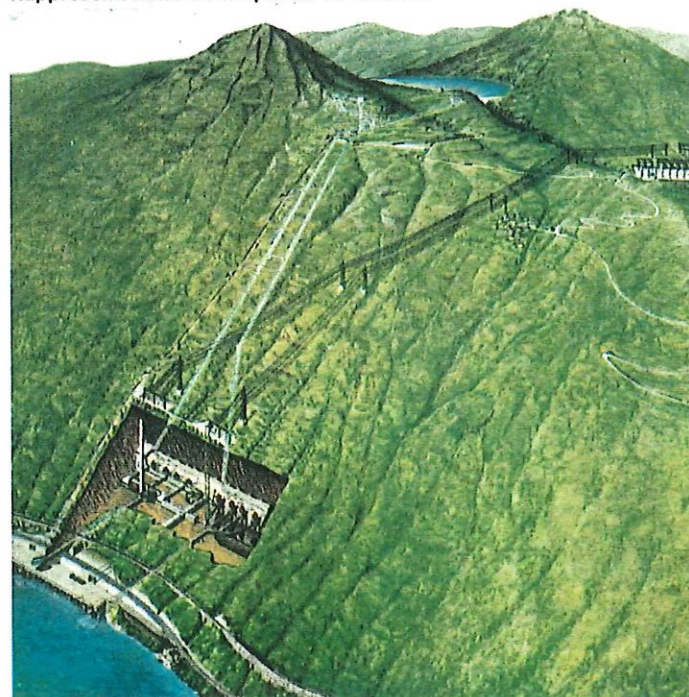
Il pozzo piezometrico è del tipo differenziale, ha una canna verticale del diametro di 4,30 m con camera di alimentazione inferiore della capacità di 770 m^3 , una seconda camera di compenso a livello poco superiore alla precedente, comunicante con la galleria attraverso una strozzatura, ed una camera superiore di espansione, che accoglie le acque sfiorate alla sommità della canna verticale. Le due ultime camere, che hanno un volume rispettivamente di 2260 e di 2870 m^3 , sono collegate da una galleria inclinata a 45° .

Le due condotte forzate, del tipo metallico bloccato in roccia, costituite per circa 515 m da tubi saldati, e per circa 590 m da tubi blindati, sono disposte in due gallerie parallele, distanti tra loro 60 m ed aventi una pendenza dell'88%. I diametri interni delle tubazioni sono, a partire dall'alto di metri 4,30 - 4,15 - 4,00 - 3,90 - 3,80; immediatamente a monte del gomito terminale di raccordo con il distributore, il diametro si riduce a 3,60 m. La partecipazione della roccia alla resistenza alle



Corografia

Rappresentazione dell'impianto su modello



pressioni interne ha consentito di ridurre del 25% circa gli spessori della tubazione metallica.

La centrale di Roncovalgrande rappresenta l'opera di maggior impegno di tutto l'impianto, sia per le caratteristiche degli 8 gruppi ad asse verticale che vi sono installati, sia per le dimensioni dello scavo e la complessività delle strutture della caverna principale.

Essa è ubicata lungo la sezione di minima distanza tra il lago Maggiore ed il lago Delio: il suo asse longitudinale è all'incirca perpendicolare alla direzione dei banchi di roccia.

Le dimensioni interne nette della sala macchine sono:

lunghezza	195,50 m
larghezza a quota ingresso	18,00 m
altezza (compresa la fossa pompe)	58,70 m

Quattro delle otto turbine Pelton hanno 5 getti, le altre 6 getti, a seconda dei criteri di progettazione seguiti dalle case costruttrici.

Le pompe sono a 4 stadi. Per prevenire i fenomeni di cavitazione si è assicurato alla pompa un battente minimo sulla mezzeria della ruota del 1° stadio di circa 22 m: il giunto di accoppiamento pompa-turbina è del tipo a corone dentate, innestabile con gruppo fermo.

Gli alternatori sono a 12 poli con potenza nominale di 140 MVA a 17 kV e 500 giri/min con un PD^2 pari a 1.100 t m². L'albero di collegamento alternatore-turbina-giunto-pompa raggiunge l'eccezionale lunghezza di circa 40 m ed è dotato di 5 supporti di guida e di 2 supporti combinati di guida e spinta. Gli alternatori sono collegati a due a due ad un trasformatore trifase a 3 avvolgimenti della potenza di 140/140/280 MVA rapporto 17/17/410 kV.

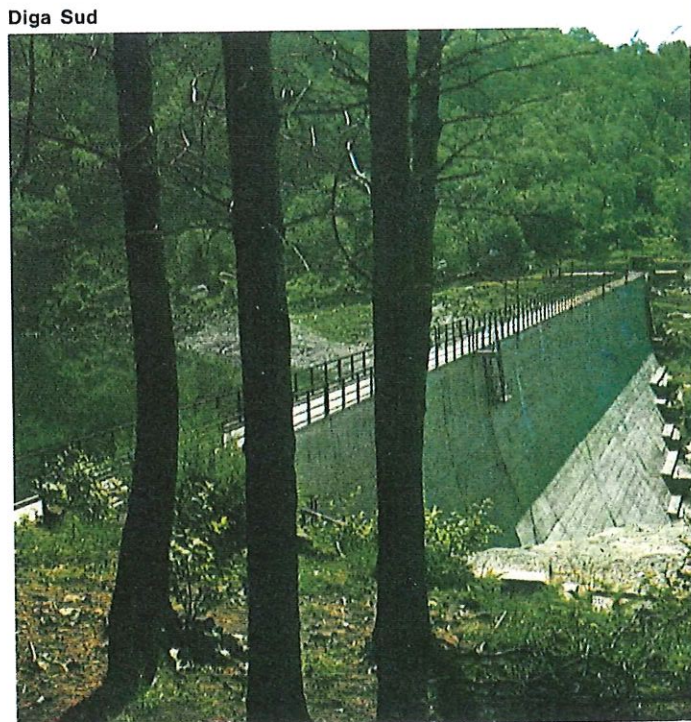
L'uscita dal trasformatore lato 410 kV è realizzata mediante cavi unipolari in olio fluido.

La galleria di accesso è lunga 220 m circa di cui 200 m di 6 m di larghezza e 4,80 m di altezza e i rimanenti di 6,00 m di larghezza e 6,80 di altezza a rivestimento finito. Per la costruzione del piazzale dal quale si diparte la galleria di accesso alla centrale è stato necessario spostare verso monte la strada statale n. 394 per 500 m di lunghezza.

Il piazzale è situato tra il lago e la nuova sede stradale, alla quale è collegato per mezzo di due rampe, una a nord e l'altra a sud: esso ha costituito anche il punto di arrivo delle tubazioni delle condotte forzate e di quei macchinari che a causa del loro ingombro hanno dovuto essere trasportati per via lacuale.



Diga Nord



Diga Sud

Per il deposito dei pezzi delle macchine si sono utilizzate un'ampia area centrale e due aree minori alle estremità della sala alternatori: tra ogni coppia di gruppi c'è un pozzo che è stato utilizzato per il montaggio delle pompe.

I canali di scarico e di aspirazione delle acque fra la centrale e il lago Maggiore sono due (uno ogni quattro gruppi): ciascun canale è lungo 180 m circa, ed ha una sezione di notevole altezza (11 m), dovendo consentire sia la restituzione a pelo libero delle portate turbinate, col livello massimo del lago Maggiore (194,50 m.s.m.) sia il convogliamento delle portate da pompare con il livello minimo del lago Maggiore (191,00 m.s.m.).

Il piazzale di partenza delle linee aeree, che è posto a 323 m.s.m. è collegato alla centrale da due pozzi verticali di 120 m di altezza entro cui sono posati i cavi in olio fluido provenienti dai trasformatori. Da esso partono le linee aeree per la stazione di smistamento.

Ad ogni terna di cavi corrisponde una terna aerea, e ogni palificazione porta due terne: si hanno quindi, per il complesso degli 8 gruppi, due linee a doppia terna.

Sul piazzale sono disposti i sezionatori delle linee e gli scaricatori per la protezione dei cavi.

La stazione di smistamento si trova su un pianoro a 804 m.s.m. poco al di sotto della diga sud del lago Delio e a circa 1,5 km di distanza in linea d'aria dalla centrale: ha una superficie di circa 25.000 m²; le linee provenienti dalla centrale giungono ad un doppio sistema di sbarre, dalle quali partono tre linee, due rispettivamente per le stazioni di Turbigo e di Cagno dove avviene il collegamento con la rete Enel a 380 kV, e la terza verso la Svizzera.

Esercizio dell'impianto

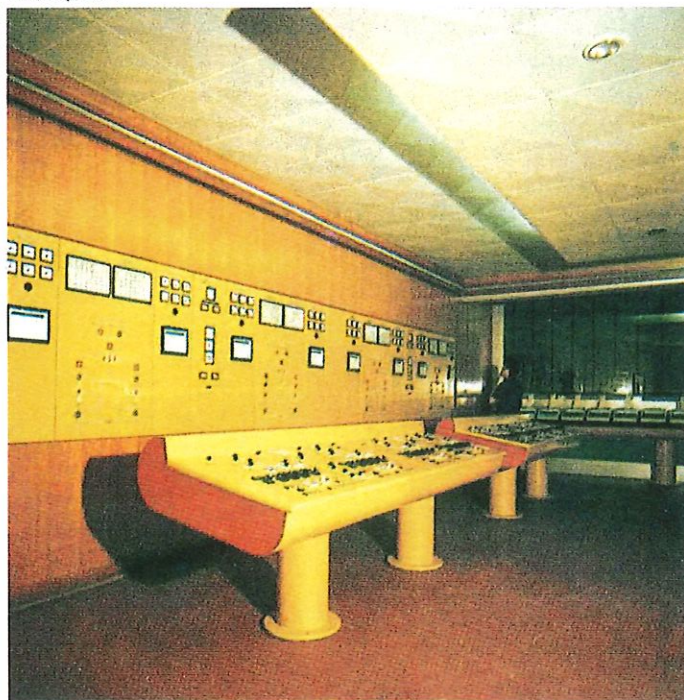
Le funzioni fondamentali affidate all'impianto del lago Delio sono le seguenti:

- trasferire energia e potenza dalle ore di scarsa richiesta (notti e giorni festivi) a quelle di maggior richiesta (ore diurne dei giorni feriali);
- tenere a disposizione immediata potenza di riserva (fredda o rotante);
- contribuire alla regolazione di frequenza-potenza e di tensione della rete.



Sala macchine

Sala quadri

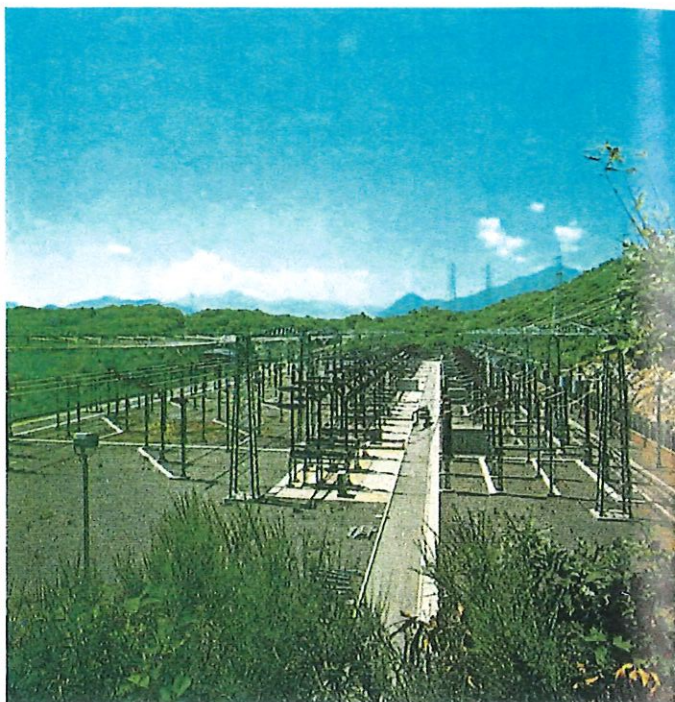


Conseguentemente sono previsti per ciascuno degli otto gruppi i seguenti stati di esercizio:

- gruppo fermo con giunto disinnestato o innestato;
- gruppo turbina/alternatore in servizio di riserva rotante;
- alternatore in servizio come compensatore sincrono con turbina trascinata;
- gruppo turbina/alternatore in servizio di generazione;
- gruppo in servizio di pompaggio.

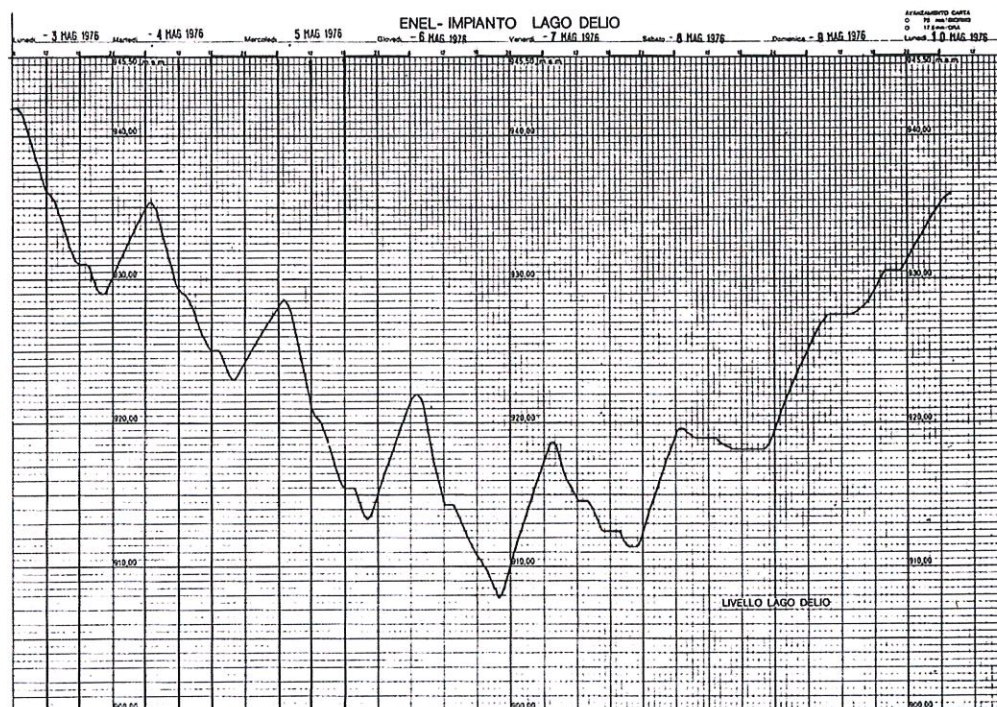
I passaggi di ogni gruppo dall'uno all'altro stato di esercizio sono guidati e controllati da automatismi a logica statica ed avvengono mediante semplice comando di scelta dello stato di esercizio desiderato al quale si arriva qualunque sia lo stato di esercizio nel quale il gruppo si trovi.

L'impianto è normalmente esercito secondo cicli settimanali. Il lago Delio presenta le condizioni di massimo invaso il lunedì mattina e quelle di minimo invaso il venerdì sera; durante i giorni feriali i volumi d'acqua utilizzati per la produzione sono superiori a quelli che vengono ripristinati nelle notti mediante pompaggio; il ritorno alle condizioni di partenza avviene con un massiccio pompaggio nelle ore di fine settimana.



Stazione di smistamento

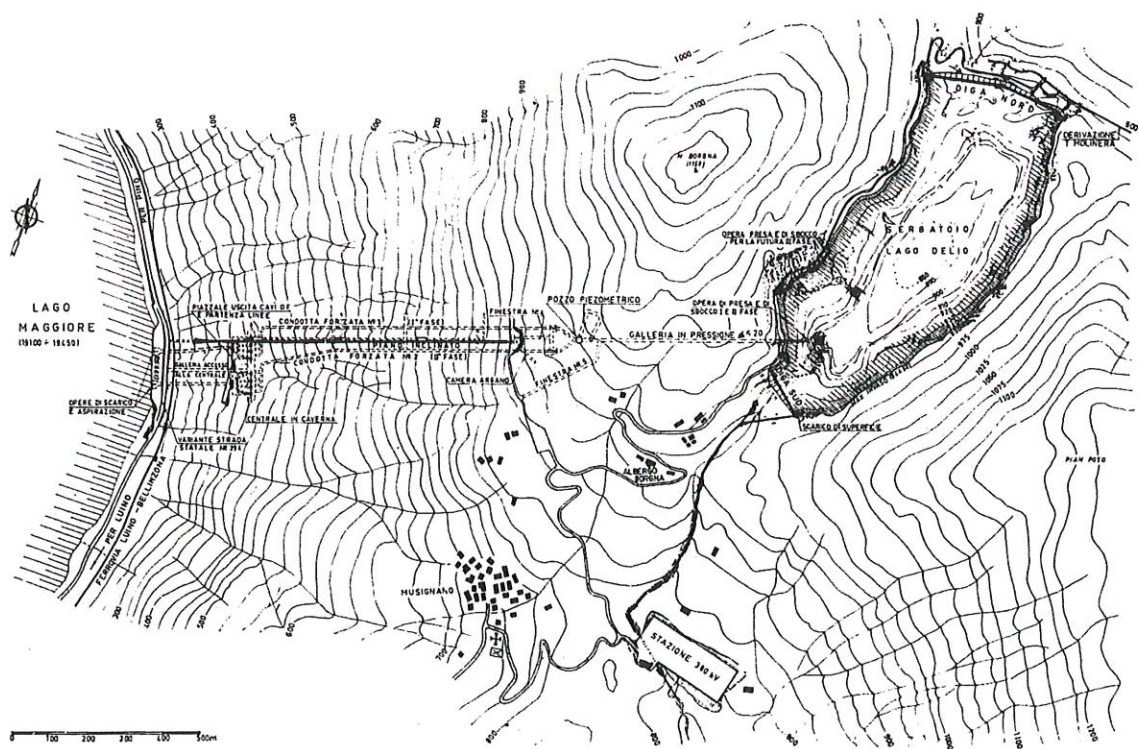
Lago Delio - diagramma di invaso settimanale



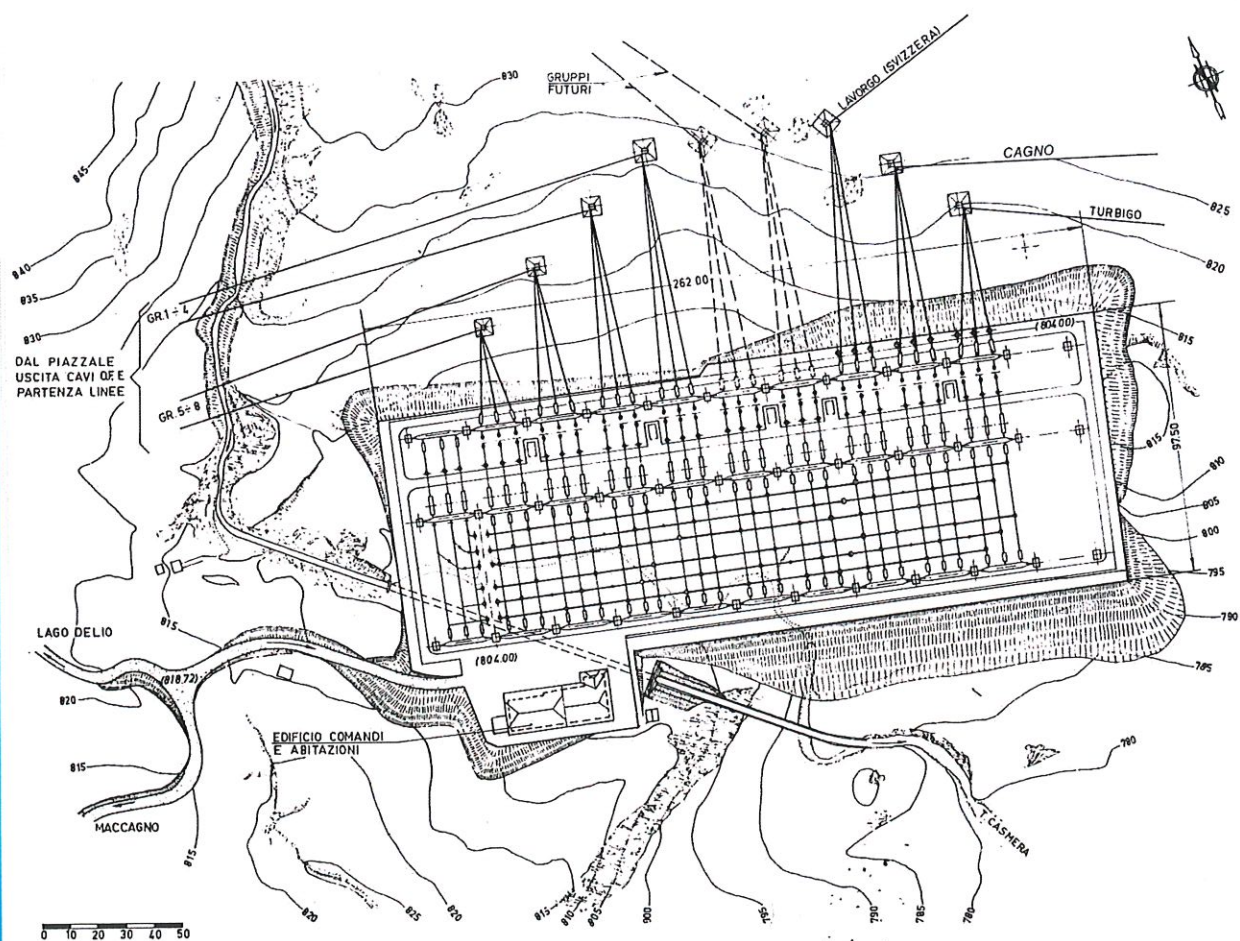
DATI TECNICI FONDAMENTALI

BACINO SUPERIORE LAGO DELIO	Capacità utile Energia immagazzinabile	9.750.000 m ³ 16.575.000 kWh
Diga nord	altezza massima lunghezza coronamento volume calcestruzzo	28,50 m 415,83 m 69.000 m ³
Diga sud	altezza massima lunghezza coronamento volume calcestruzzo	36,00 m 158,09 m 26.000 m ³
GALLERIA	lunghezza diametro	592,50 m 6,20 m
CONDOTTE FORZATE	numero 2 lunghezza diametro	1106 m e 1108 m 4,30 ÷ 3,60 m
CENTRALE Sala Macchine	lunghezza larghezza altezza	195,50 m 18,00 m 58,70 m
Macchinario rotante	n. 8 gruppi alternatore/turbina/pompa velocità nominale potenza alternatori tensione potenza turbine portata turbine salto motore netto nominale potenza pompe portata pompe prevalenza manometrica minima	500 giri/min 8 x 140 MVA = 1120 MVA 17 ± 5% kV 8 x 130 MW = 1040 MW 8 x 20 m ³ /s = 160 m ³ /s 732 m 8 x 98 MW = 784 MW 8 x 11,75 m ³ /s = 94 m ³ /s 720 m
Trasformatori	n. 4 trasformatori trifasi rapporto potenza	17/17/410 kV 140/140/280 MVA
CANALI DI SCARICO	numero 2 lunghezza altezza	178 e 182 m 11 m

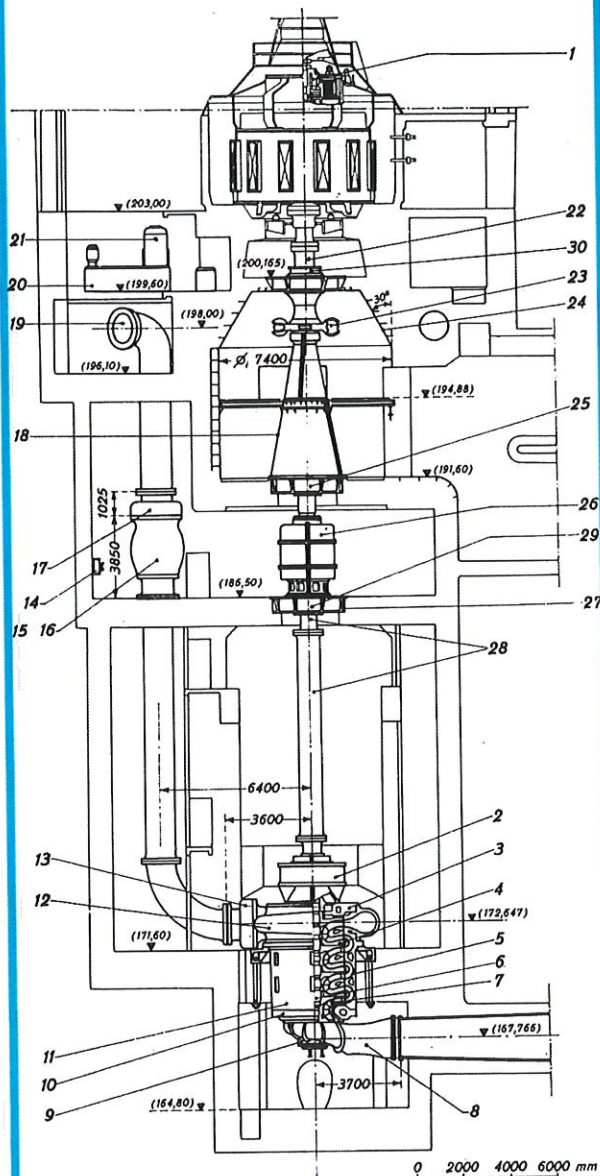
Stampa Nastro & Nastro srl Luino



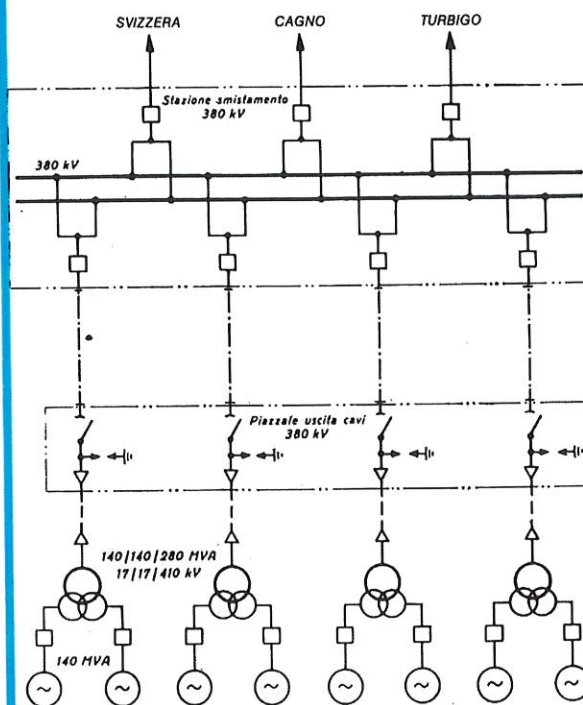
Stazione di Musignano - Planimetria



Sezione gruppo turbina-pompa



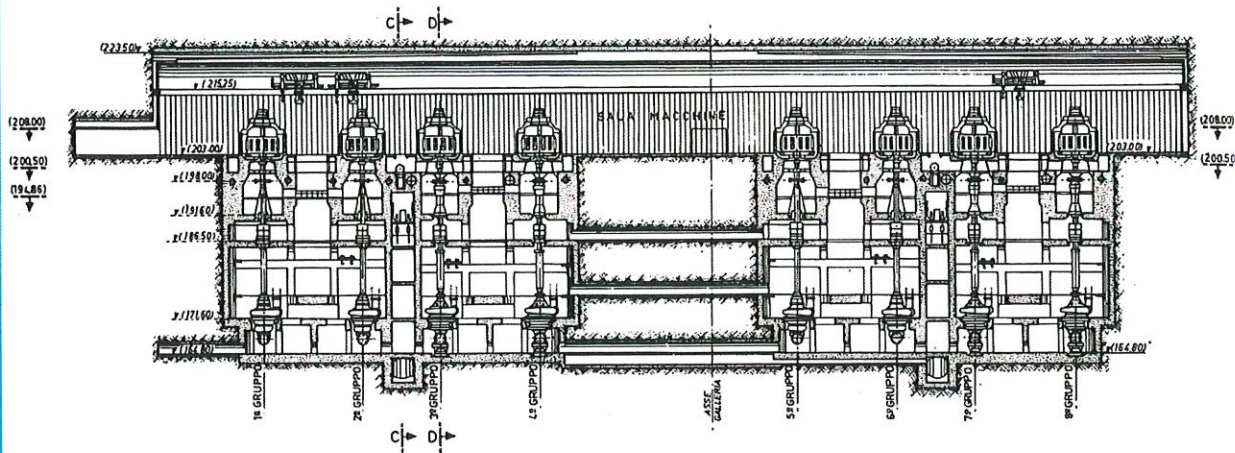
Schema elettrico semplificato dell'impianto



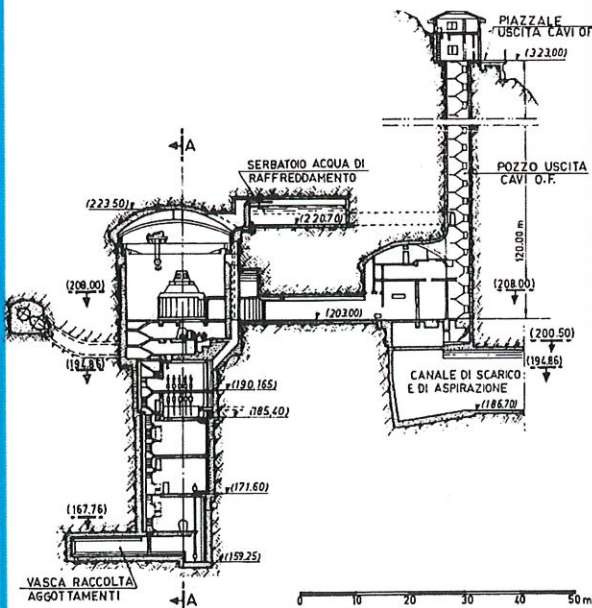
Sezione longitudinale di uno dei gruppi (1, 2, 5, 6) del gruppo generatore/motore-turbina-pompa.

- 1) Supporto guida-spinta (alternatore/motore).
- 2) Supporto guida-spinta (pompa).
- 3) Coperchio superiore pompa.
- 4) Convogliatori diffusori pompa.
- 5) Tenuta e fodere per pompa.
- 6) Albero.
- 7) Giranti pompa.
- 8) Curva aspirante.
- 9) Supporto di guida inferiore.
- 10) Coperchio inferiore pompa.
- 11) Corpo pompa.
- 12) Cassa a spirale.
- 13) Giunto di compensazione (pompa).
- 14) Apparecchiature di comando per valvola a fuso.
- 15) Corpo esterno valvola a fuso.
- 16) Corpo interno valvola a fuso.
- 17) Giunto di compensazione per valvola a fuso.
- 18) Rivestimento albero.
- 19) Tubo di collegamento alla condotta.
- 20) Gruppo di pompaggio per regolatore.
- 21) Accumulatore d'olio per regolatore.
- 22) Albero.
- 23) Ruota Pelton.
- 24) Cassa Pelton.
- 25) Supporto di guida prolung. albero (turbina).
- 26) Giunto DP.EW.
- 27) Incastellatura supporto guida inferiore (turbina).
- 28) Prolungamento albero.
- 29) Supporto di guida prolungamento albero.
- 30) Supporto di guida turbina.

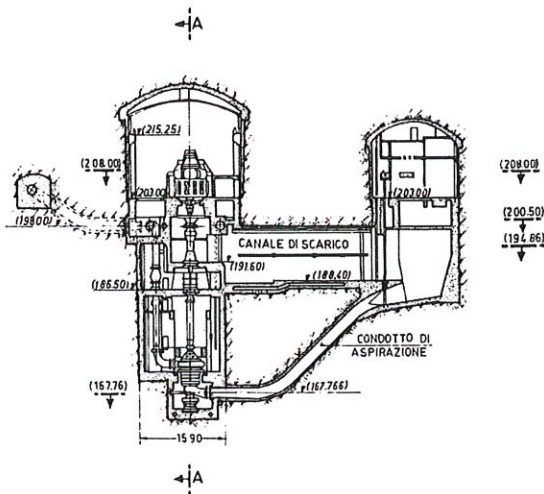
Sezione longitudinale A-A



Sezione trasversale C-C



Sezione trasversale D-D



Profilo longitudinale

