
Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Realizzazione di impianti mini idro

ing. Alessandro Calvi, ENEL Produzione S.p.A, Supporto Tecnico Civile
alessandro.calvi@enel.com



Omegna, 07 Ottobre 2016

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Realizzazione di impianti mini idro

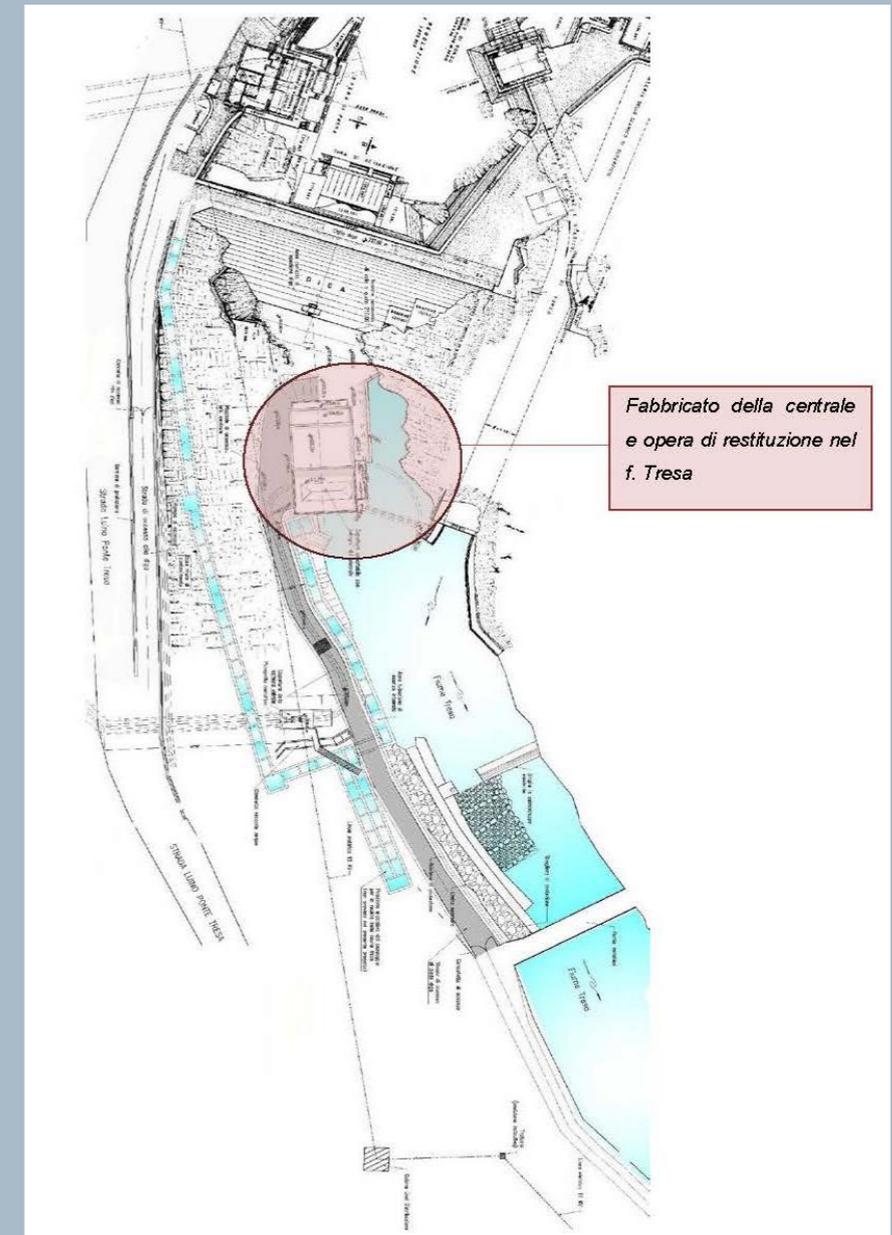
Sommario

- **Impianto di Creva II, mini idro, Lombardia**
 - Impianto del Ghirlo, mini idro, Veneto
 - Impianto di Santa Caterina, mini idro, Veneto
-

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto di Creva II

Descrizione e inquadramento dell'intervento



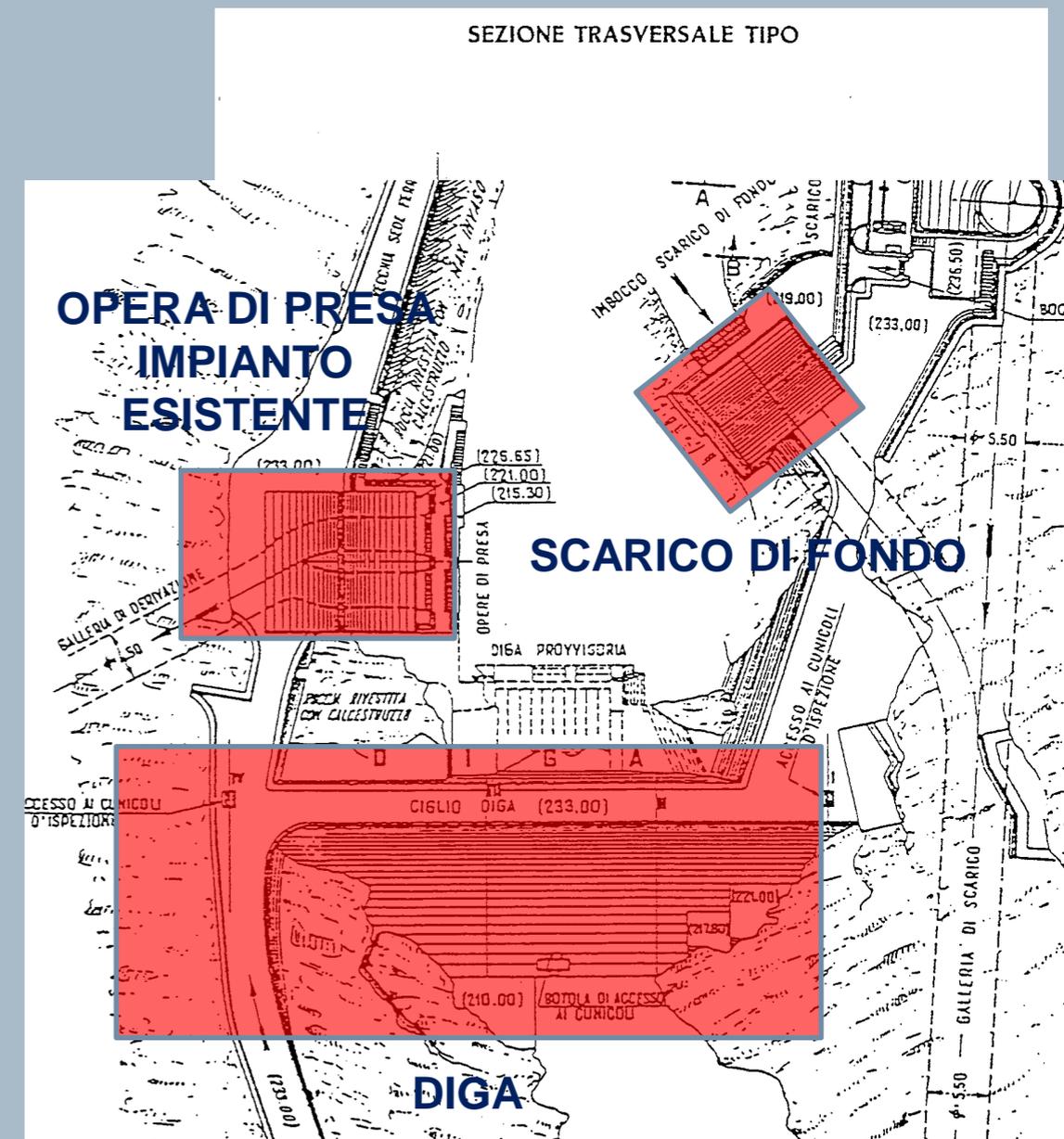
- L'impianto idroelettrico progettato è del tipo ad acqua fluente, alimentato dalle portate scaricate dalla diga di Creva per garantire il DMV del fiume Tresa. Per queste sue caratteristiche l'impianto è privo di capacità di accumulo e regolazione dei deflussi.
- Esso è costituito dalle seguenti opere:
 - opera di presa;
 - condotta forzata metallica;
 - opera di restituzione;
 - edificio centrale con cabina elettrica;
 - linea elettrica MT

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto di Creva II

Dati di concessione e caratteristiche dell'impianto

- Portata media: $Q_c, med = 2,300 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Salto = 21,50 m;
- Potenza nominale = 485 kW.
- Producibilità: 3,29 GWh/anno



Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto di Creva II

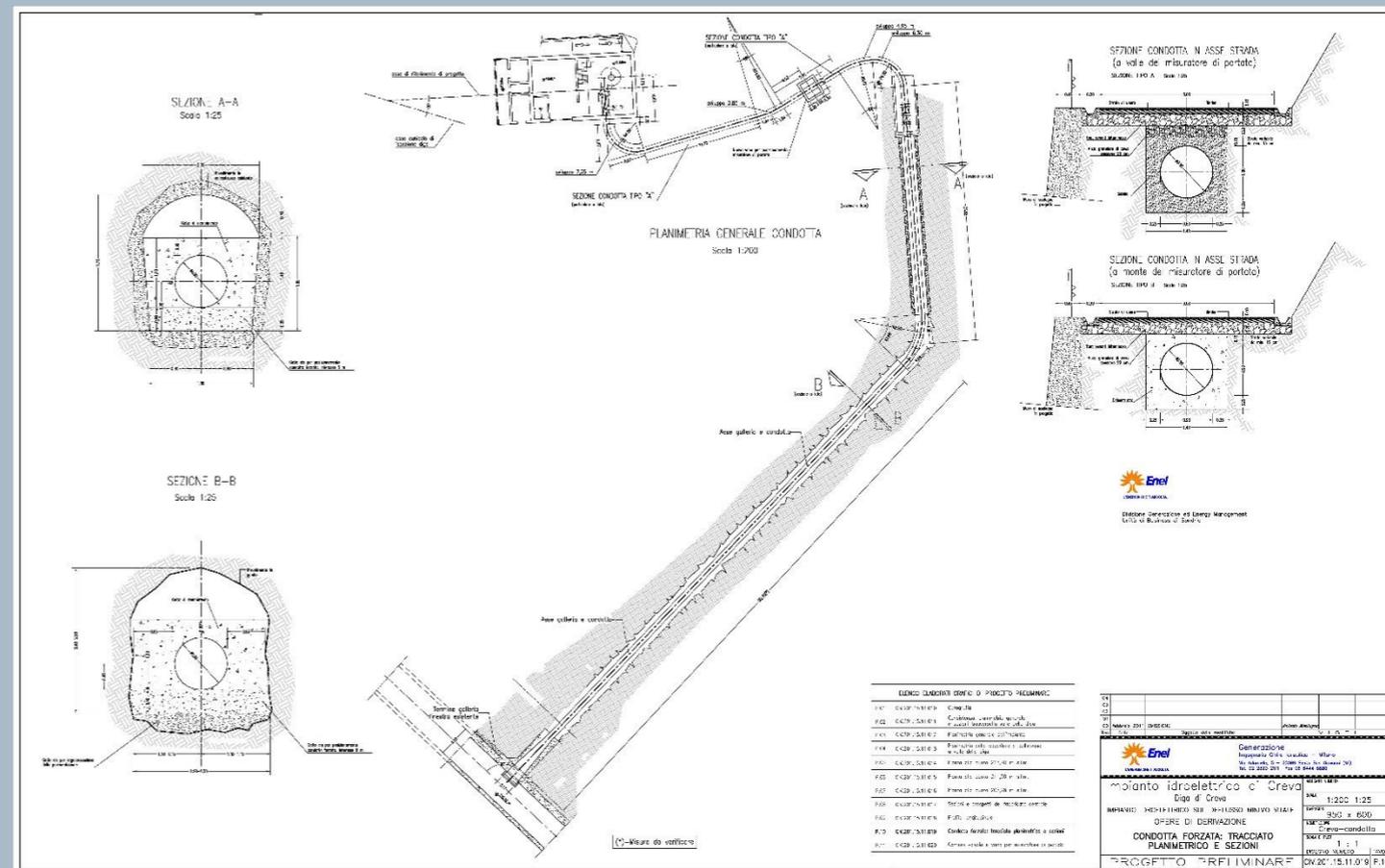
Lay-out dell'impianto – opera di presa, condotta forzata, centrale, restituzione

L'opera di presa è costituita da elementi metallici uniti tra loro, che formano il raccordo tra la galleria di derivazione in pressione dell'impianto di Creva (esistente) e la condotta forzata del nuovo impianto.

La condotta forzata è di tipo metallico e costruita senza giunti di dilatazione, con tubazioni in acciaio di tipo S35. I vari tratti delle tubazioni sono uniti tra di loro con saldature di testa.

Sono presenti blocchi di calcestruzzo armato ad ogni cambio di direzione della tubazione, sia planimetrico che altimetrico.

La condotta è protetta contro la corrosione.



Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto di Creva II

Lay-out dell'impianto – opera di presa, condotta forzata, centrale, restituzione

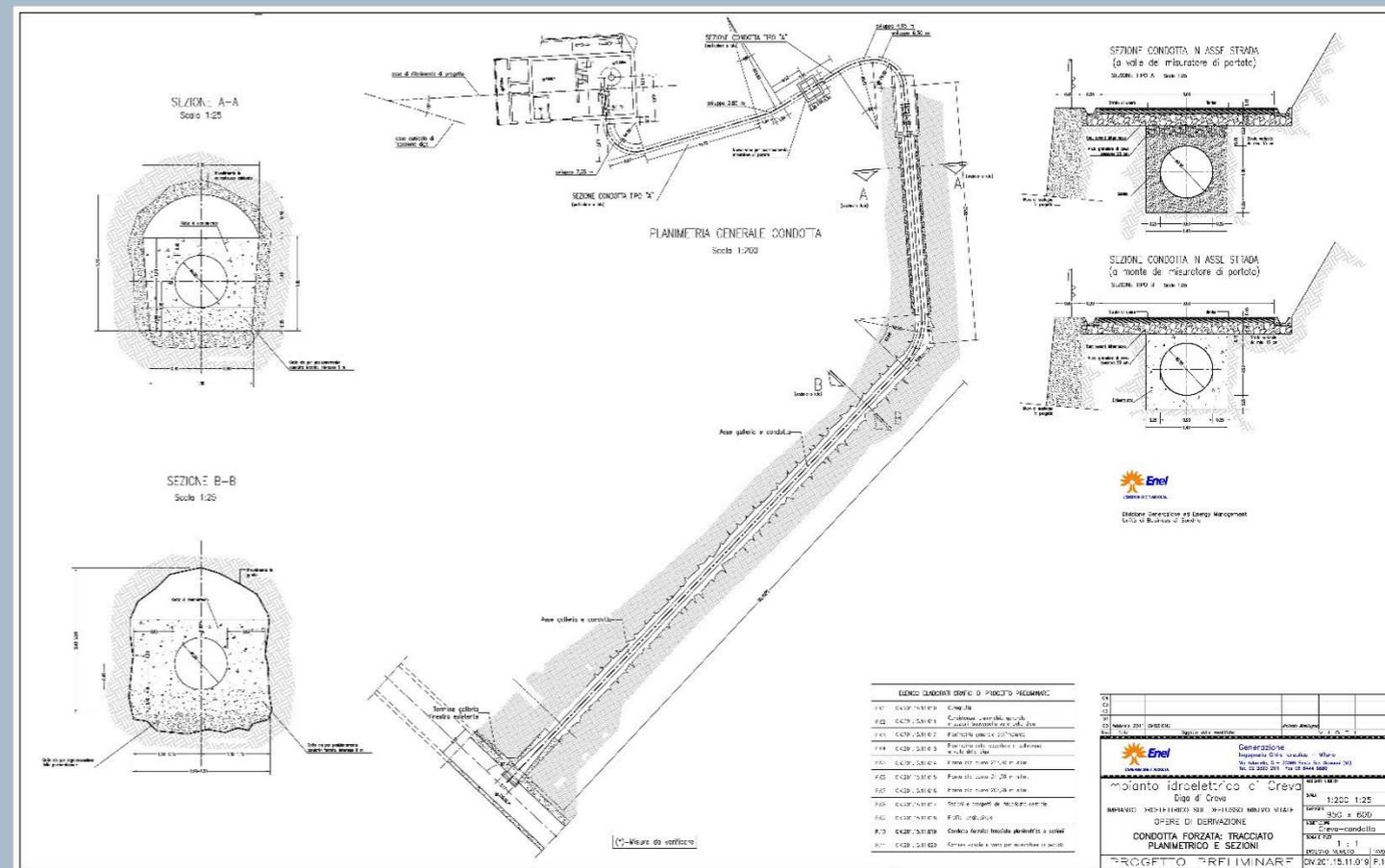
Le caratteristiche principali della **condotta forzata** sono le seguenti:

- Diametro nominale: 900 mm;
- Lunghezza: 170 m (circa);
- Portata nominale: 2,30 m³/s;
- Velocità acqua: 3,62 m/s.

La condotta è verificata anche tenendo conto delle sovrappressioni derivanti dall'esercizio della centrale esistente di Creva.

La condotta è dotata di un organo di guardia costituito da una valvola a farfalla, comandata in chiusura da un dispositivo di sgancio automatico sensibile alla velocità dell'acqua.

A valle dell'organo di guardia è posta in opera una valvola di rientro d'aria.



Le caratteristiche della turbina (Francis) e del suo sistema di regolazione, sono tali da garantire manovre di chiusura del distributore: lineari, lente, con tempi tali da limitare la sovrappressione.

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto di Creva II

Lay-out dell'impianto – opera di presa, condotta forzata, centrale, restituzione

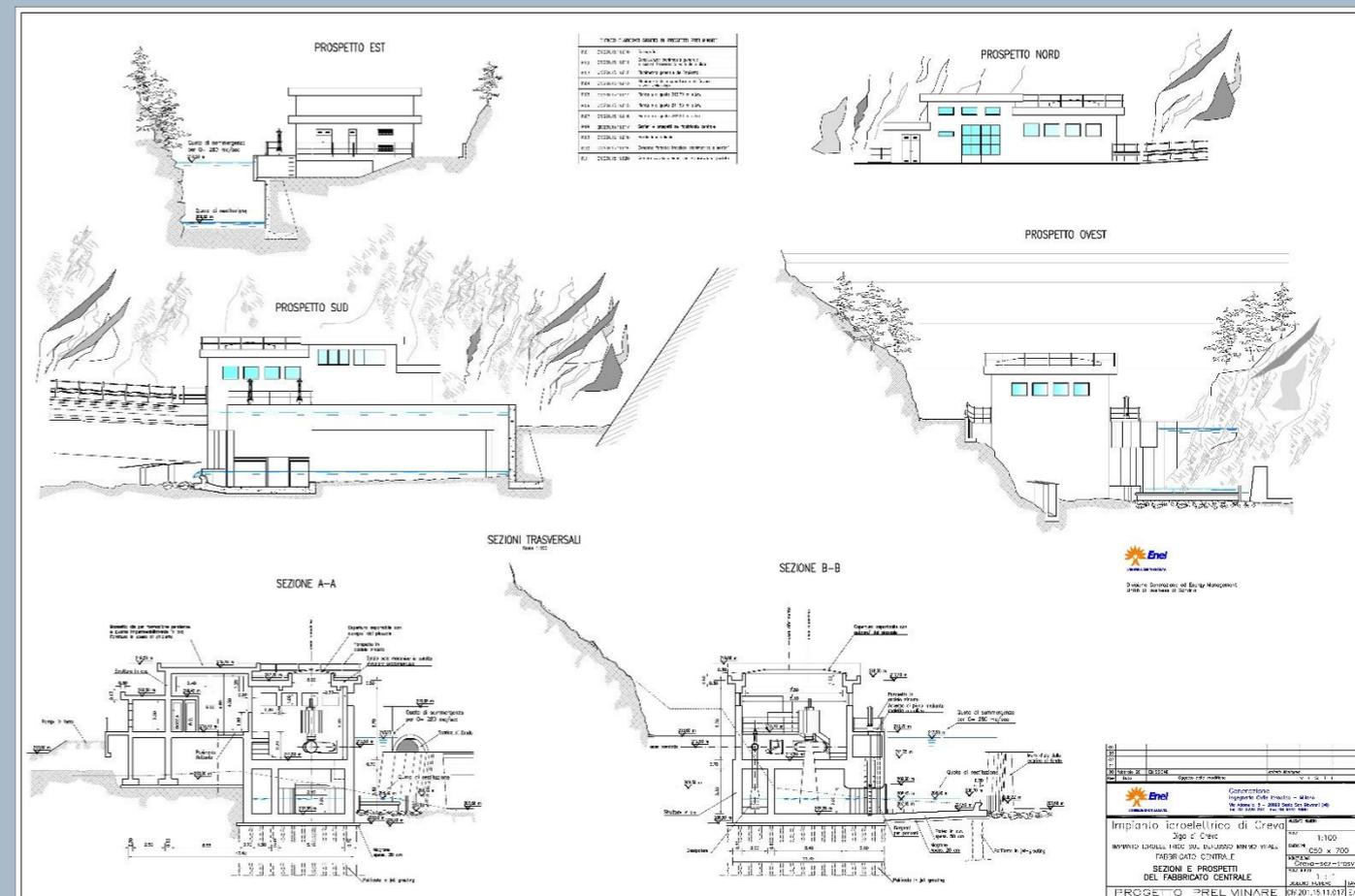
Il fabbricato della centrale è un edificio in calcestruzzo.

La restituzione delle portate avviene nell'alveo del fiume Tresa, attraverso un breve tratto di canale a cielo libero.

Una soglia posta al termine del canale determina la quota di restituzione

Nel canale si immettono sia lo scarico della turbina sia lo scarico del by-pass.

Quest'ultimo risulta installato all'interno della centrale ed è costituito da una valvola a saracinesca (dotata di dispositivo che governa le operazioni di regolazione del distributore della turbina, in modo da non interrompere il flusso delle portate che costituiscono il DMV in caso di blocco del gruppo generatore.



Entrambi gli scarichi sono dotati di una paratoia di guardia contro le piene del fiume.

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto di Creva II

Lay-out dell'impianto – opere elettromeccaniche e linee elettriche

Per quanto riguarda le **opere elettromeccaniche**, nella centrale è installato un gruppo turbina Francis -alternatore ad asse verticale, con accoppiamento diretto fra turbina e generatore.
La turbina è dimensionata per una portata massima di 3,00 m³/s.

Per quanto riguarda le **linee elettriche**, il collegamento alla rete a tensione di 15 kV, è realizzato tramite la costruzione di una linea in cavo isolato, posato sotto al piano della strada consortile. La linea unisce la centrale ad una cabina M.T., esistente in prossimità della strada provinciale Luino – Ponte Tresa.

La lunghezza della linea in cavo è di circa 180 m.

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto di Creva II

Considerazioni idrologiche

L'impianto idroelettrico utilizza le acque rilasciate dalla diga di Creva nel fiume Tresa per garantire il Deflusso Minimo Vitale.

La Normativa di riferimento per il DMV è costituita dal Programma di Tutela ed Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia, approvato con Delibera di Giunta 29 novembre 2006.

Tale strumento indica che il calcolo del DMV, può essere eseguito, in mancanza di studi e ricerche effettuate secondo le metodologie sperimentali, utilizzando la formula indicata dall'Autorità di Bacino del fiume Po:

$$\text{DMV} = k * q_{\text{media}} * S * M * Z * A * T$$

Dove:

DMV = deflusso minimo vitale (l/s).

k = parametro sperimentale definito per singole aree geografiche che esprime la percentuale della portata media annua che deve essere considerata.

S = superficie del bacino imbrifero naturale sotteso.

M, Z, A, T = fattori correttivi della componente $k * q_{\text{media}} * S$, definita componente idrologica del DMV.

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Realizzazione di impianti mini idro

Sommario

- Impianto di Creva II, mini idro, Lombardia
 - **Impianto del Ghirlo, mini idro, Veneto**
 - Impianto di Santa Caterina, mini idro, Veneto
-

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto del Ghirlo

Caratteristiche dell'impianto esistente

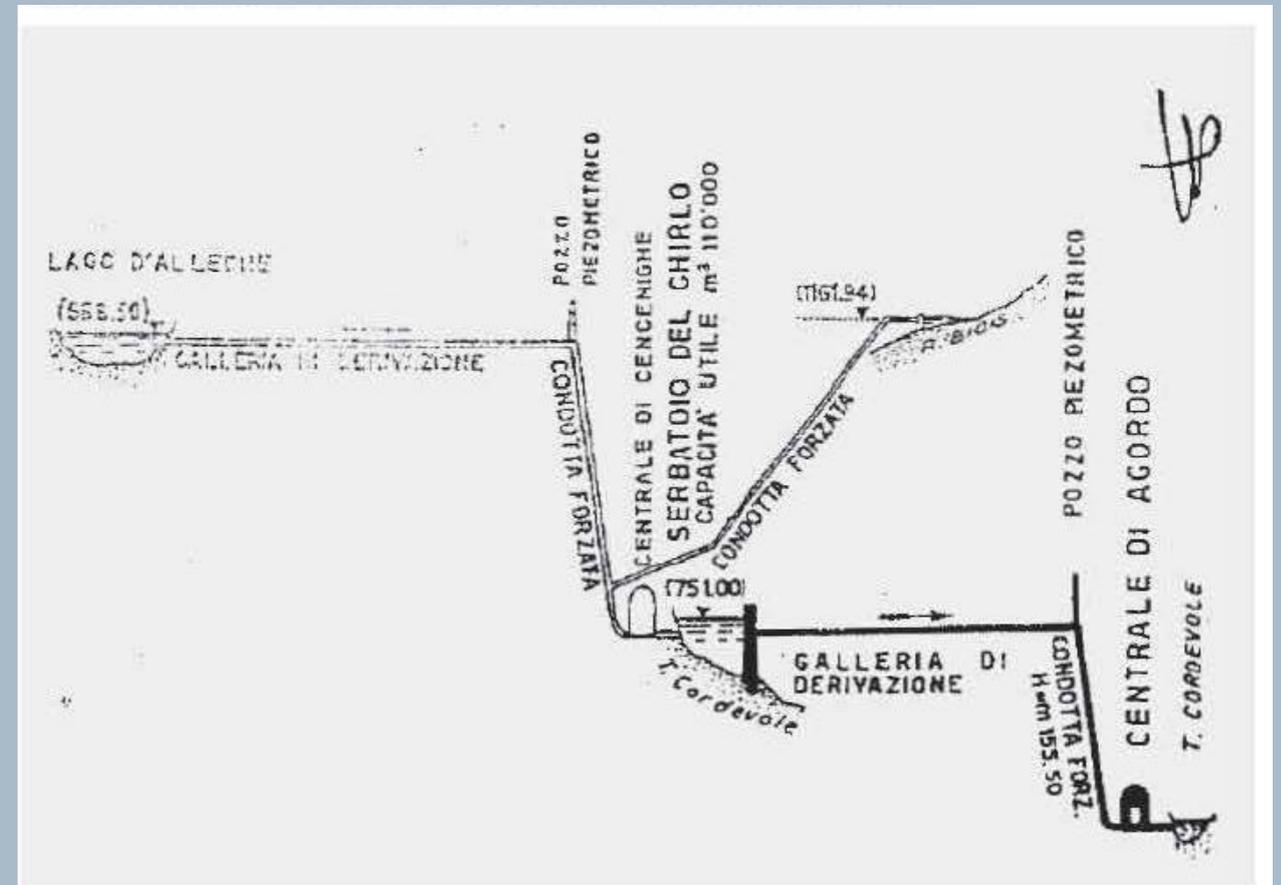
L'impianto idroelettrico di Agordo sfrutta le acque provenienti dal bacino del Ghirlo e da una presa sul torrente Corpassa.

La condotta di adduzione in pressione è circolare in calcestruzzo con diametro di 3,00 m.

Successivamente all'immissione del torrente Corpassa, la condotta di derivazione è in pressione con diametro interno di 3,10 m per una lunghezza di 3500 m.

Dopo il pozzo piezometrico si ha una condotta forzata in acciaio fino all'edificio della centrale.

La condotta forzata ha un diametro compreso tra i 2,20 – 2,60 m.



Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto del Ghirlo

Caratteristiche dell'impianto esistente – diga del Ghirlo

La diga del Ghirlo è uno sbarramento in calcestruzzo a gravità con altezza pari a 25,45 m (secondo il D.M. 24 marzo 1982).

Lo sbarramento ha un andamento planimetrico rettilineo con coronamento lungo 75 m.

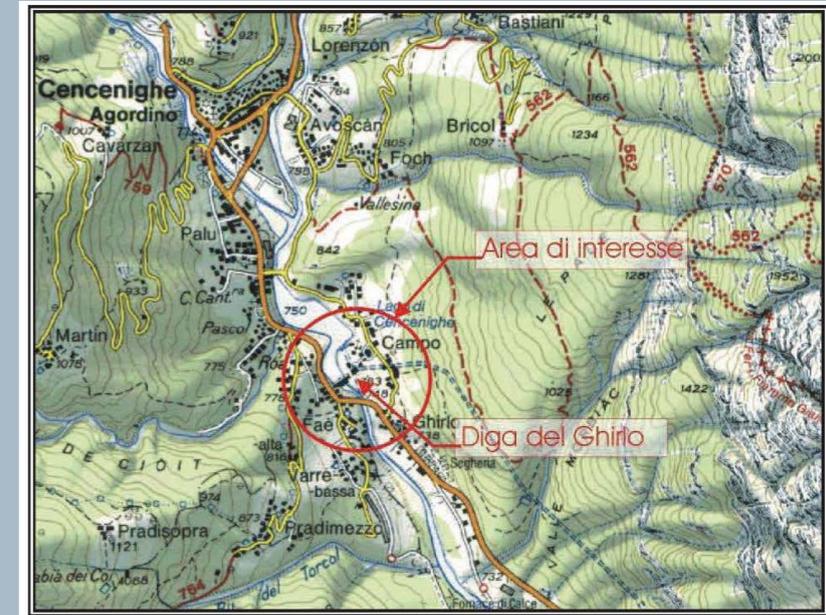
Lo spessore dell'opera varia da 2,5 m (in sommità) a 15,67 m (alla base).

La superficie del bacino sotteso dalla diga è di 419,00 km².

La diga è divisa in due parti. La parte sinistra è lunga 30 m ed è suddivisa in due luci da 12,25 m separate da una pila centrale. La parte destra, invece, lunga 35 m, non è trascinabile, e si collega ad un argine in terra provvisto di diaframma in c.a..

La diga è provvista di tre scarichi:

- Scarico di superficie: costituito da due luci di sfioro da 12,25 m ciascuna, presidiate da paratoie piane abbattibili alte 4,50 m.
- Scarico di alleggerimento: con presa all'interno del serbatoio, in sinistra idraulica.
- Scarico di fondo: posto sulla spalla sinistra, costituito da una galleria con sezione 2,0 x 2,0 m.

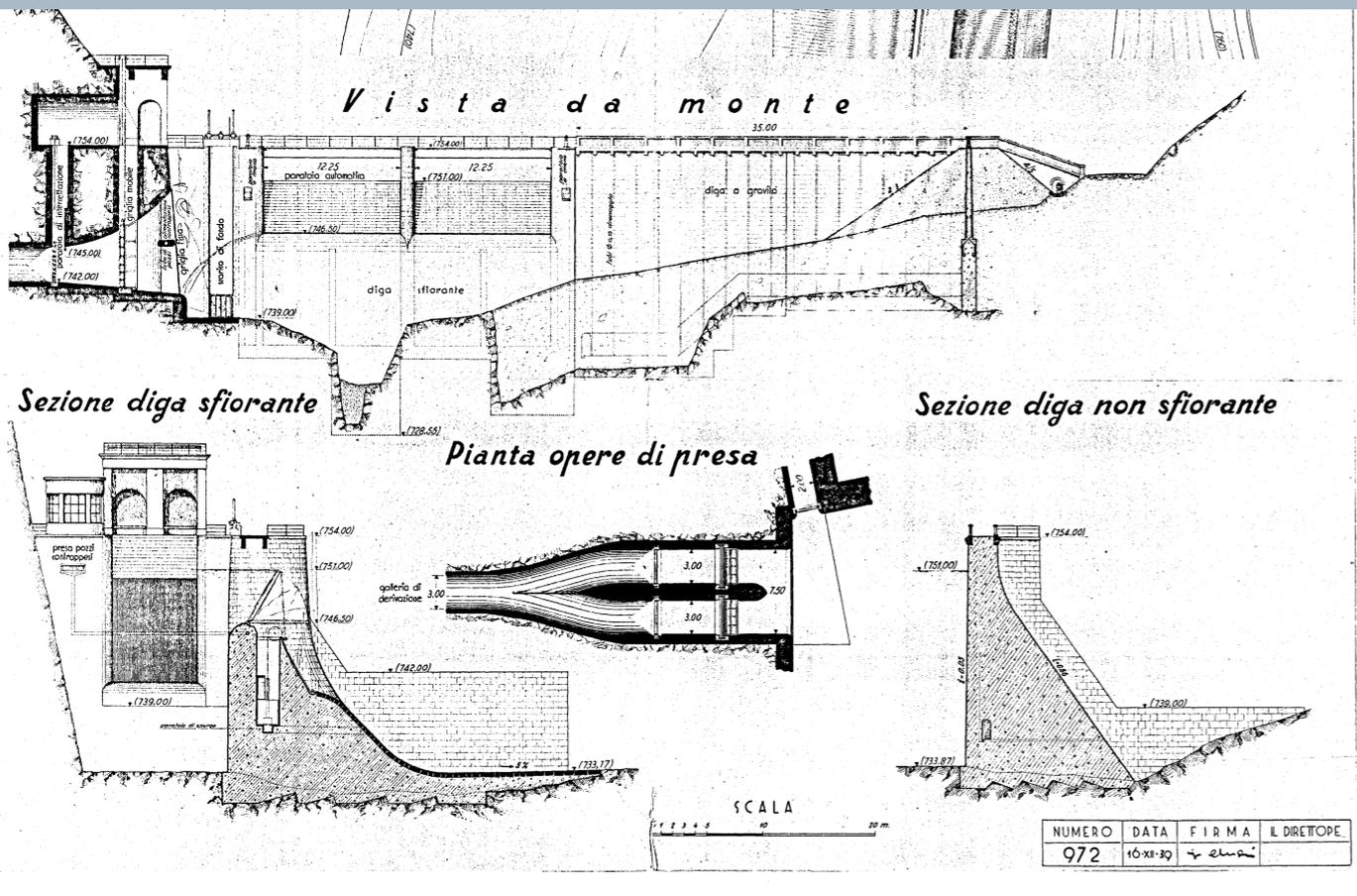


Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto del Ghirlo

Caratteristiche dell'impianto esistente – diga del Ghirlo

Secondo il F.C.E.M. della diga, con il serbatoio a quota 753,00 m s.l.m., la portata esitabile attraverso i tre ordini di scarichi sono pari a 1225 m³/s.



Si riportano le caratteristiche generali relative al bacino del Ghirlo desunti dal F.C.E.M.

- Bacino imbrifero sotteso 419 km²;
- Volume utile 0,11 x 10⁶ m³;

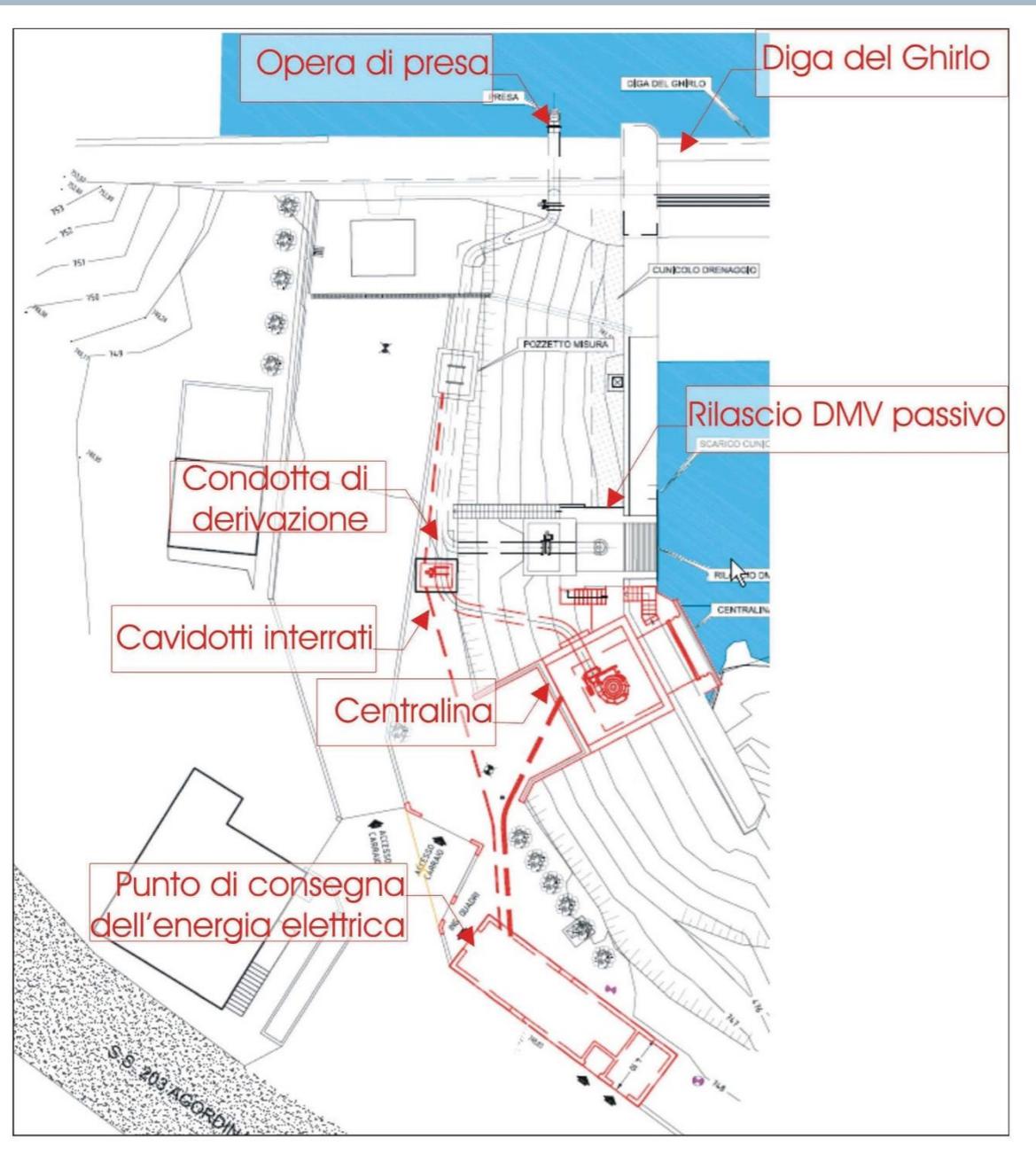
Portate scaricate con livello a 753,00 m s.l.m.:

- Scarico di superficie 869 m³/s;
- Scarico di alleggerimento 309 m³/s;
- Scarico di fondo 47 m³/s;

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto del Ghirlo

Lay-out dell'impianto



Dal punto di vista funzionale le opere che compongono il progetto sono le seguenti:

- **Opera di presa:** non oggetto di autorizzazione.
- **Conduttura idraulica:** oggetto di richiesta di autorizzazione solo per il tratto terminale verso la centralina.
- **Centrale DMV,** sala quadri, connessione alla linea MT: oggetto di richiesta di autorizzazione.
- **Opere di restituzione:** oggetto di richiesta di autorizzazione.

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto del Ghirlo

Lay-out dell'impianto: opera di presa, condotta forzata, centrale, restituzione

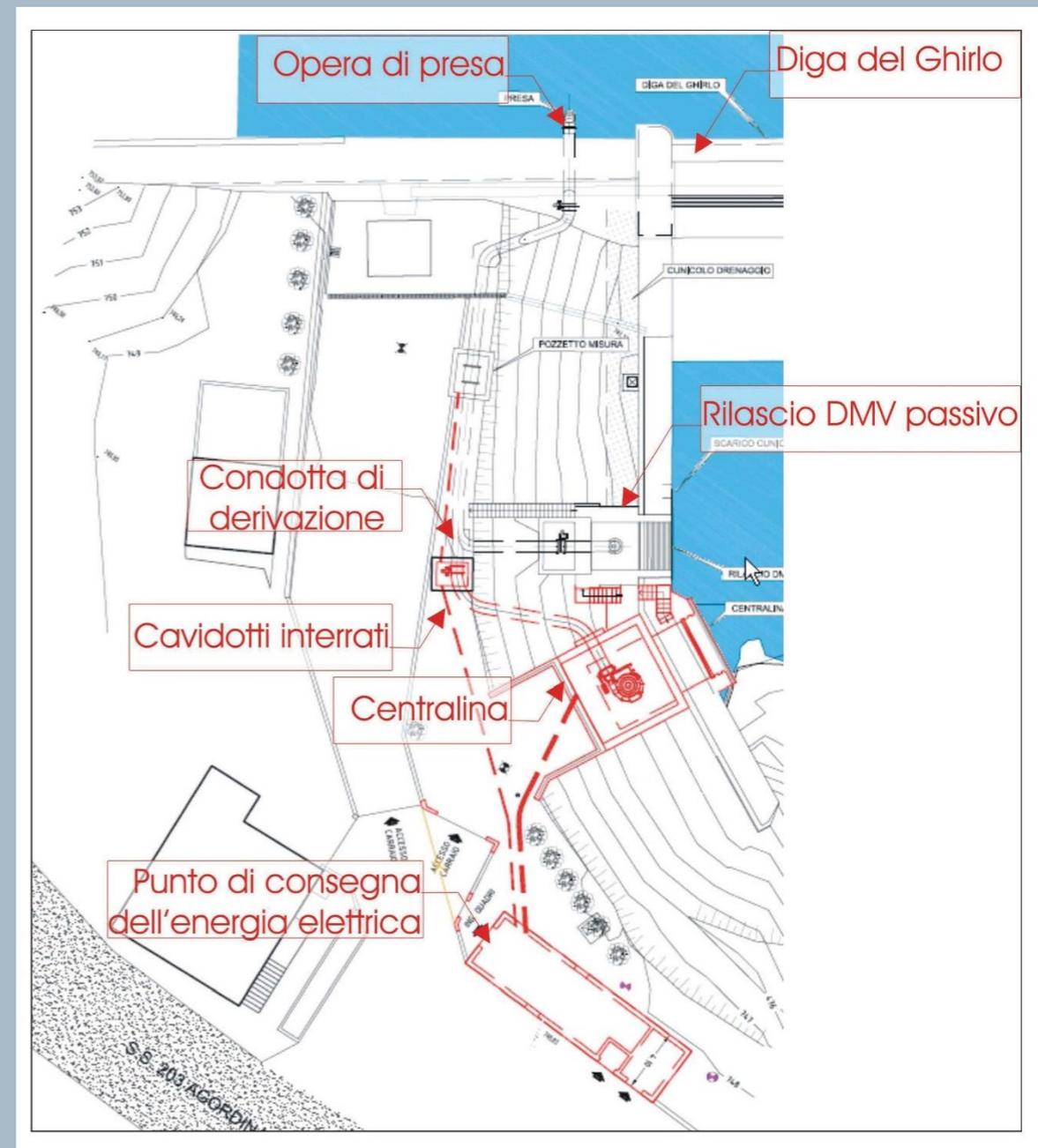
La presa è composta da una luce a battente di sezione quadrata con lato di 1 m, innestata su una condotta inserita nel corpo diga, nella parte destra non tracimabile.

La **condotta di derivazione** è costituita da una tubazione in acciaio con diametro interno di 700 mm in grado di resistere con adeguato margine di sicurezza alle massime sollecitazioni prevedibili.

Immediatamente a valle dell'uscita dal corpo diga è inserita sulla condotta una paratoia di intercettazione dotata, sul lato di valle, di valvola per il rientro d'aria che impedisce la comparsa di sovrappressioni negative in caso di chiusura della derivazione.

Il **fabbricato della centrale** per il rilascio di DMV è realizzata al piede della diga del Ghirlo,. La centrale è dotata di un gruppo generatore di tipo Francis ad asse verticale con cono diffusore al fondo.

L'**opera di restituzione**, ovvero il collegamento idraulico tra la vasca di carico e l'alveo del torrente Cordevole, è costituita da una luce sfiorante ricavata nel muro esistente in sponda destra.



Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto del Ghirlo

Dati caratteristici della centralina DMV

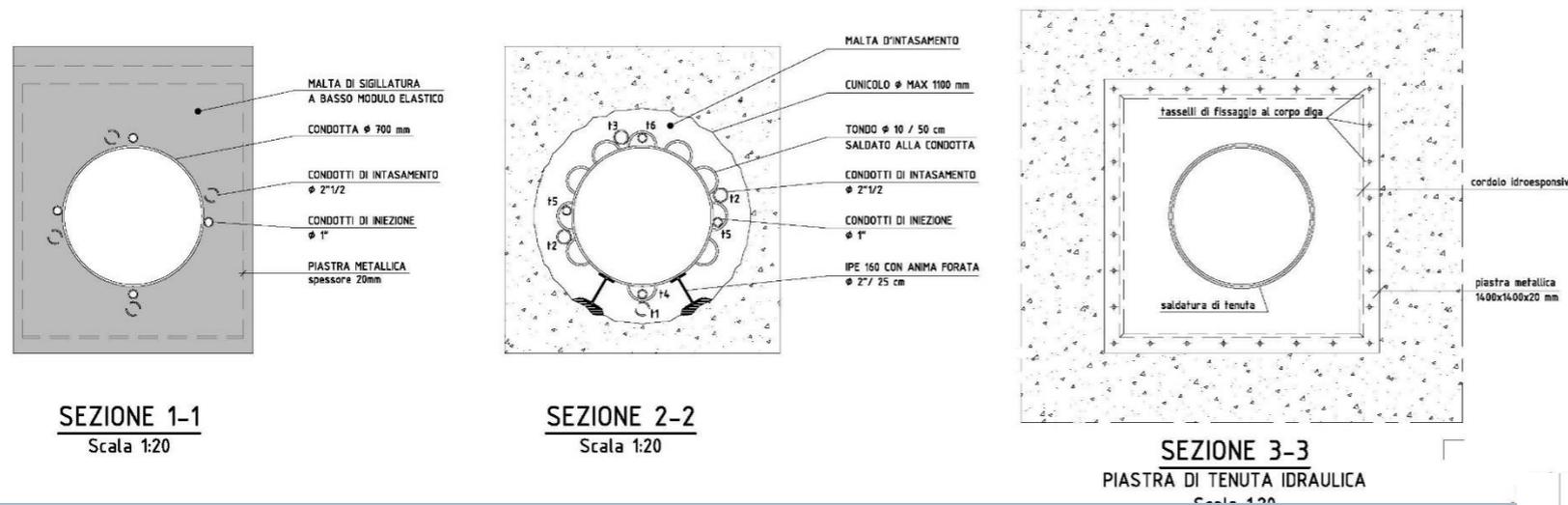
Si riportano di seguito i dati principali dell'impianto DMV:

- Salto massimo lordo	17,21 m
- Salto minimo lordo	12,14 m
- Numero gruppi di generazione	1
- Tipo di turbina	Francis ad asse verticale
- Tipo di generatore elettrico	Sincrono, brushless
- Portata del gruppo (quota minima di esercizio)	1,45 m ³ /s
- Portata del gruppo (quota massima di esercizio)	1,45 m ³ /s
- Totale potenza installata	200 kW
- Tensione di consegna dell'energia alla rete	20 kW
- Producibilità media annua netta	1,1 GWh

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto del Ghirlo

Attraversamento del corpo diga



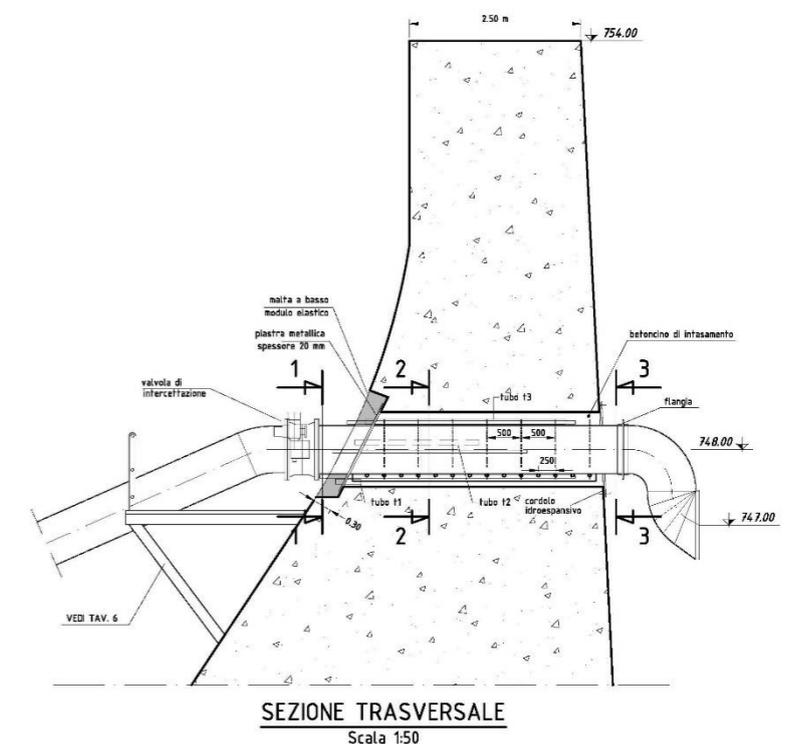
Stato tensionale della diga valutato nelle seguenti condizioni:

- Situazione indisturbata pre lavoro.
- Diga con foro 110 cm (tubazione ancora da inserire).
- Diga con tubazione metallica con diametro 70 cm.

Stato tensionale della diga valutato in condizioni indisturbate:

Punti	Paramento di monte	Paramento di valle
Tensione massima (compressione)	pp	pp+ci
Tensione minima (trazione)	pp+ci	pp

Punti	Paramento di monte	Paramento di valle
Tensione massima (compressione)	$\sigma_{my,max} = 16.44 \text{ N/cm}^2$	$\sigma_{vy,max} = 19.48 \text{ N/cm}^2$
Tensione minima (trazione con segno -)	$\sigma_{my,min} = 7.62 \text{ N/cm}^2$	$\sigma_{vy,min} = 8.20 \text{ N/cm}^2$



Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto del Ghirolo

Attraversamento del corpo diga

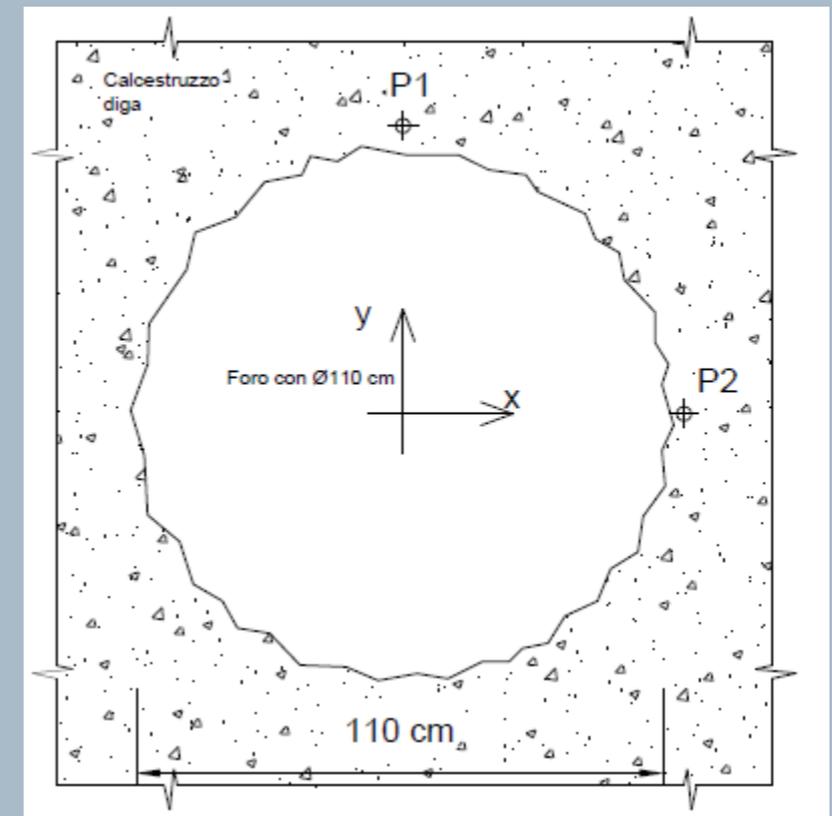
Si valuta lo stato tensionale nella diga appena dopo l'esecuzione del foro, prima dell'inserimento della tubazione metallica.

In questo caso la forza agente sulla sezione di indagine è solamente quella del peso proprio del corpo diga poiché i lavori sono avvenuti con livello di invaso al di sotto della sezione del foro.

I punti in corrispondenza dei quali si trovano le maggiori sollecitazioni sono i punti P1 e P2 (sia per quanto riguarda il paramento di monte che il paramento di valle).

Tramite modellazione su SAP 2000 è possibile ottenere le tensioni, che sono pari a:

Punti	Paramento di monte	Paramento di valle
P1	$\sigma_{mx,pp} = -15.5 \text{ N/cm}^2$	$\sigma_{vx,pp} = -7.0 \text{ N/cm}^2$
P2	$\sigma_{my,pp} = 49.6 \text{ N/cm}^2$	$\sigma_{vy,pp} = 22.5 \text{ N/cm}^2$



Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto del Ghirlo

Attraversamento del corpo diga

Successivamente è possibile valutare lo stato tensionale nell'intorno del foro in condizioni di regime.

Pertanto le condizioni di carico sollecitante che si possono presentare sono le seguenti:

- Peso proprio.
- Carico idrostatico a monte con livello idrico coincidente con il livello di massimo invaso.

Con queste condizioni di carico si valutano le combinazioni che massimizzano in ciascun punto le tensioni di compressione e di trazione.

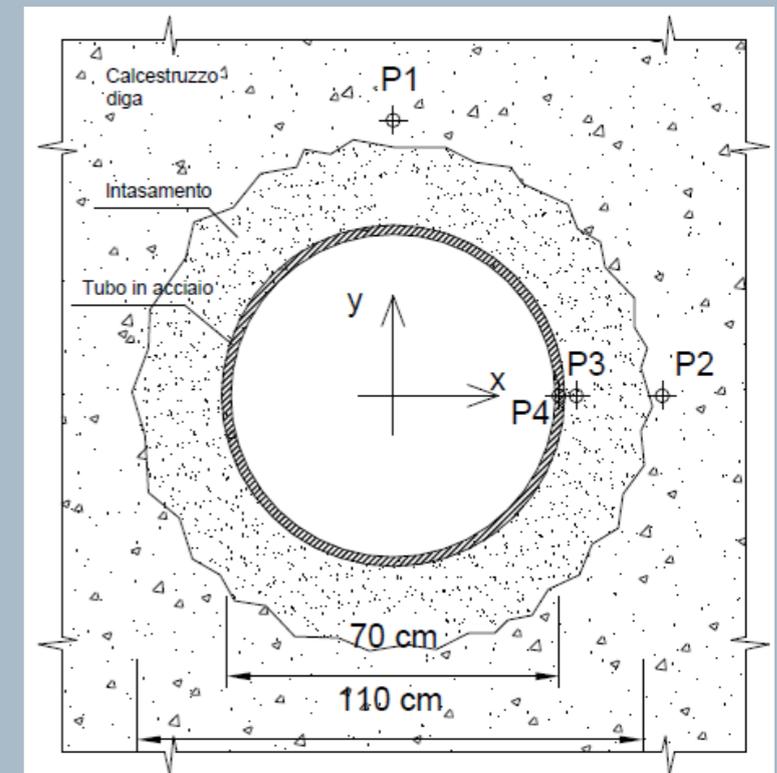
Si riportano al di sotto le combinazioni di carico per la massima tensione di trazione/ compressione e le corrispondenti tensioni:

Punti	Paramento di monte	Paramento di valle
P1	Asse x: pp	Asse x: pp + ci
P2	Asse y: pp + ci	Asse y: pp

Punti	Paramento di monte	Paramento di valle
P1	Asse x: pp + ci	Asse x: pp
P2	Asse y: pp	Asse y: pp + ci

Punti	Paramento di monte	Paramento di valle
P1	$\sigma_{mx} = -15.5 \text{ N/cm}^2$	$\sigma_{vx} = -9.51 \text{ N/cm}^2$
P2	$\sigma_{my} = 37.6 \text{ N/cm}^2$	$\sigma_{vy} = 22.5 \text{ N/cm}^2$

Punti	Paramento di monte	Paramento di valle
P1	$\sigma_{mx} = -13.5 \text{ N/cm}^2$	$\sigma_{vx} = -7.0 \text{ N/cm}^2$
P2	$\sigma_{my} = 49.6 \text{ N/cm}^2$	$\sigma_{vy} = 38.0 \text{ N/cm}^2$



Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Realizzazione di impianti mini idro

Sommario

- Impianto di Creva II, mini idro, Lombardia
 - Impianto del Ghirlo, mini idro, Veneto
 - **Impianto di Santa Caterina, mini idro, Veneto**
-

Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto di Santa Caterina

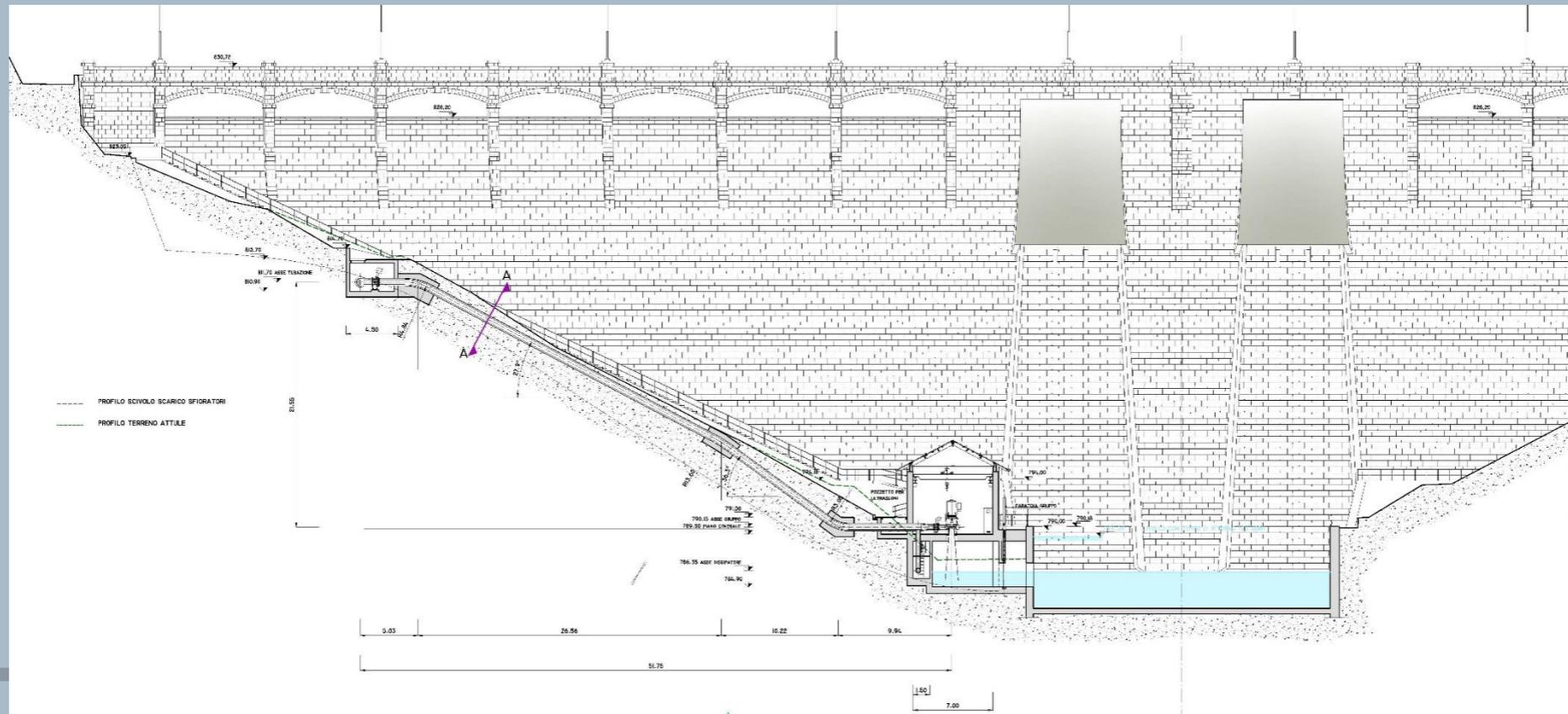
Descrizione e inquadramento dell'intervento

L'impianto sfrutta la portata rilasciata per il rispetto del Deflusso Minimo Vitale nel torrente Ansiei (Piave), dalla diga di Santa Caterina.

La presa è realizzata direttamente nel corpo della diga, che viene attraversato a quota 813,10 m s.l.m.

La condotta di derivazione è in pressione ed è costituita da una condotta forzata di acciaio di diametro 700 mm e lunga 100 m.

La condotta forzata alimenta una turbina Francis posta a quota 789,50 m s.l.m. e inserita in un fabbricato ubicato ai piedi della diga. Le acque turbinate vengono scaricate nella vasca di dissipazione della diga.



Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto di Santa Caterina

Dati e Caratteristiche dell'impianto

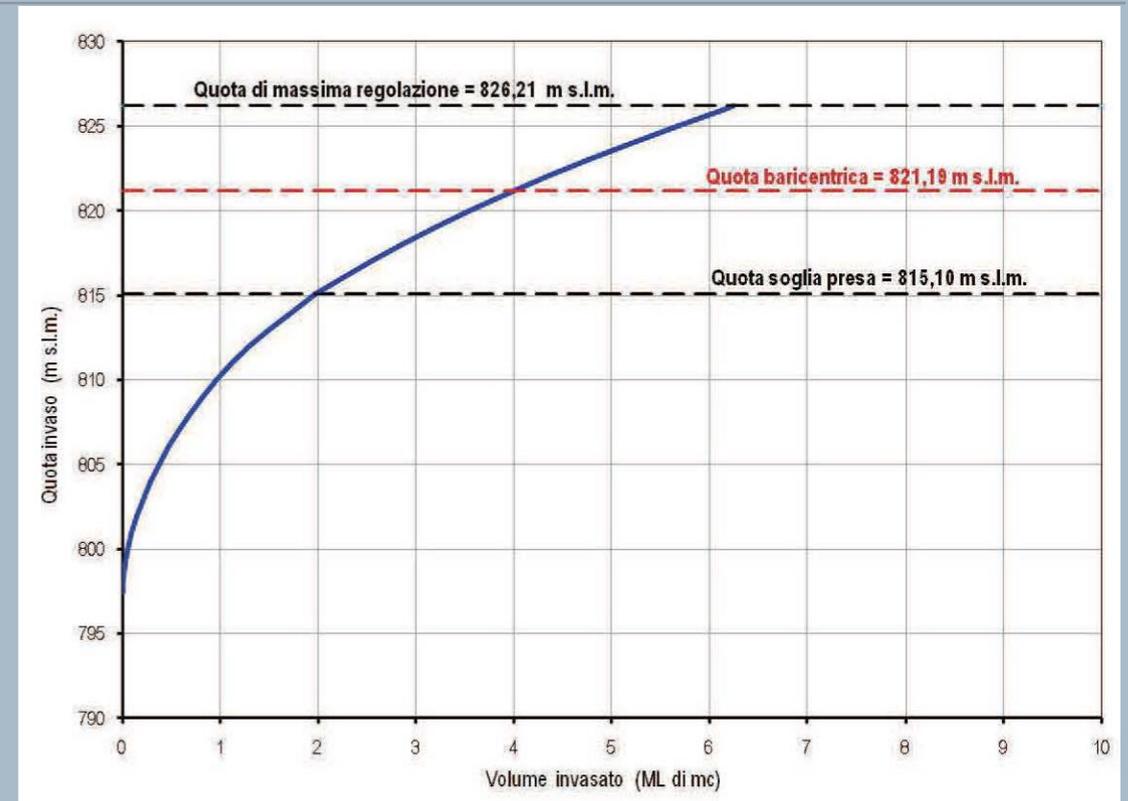
La portata derivabile è pari al Deflusso Minimo Vitale (DMV) del torrente Ansiei alla diga di Santa Caterina, a cui le Norme di Attuazione del Piano Stralcio per la gestione delle risorse idriche del Bacino del fiume Piave, attribuiscono i seguenti valori:

- Valore massimo: $0,84 \text{ m}^3/\text{s}$ (= cost da marzo a maggio e da settembre a novembre = 183 giorni);
- Valore minimo: $0,60 \text{ m}^3/\text{s}$ (= cost da dicembre a febbraio e da giugno ad agosto = 182 giorni);

La quota baricentrica del volume di invaso utile è: $821,19 \text{ m s.l.m.}$

La quota dello scarico è identificabile con il livello di sfioro dalla vasca dissipatrice che, mediamente, si trova a quota $786,30 \text{ m s.l.m.}$ in tal modo il salto nominale $\Delta H_N = 34,89 \text{ m.}$

Dalla portata media ($0,72 \text{ m}^3/\text{s}$) si può ottenere la potenza nominale di $246,38 \text{ kW}$.



Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto di Santa Caterina

Dati tecnici e prestazioni dell'impianto

Dalla curva di durata delle quote di invaso del periodo gennaio 1987 – gennaio 2010, alla durata percentuale del 50 % corrisponde il valore medio di: 824,00 m s.l.m.

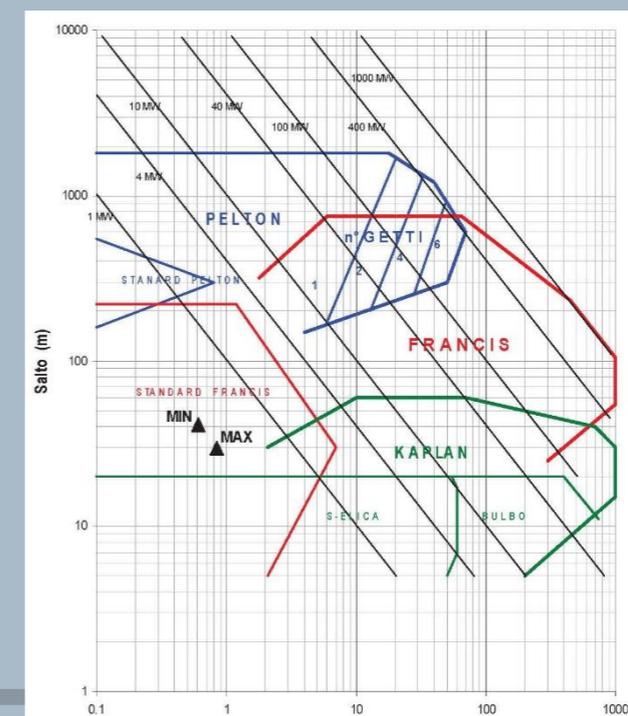
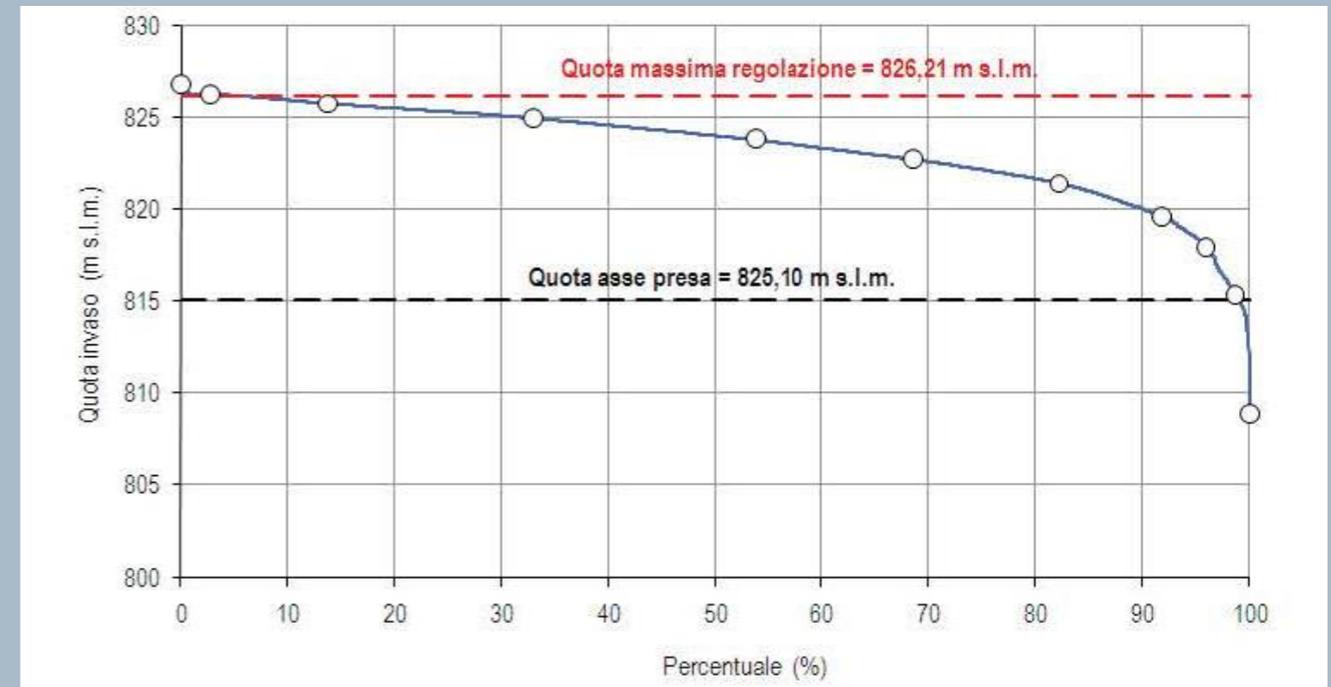
Tenendo conto dei periodi di funzionamento alla massima e alla minima portata (rispettivamente 183 e 182 giorni), l'energia mediamente producibile in un anno risulta:

1,68 GWh

Altri dati:

	Portata (m ³ /s)	Salto netto max (m)	Salto netto min (m)
Portata massima	0,84	38,96	29,75
Portata minima	0,60	39,40	30,19

La potenza massima erogata dall'impianto è pari a:
259,14 kW.



Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

Impianto di Santa Caterina

Immagini



Seminario «Energie Rinnovabili e Ambiente Montano»

GRAZIE A TUTTI PER L'ATTENZIONE
