



ALDAI

ASSOCIAZIONE LOMBARDA
DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI



FEDERMANAGER
FEDERAZIONE NAZIONALE DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI

« Le Dighe in Italia per la Produzione e l'Accumulo Idroelettrico »

- *Livio Magri (Gdl Energia-Ecologia)*
- *Milano, Via Larga 31 : 27/11/2018*

“DIGHE“ per produzione e accumulo idroelettrici

SOMMARIO

- Opere di Sbarramento idraulico : Traverse e Dighe
- Dighe : nascita utilizzo e principali tipologie (*funzionalità statica e materiali*)
- La “Diga “ ruolo primario nell’Impianto idroelettrico (es. Bardonecchia)

Traverse fluviali: es. Tagliuno (*come regolatore di livello*) – es, Quincinetto II (*come sfioratore*)

- Diga a gravità massiccia rettilinea in muratura dell’Alpe Gera (**Campo Moro**)
- Dighe ad arco gravità in muratura , record italiani : Vajont , Place Moulin (**Signayes**)
- Dighe in muratura a gravità alleggerita : di **S. Chiara** , Scais (**Venina**)
- Diga a gravità massiccia in materiali sciolti: di **Bomba** (**S.Angelo**)
- Organi ausiliari principali: Prese , Scarichi di superficie e di fondo : **Coghinas** , **Pranu Antoni**
- Generazione ed Accumulo con impianti idroelettrici (*acqua luente e accumulo*)
- Dighe per impianti di accumulazione: Alto Gesso (**Chiotas**), Suviana (**Bargi**), **Anapo**, **S.Massenza**
- Peculiarità e possibilità di sviluppo dell’accumulo idroelettrico in Italia

Opere di sbarramento idraulico: Traverse e Dighe

Per opera di sbarramento si intende una struttura in grado di imbrigliare le acque fluenti ai fini di regolarizzarne il deflusso o utilizzarne i volumi ai fini potabili, agro-industriali o energetici.

Gli sbarramenti ammontano in Italia ad oltre 9.500 unità che a seconda della tipologia si possono suddividere in Traverse e Dighe.

▪ **Traverse**

Le traverse sono quelle opere di altezza modesta (**$H < 10m$**) inserite nell'alveo fluviale per *imbrigliarne* il flusso e/o contenere il sopraelevamento del livello dell'acqua a monte di esse: questo consente di derivare una quota di portata d'acqua da convogliare in una centrale idroelettrica. Le traverse possono essere:

- **Fisse** : generalmente in muratura , destinate ad essere tracimate in caso di piene,
- **Mobili** : parte bassa di base in muratura sormontata da una parte mobile costituita da: paratoie di forme varie, piana, a settore o a ventola; oppure sempre con basamento fisso, ma parte mobile costituita da involucro tubolare in gomma gonfiabile con acqua/aria di altezza modesta (**$h= 0,5-4 m$**). in funzione delle esigenze operative

▪ **Dighe**

Sono denominate *dighe* le strutture di sbarramento al flusso costruite , generalmente sul fondo valle, con la funzione di trattenere in determinati periodi, in tutto o in parte i deflussi naturali di un corso d'acqua o quelli artificialmente addotti, dando origine ad un *invaso artificiale* al fine di un successivo utilizzo industriale e/o energetico dei volumi d'acqua immagazzinati.

• **Grandi Dighe** (*) vengono poi denominate quelle con altezza **> 15 m** o invasi **> di 1 Mio di m³** , in Italia queste ultime **532** sono di competenza statale (* MIT 2018) in concessione alle grandi Utilities, tra cui Enel (**153**), CVA, IREN, Edison, a2a...

Dighe in Italia: Nascita e Classificazione

La nascita delle Dighe per la creazione di bacini ad uso industrial e/o idroelettrico è databile alla fine dell'800 inizi '900 sulla spinta della prima industrializzazione del paese; la spinta prosegue poi con le realizzazioni per l'idroelettrico, sia nel primo che nel secondo dopoguerra fino agli anni'70. La maggior parte è dislocata lungo l'arco alpino, anche se non mancano alcune notevoli realizzazioni lungo l'arco appenninico. L'utilizzo medio dei volumi d'acqua invasati è del 60% per fini industriali (irrigui e acquedottistici) , mentre solo il 60% delle dighe ha fini puramente idroelettrici.

Dighe : classificazione in base al tipo di funzionamento statico

- Dighe a Gravità:** la spinta dell'acqua viene contrastata dal peso stesso della diga: la struttura può essere «**massiccia**» con sezione trasversale triangolare costante lungo l'asse o «**allegerita**» mediante speroni o contrafforti
- Dighe a volta:** la spinta dell'acqua è retta anche grazie alla forma ad arco che scarica le spinte sulle sponde; si distinguono in dighe ad arco puro, ad **arco gravità** e **a cupola**

Dighe : classificazione in base ai materiali impiegati :

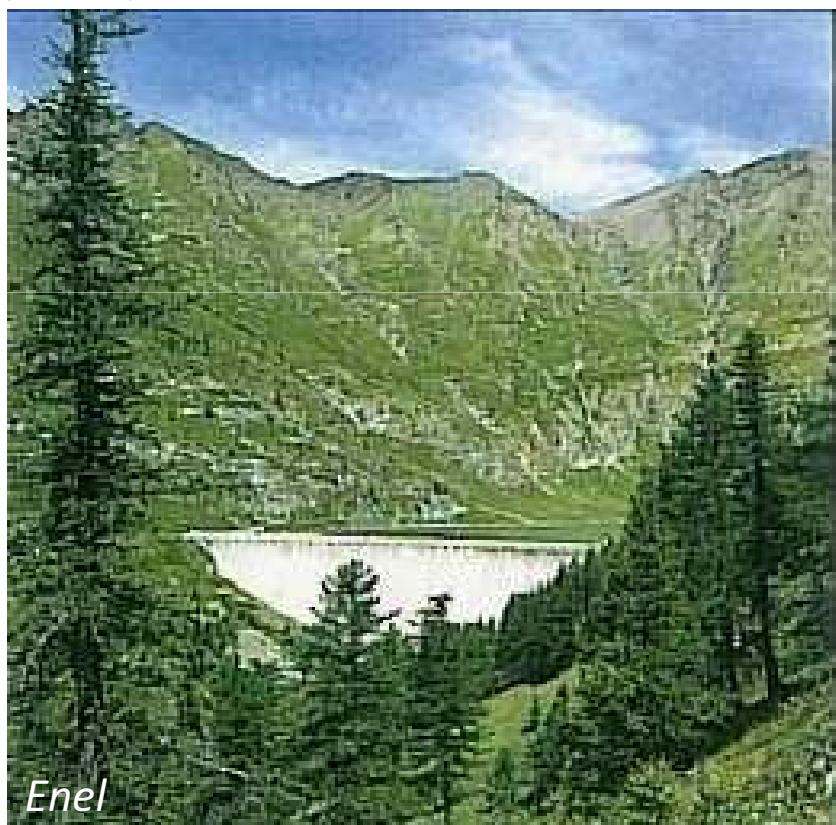
- Dighe murarie :** in materiali legati, intendendosi con questi la muratura ordinaria con malta idraulica, *peraltro oggi in disuso*, e il calcestruzzo di cemento
- Dighe in materiali sciolti:** costipati in opera, senza legante (dighe in terra), inteso per materiali sciolti: la terra e cioè insieme di elementi sciolti di rocce sedimentarie, di granulometria assortita, e il pietrame di varia granulometria
- Dighe miste:** costituite per qualche parte di materiali sciolti e per qualche parte di materiali legati

La «Diga» nell' *Impianto Idroelettrico*

L'impianto idroelettrico è un insieme di O.C. ed O.E.M per trasformare l'E.pot. Idr. in En.El.

In questa trasformazione la “DIGA” con i suoi accessori è l'organo primario di impianto più importante: in quanto accumula e regola la fonte primaria di energia potenziale idraulica.

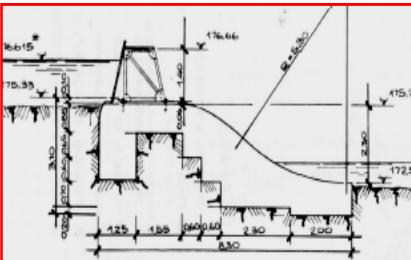
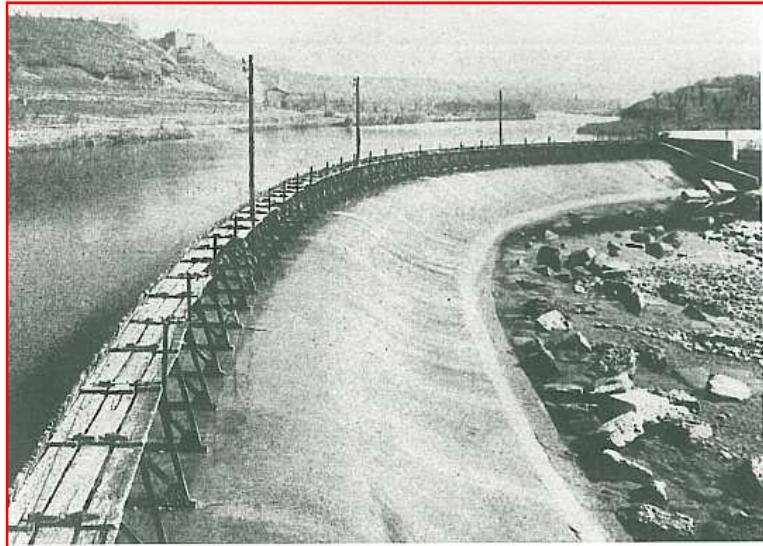
Diga ad arco gravità massiccia in calcestruzzo
(ex FS) 1918-23 , H=58 m, V= 3,8 Mio m³



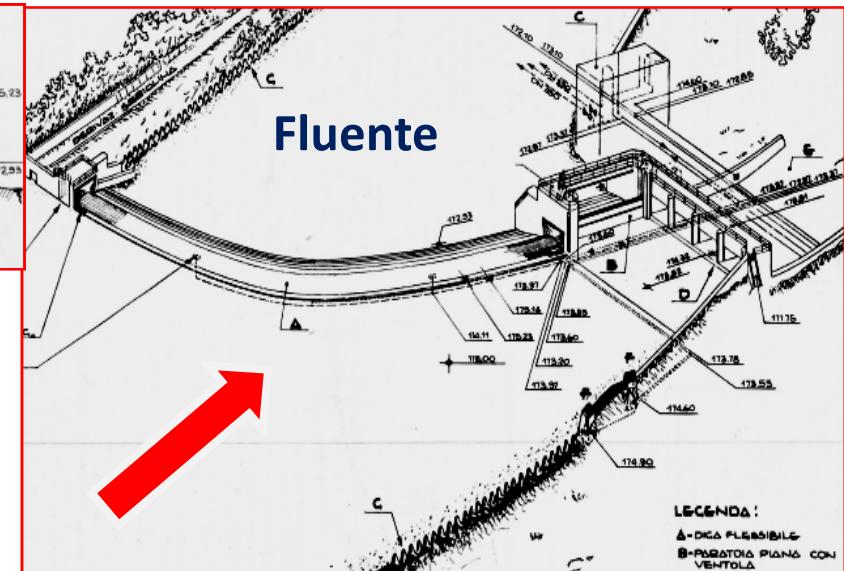
Bardonecchia (1978) : Pe 2J O. H= 656 m; P=22,2 MW; n=600 rpm

Gli impianti idroelettrici contribuiscono per il **16%-20%** alla produzione di energia elettrica italiana.

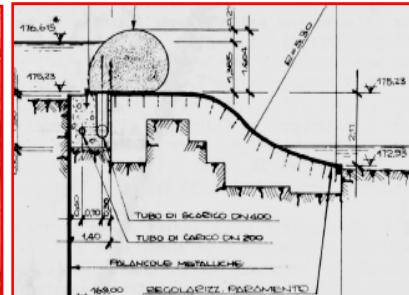
Traverse fluviali per Impianti Idroelettrici ad acqua fluente : Tagliuno



**SBARRAMENTO
MOBILE**



Ritenuta Poirée del 1917 “a panconcelli”



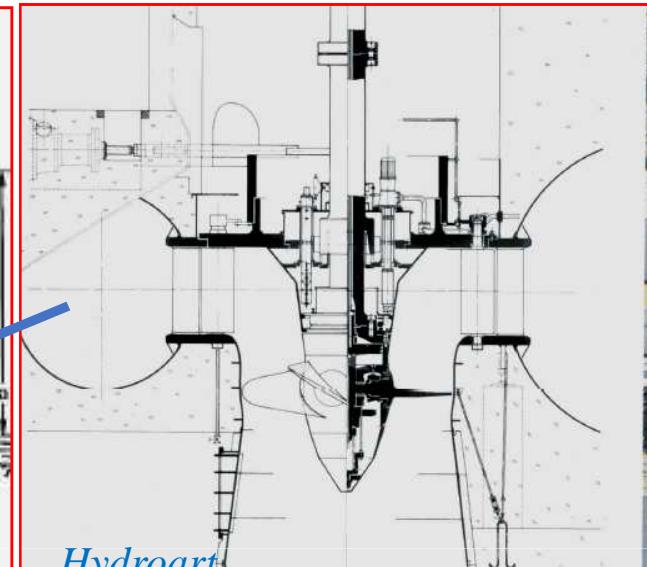
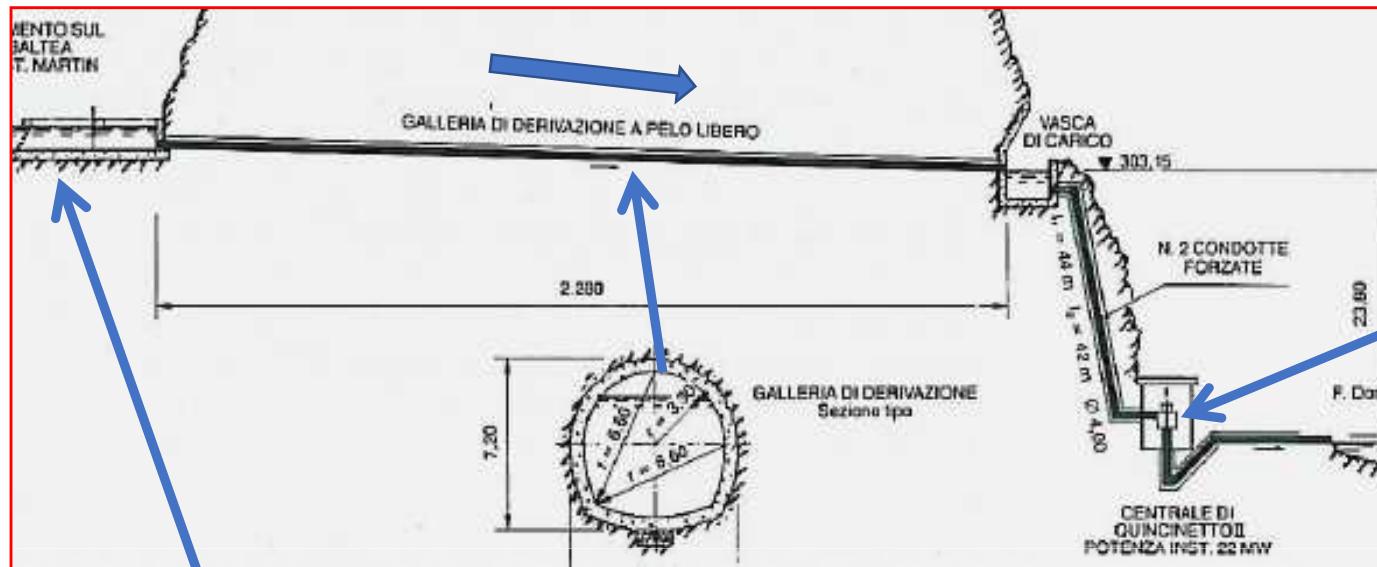
Potenza (kW)	Salto (m)	Portata (m ³ /s)
977	8.86	12

Enel

Traversa mobile in gomma (*ad acqua*) sul fiume Oglio del 1980 per automatizzare l'esercizio.

3+1 gruppi TAT
da ≈ 1 MW l'uno

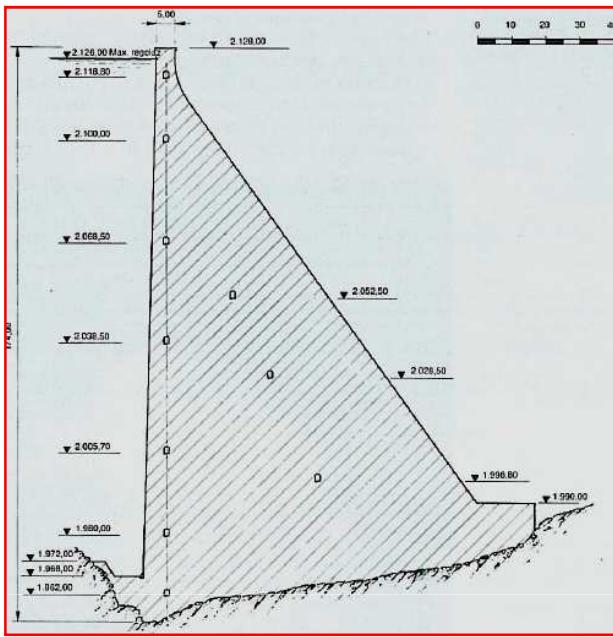
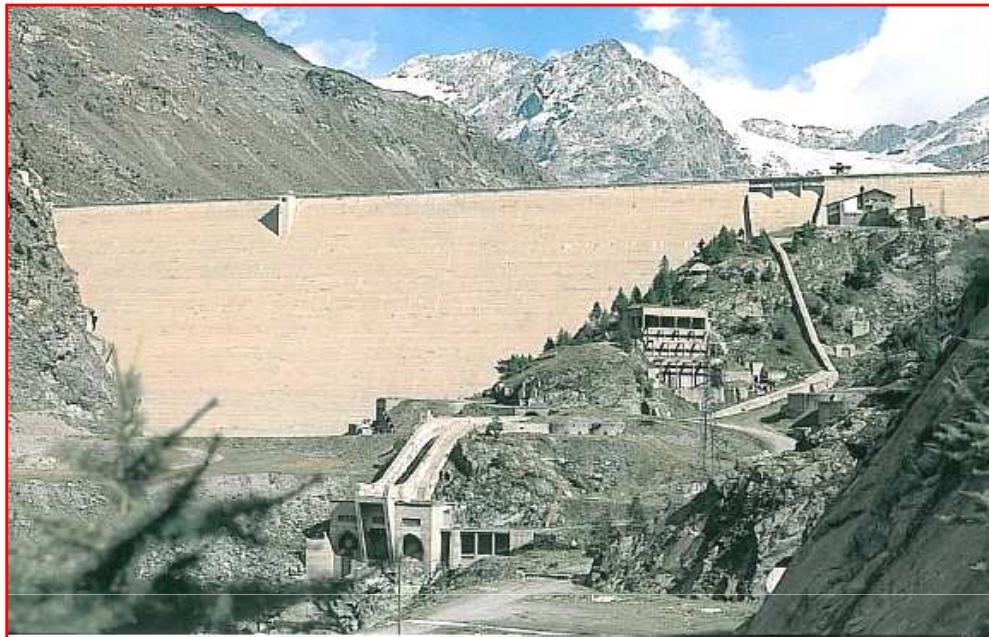
Traverse fluviali per Impianti Idroelettrici : *Quincinetto II*



SFIORATORE MOBILE

- Sbarramento sulla Dora Baltea – Carema - costituito da 4 luci: una da 8m e tre da 26 m con paratoie a settore di $h=ca.3$ m che mantengono il livello a ca. 305 mslm.
- L'opera di presa, in destra orografica, con 8 luci ed il suo **sfioretore laterale** è **mobile in gomma** gonfiabile ad acqua. $L= 40m$; $h=2,05m$.
- La Centrale è dotata di 2 gruppi Kaplan da 12 MW ciascuno (1983)

Diga “muraria” a gravità “massiccia” : Alpe Gera



Diga muraria a gravità massiccia rettilinea (Sondrio 1961-64) prima diga in calcestruzzo rullato H=174 m; V= 62,7 Mio di m³

Nata per regolare la produzione annuale di energia del sistema del Mallero .

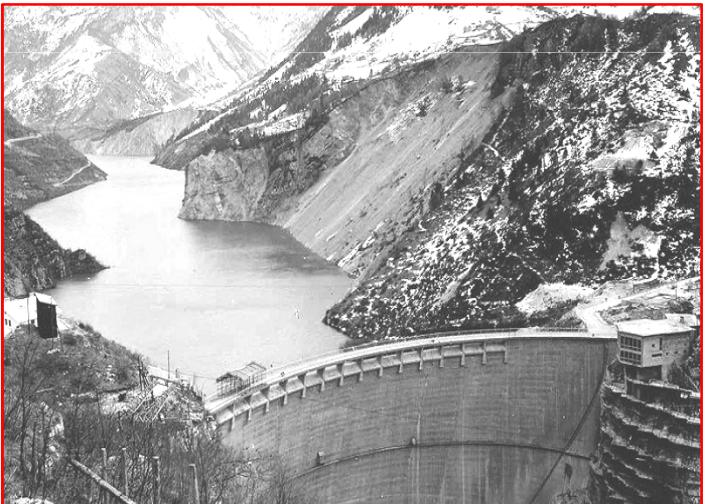


Scarico di fondo in funzione

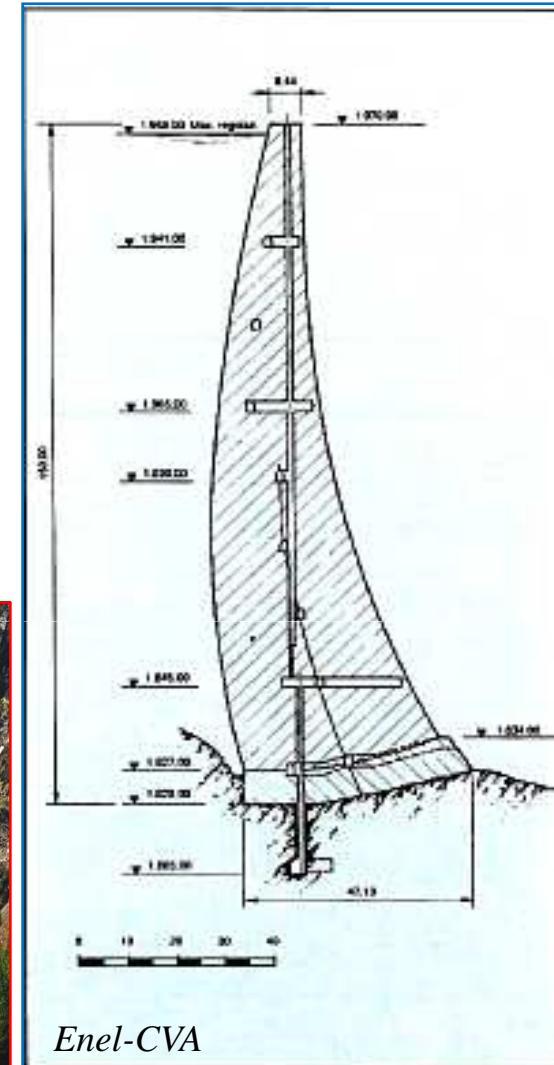
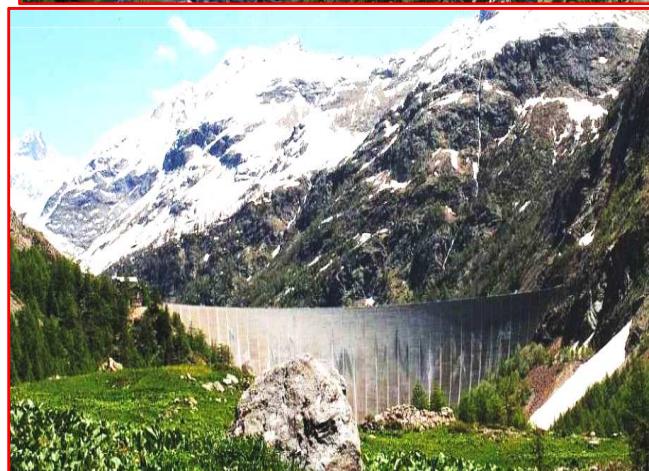


Centrale di accumulazione di **Campo Moro** con gruppo ternario Francis-pompa doppia da 36,5 MW alimentata da galleria e C.F. dal bacino dell'Alpe Gera.

Dighe record in Italia: in soluzione ad «*arco gravità*»

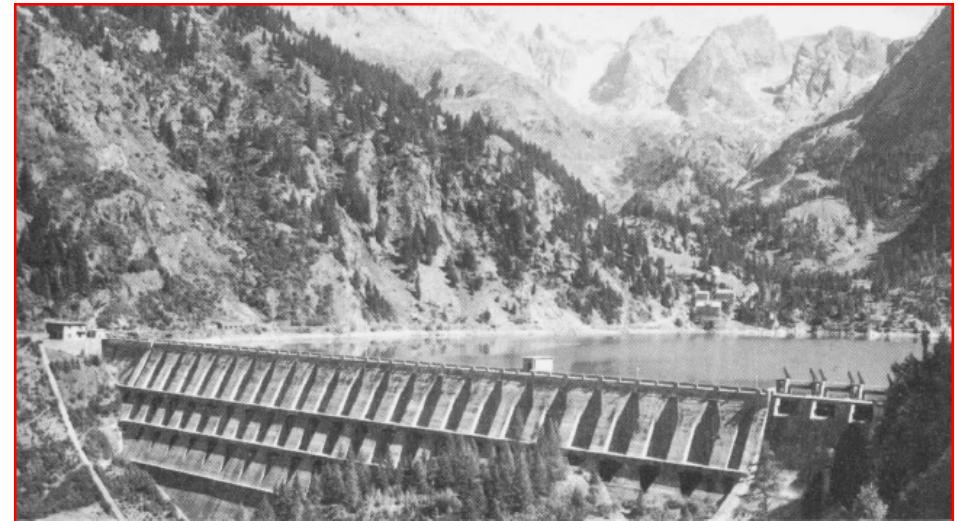
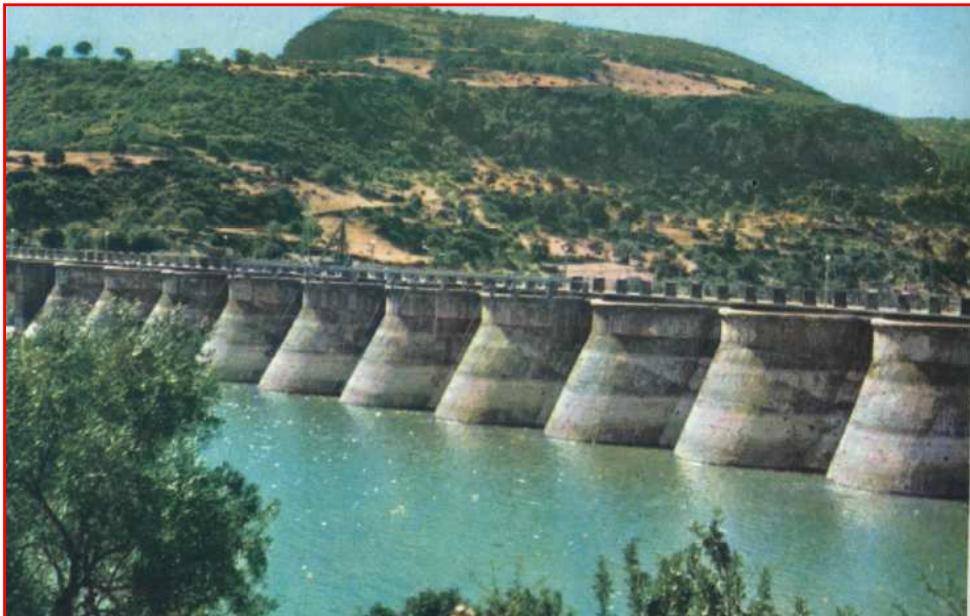

Enel


Vajont (ex SADE) – Friuli 1960 ad arco doppia curvatura (H= 261 m): la più alta d'Italia. Serbatoio idrico stagionale acque del Piave V=168 Mio m³ (*piccola centrale di Colomber in caverna a piè diga*)


Enel-CVA

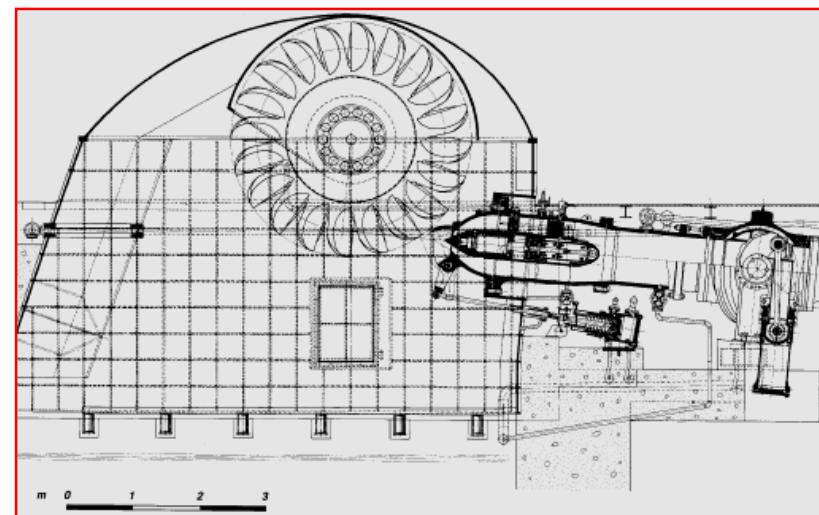
Place Moulin (ex Cogne) – Val d'Aosta 1963 ad arco gravità in calcestruzzo (1,5 Mio di m³ cemento) H=143m, L= 678m: più lunga d'Italia; V=105 Mio m³ per produzione idroelettrica: Signaes 3Pe. 42MW

Dighe a “gravità alleggerita”



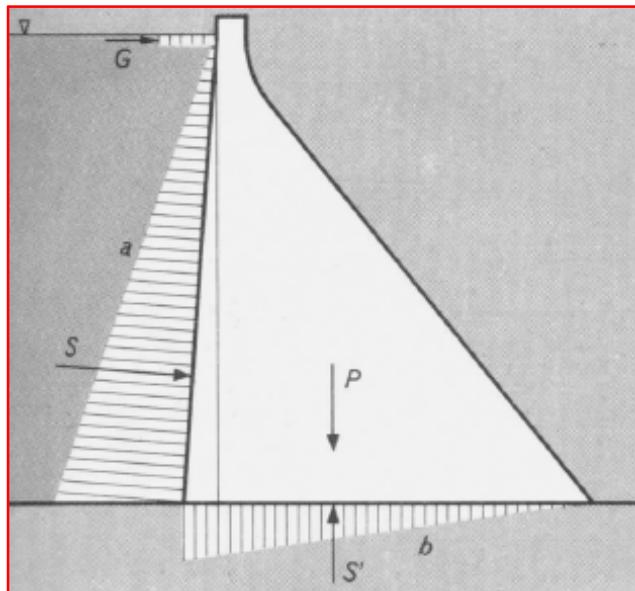
Diga di **S.Chiara** (Tirso- Sardegna 1918-24) sul lago Omdeo a gravità alleggerita con archi multipli $H=61\text{ m}$ $V=361\text{ Mio di m}^3$. (*Oggi sommersa dalla costruzione negli anni 80-90 della diga **Cantoniera** $H= 93,2\text{ m}$, $V= 750\text{ Mio m}^3$ progetto Arredi*) .

La diga alimenta la Centrale idroelettrica di Tirso I con 1 gr. Francis da ca 20 MW (*ora Regione Sardegna*)

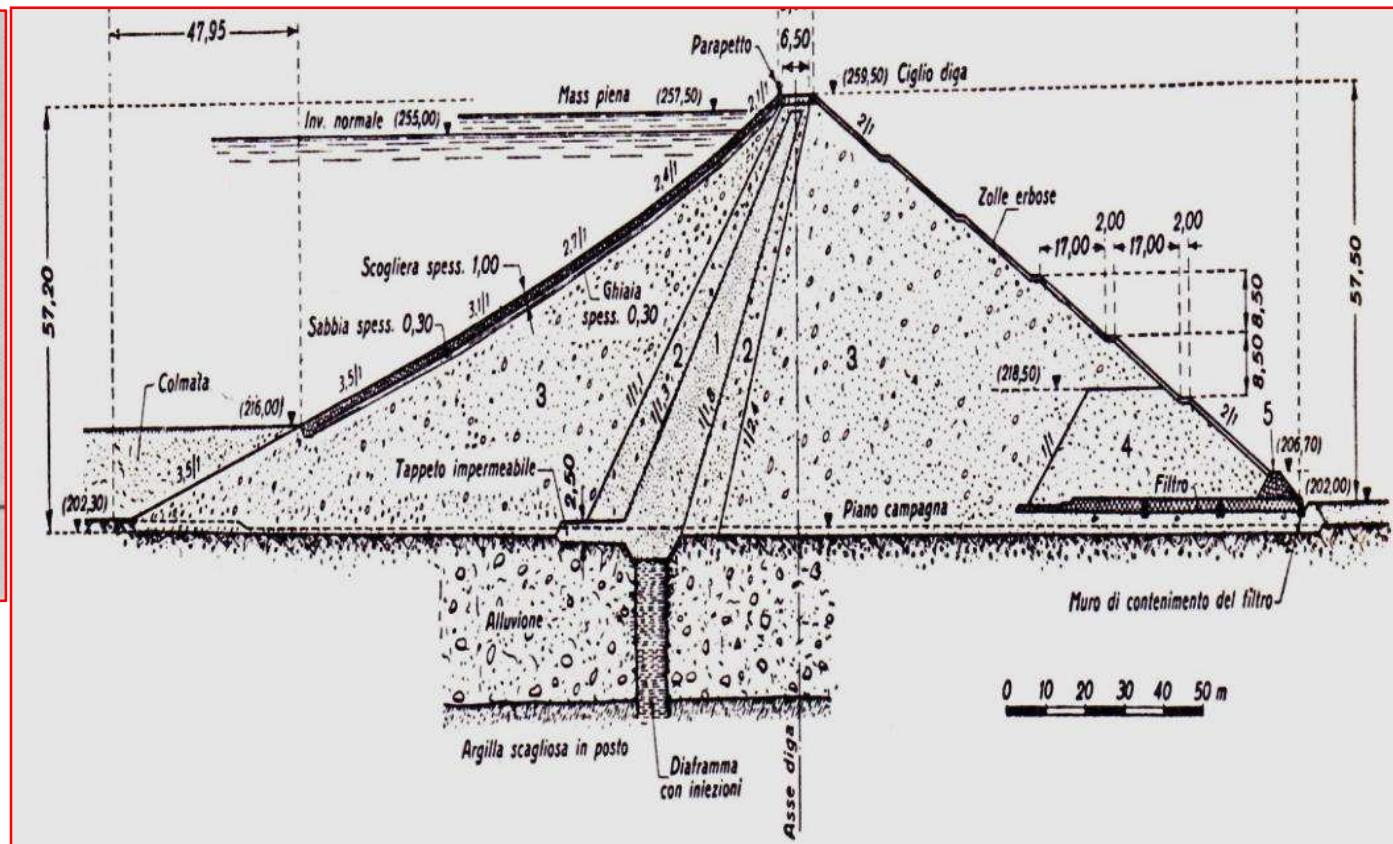


Centrale di **Venina** (Edison 1 gr. Pelton da 67 MW)

Diga a gravità massiccia in «materiali sciolti»



Schema delle forze agenti
su una Diga a gravità.



Diga di **Bomba** (Chieti 1956-62) in materiale alluvionale misto argilla. $H= 57,5$ m; $L= 681$ m e $V=4$ Mio m^3 , con scogliera a piè di diga.

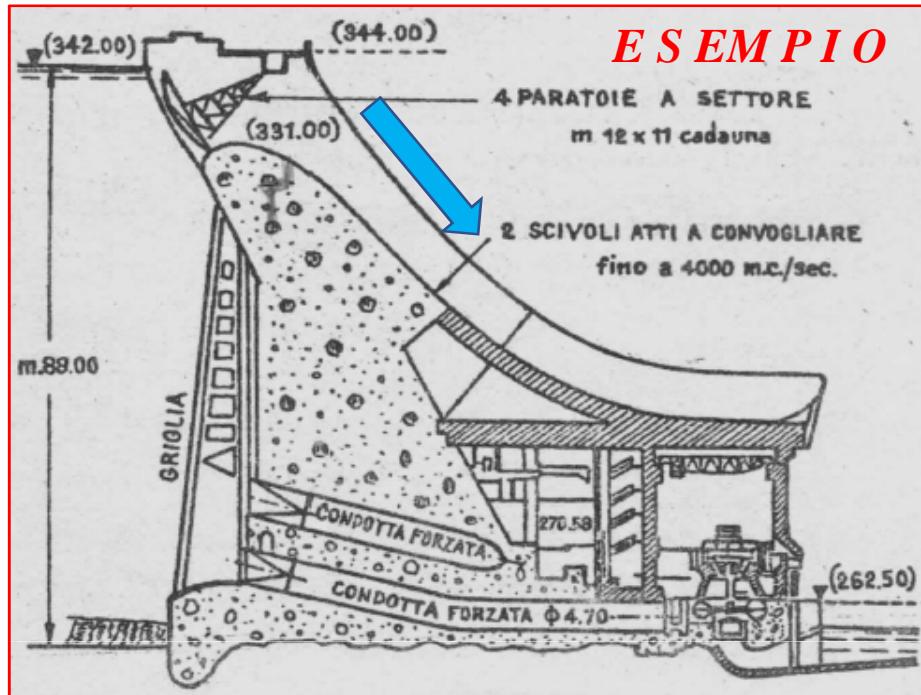
La tenuta sotto il rilevato è realizzata a mezzo di un diaframma ottenuto con iniezione di argilla e cemento.

Le acque sono convogliate con 2 gallerie+CF nella centrale di **S.Angelo** di Altino dell'ACEA in funzione di copertura delle punte equipaggiata con 2 gruppi Francis verticali da 29 MW ciascuno.

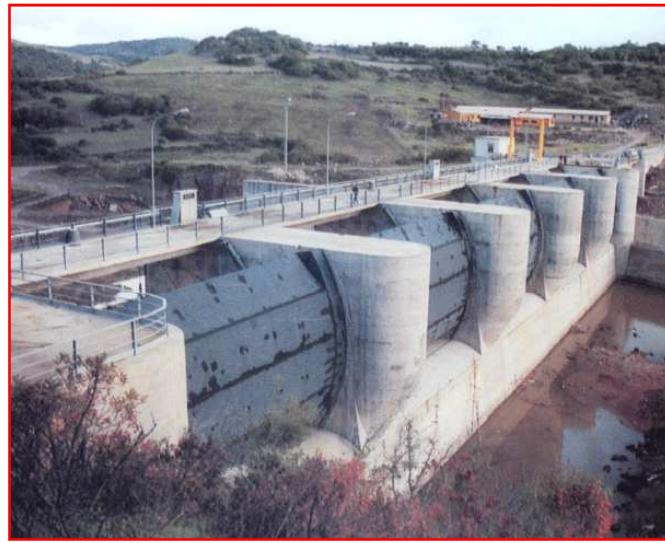
- 2 scarichi di superficie con sfioratori a calice diametro di 25 metri, seguiti da pozzi di diametro 6,5 m;
- 2 gallerie di scarico profondo con diametro di 5 e di 6 m .

Le dighe in materiale di riporto sono molto usate per i "polder" olandesi

Principali opere «ausiliarie» alla Diga



Scarichi di fondo D=2,6 m
Coghinas (SIEE Tirso) Diga H=58m,
V =246 Mio m³ a gravità massiccia '20)



ALDAI - Associazione Lombarda
Dirigenti Aziende Industriali

- **Scarichi di fondo** o di svuotamento, generalmente posti ad una quota bassa della diga e per dighe alte anche a quote intermedie, costituiscono degli organi di esercizio previsto per la diga;
- **Scarichi di superficie** o sfioratori debbono consentire l'evacuazione dell'acqua che perviene al serbatoio dopo che in questo è stato raggiunto il massimo livello di regolazione e debbono impedire il raggiungimento del livello massimo assoluto dell'invaso;
- **Opere di presa** : Gallerie e condotte forzate.



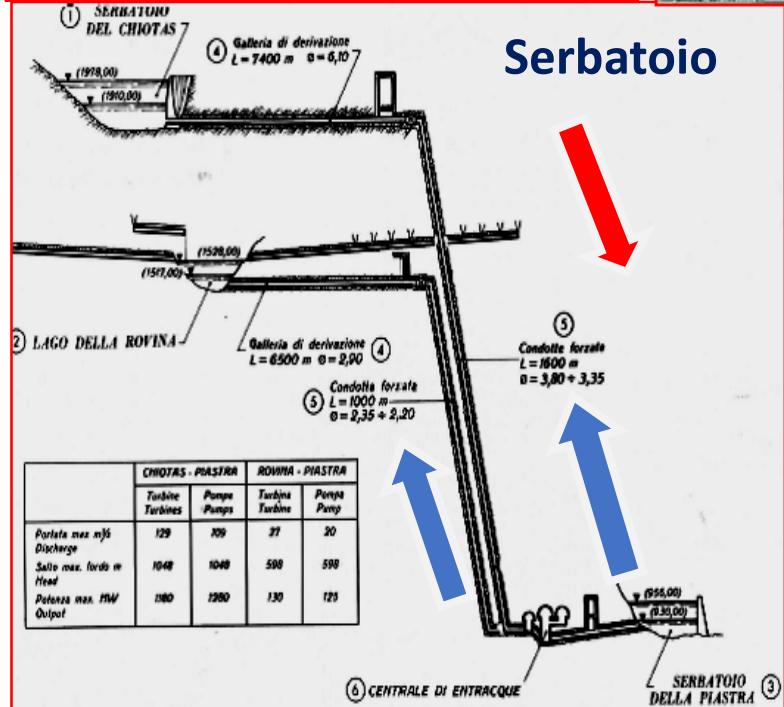
Scarico di superficie con
paratoia a settore 15x9 m e
ventola 13x2 m sovrapposta
(Pranu Antoni - Calzoni)

Impianti Idroelettrici: Generazione ed Accumulo

*Gli impianti idroelettrici per la produzione di energia si possono dividere in diverse categorie in base al **tempo di durata dell'invaso**: tempo necessario per fornire all'opera stessa un volume d'acqua pari alla sua capacità.*

- *impianti ad «acqua fluente», costruiti su corsi d'acqua, senza grossa capacità di accumulo (durata di invaso inferiore alle 2 ore), per i quali la produzione di energia elettrica dipende dalla corrente del corso d'acqua.*
 - *impianti «ad accumulo» :*
 - *a “bacino di modulazione” , con durata di invaso da 2 e 400 ore;*
 - *a “serbatoio di regolazione” con durata di invaso maggiore a 400 ore.*
- ❖ *I ca. 7.600 MW dei 26 impianti di accumulazione, di cui 4.000 di pompaggio puro, costituiscono il 33% della potenza idroelettrica installata ; quest'ultima ammonta infatti a $\approx 22.000 \text{ MW}$ e contribuisce mediamente per il 20% ca. alla produzione di energia elettrica. Produzione netta nel 2014: 59,5 Gwh da fonte idrica su 269 totali -Terna-*
- ❖ *La particolare complessità degli impianti di accumulazione mediante pompaggio ne rende un settore dedicato a competenze specialistiche elevate in tutte la fasi: progettuali, realizzative e di manutenzione quindi, ad oggi, riservato a “Grandi Utilities : ENEL, CVA, a2a, IREN, Edison ..”*
- ❖ *Le principali tipologie rese disponibili dall'evoluzione tecnologica hanno tutte trovato nel tempo la loro applicazione in Italia segnando per alcune di esse anche dei record mondiali (Pompe turbine multistadio di Chiotas ed Edolo).*

Dighe per Impianti di accumulo: serbatoio Alto Gesso



Chiotas : 6+2
Gruppi PTM
da ≈ 160 MW
1200 MW:
maggior
impianto idro in
Italia

Alto Gesso (Chiotas)-Piemonte ad arco-gravità a doppia curvatura a struttura simmetrica in calcestruzzo H= 130m ;



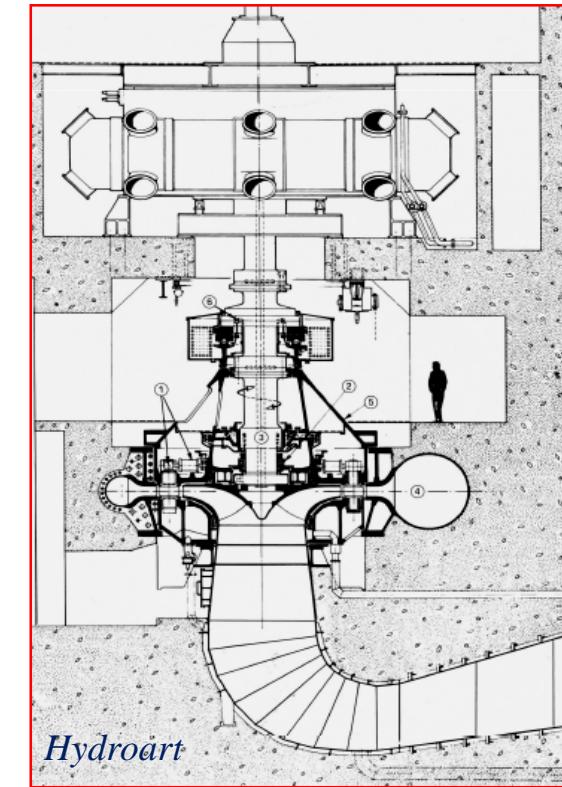
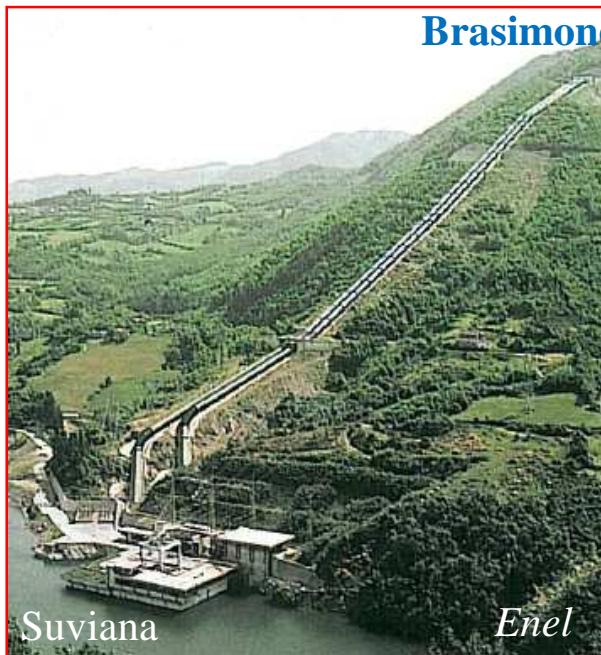
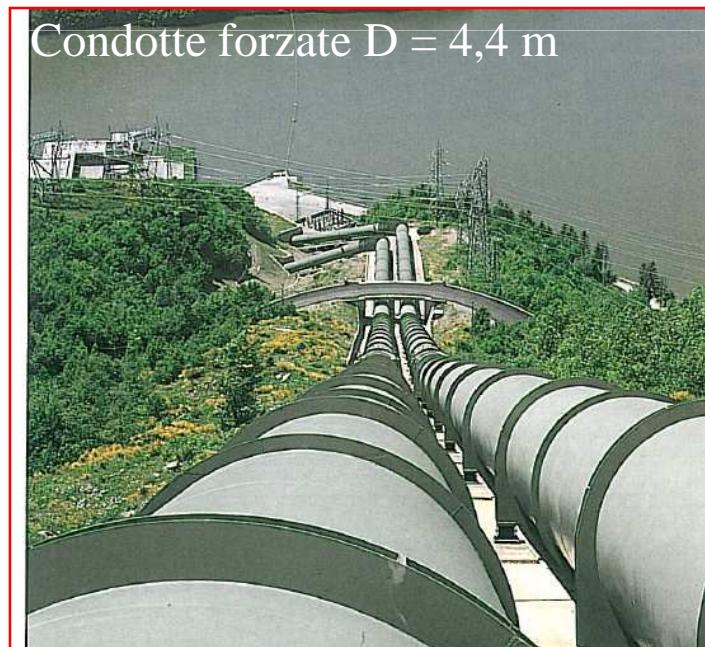
Dighe per Impianti di accumulo: *Suviana*



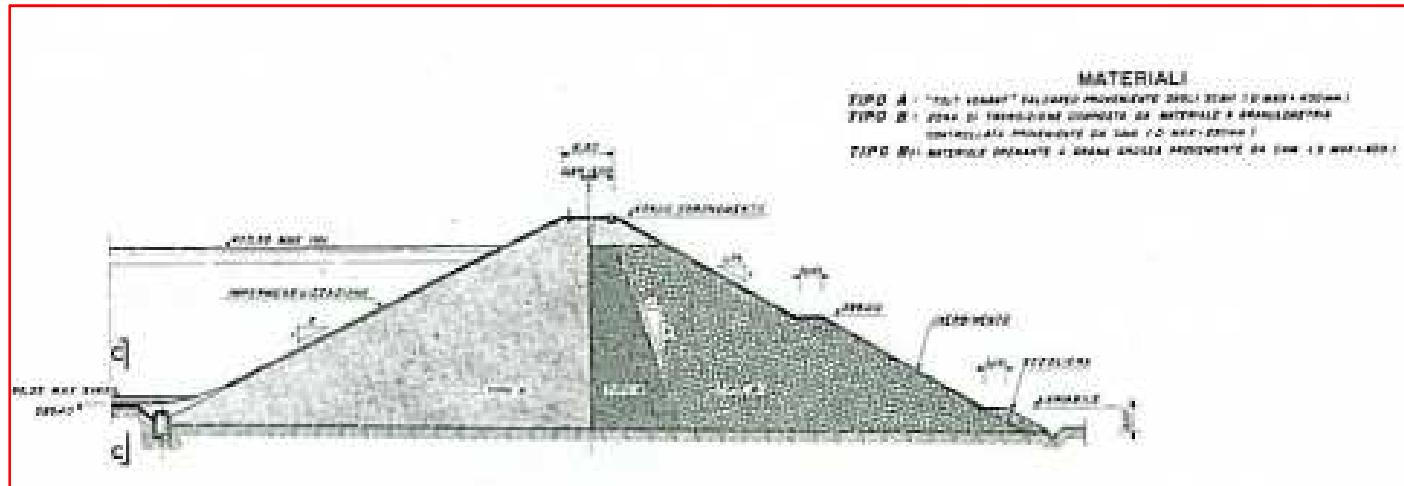
Diga di **Suviana** – gravità massiccia a pianta arcuata (*FS negli anni '28-32*) $H= 91,5$ m , $L= 225$ m e $V=46,7$ Mio m³ con:

- sfioratore di superficie regolabile con quattro paratoie piane in grado di evacuare una portata massima di 214 m³/s.
- scarico di mezzofondo con portata massima di 100m³/s
- scarico di fondo con portata massima di 10m³/s costituito da una galleria scavata in sponda sinistra.

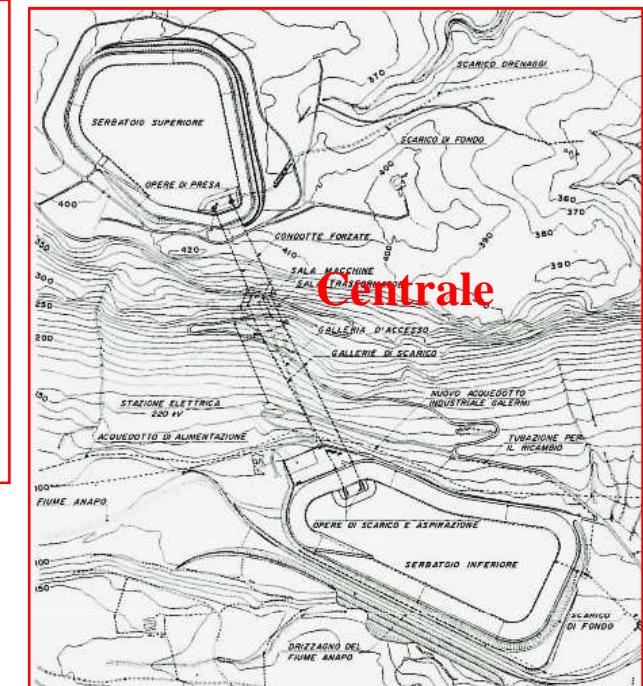
*Funge da sbarramento per il bacino inferiore della centrale di **Bargi** (produzione oggi utilizzata per le punte giornaliere 2 gruppi PT da 170 MW ciascuno con $H\approx 380$ m; $Q\approx 52$ mcs*



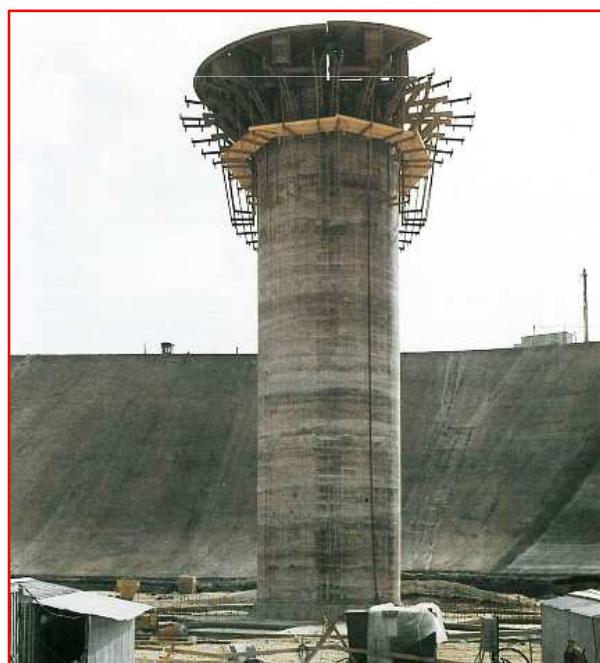
Impianto di Accumulazione fra bacini artificiali: Anapo



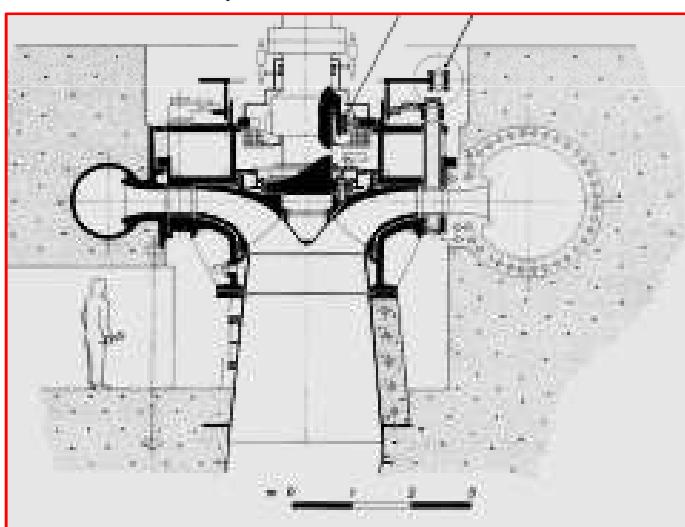
Diga in materiali *auto-cicratizzanti* (elevata sismicità) $H = 31,5\text{m}$; $V = 5,6 \text{ Mio m}^3$



Bacini artificiali Superiore ed Inferiore: scavati con diga e scarichi di fondo rispettivamente: 90- 60 ore, con $Q = 30-60 \text{ mcs}$



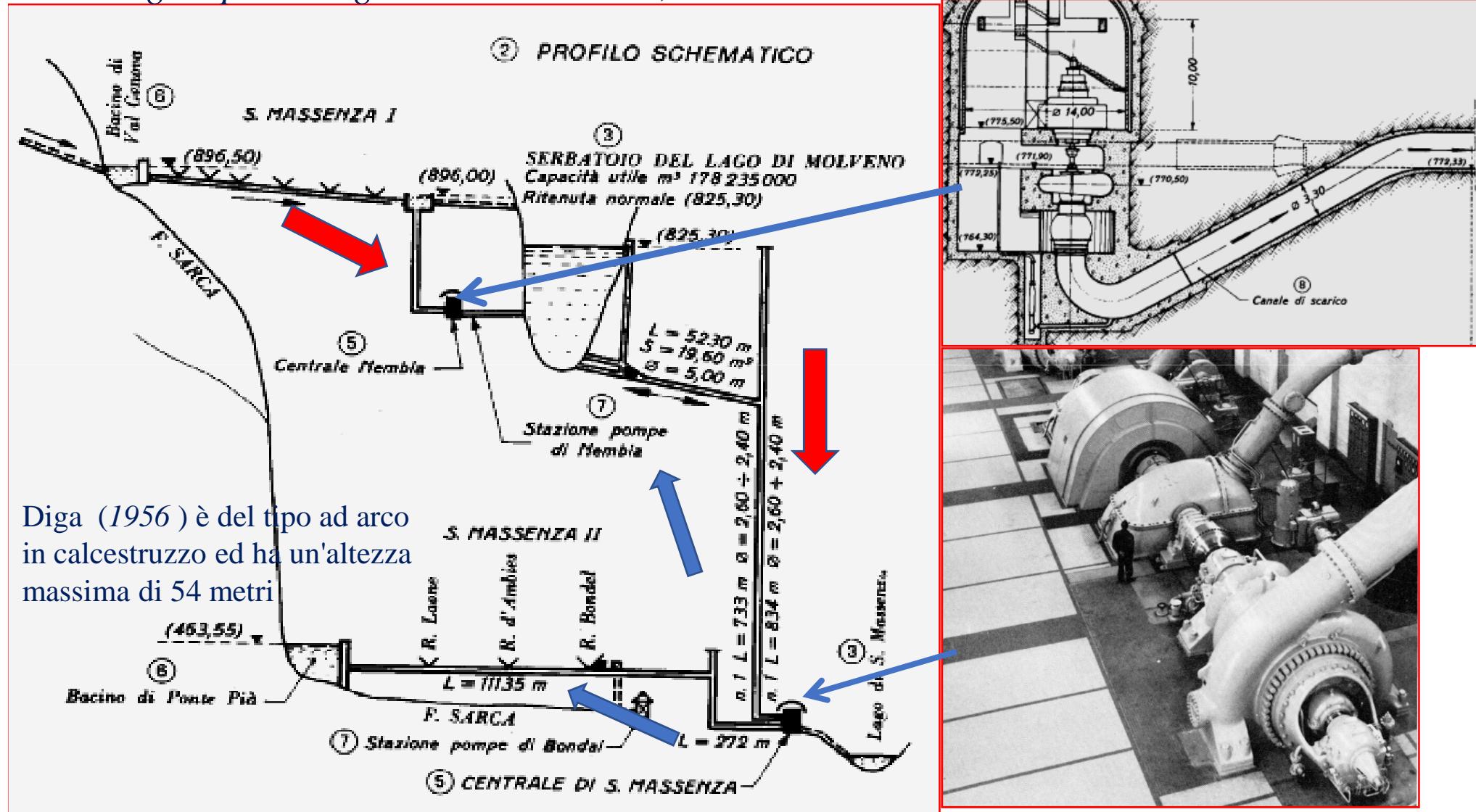
Torre di presa del serbatoio superiore



Centrale in caverna di Anapo (Sicilia 1980) : 4 gruppi Pompa-Turbina da 150 MW ciascuno ($H \approx 328 \text{ m}$, $Q \approx 52 \text{ mcs}$) a compensazione della produzione termica dell'isola e compensazione sincrona (*invaso/ reintegro da centrale idroelettrica esistente*)

Impianti di Accumulazione: il sistema Sarca-Molveno

Impianto di Accumulazione di S.Massenza I e II Strategico per la regolazione della rete; ca. 340 MW



Accumulo idroelettrico: *Peculiarità e possibili sviluppi in Italia*

RISERVA STRATEGICA TOTALMENTE AUTONOMA

Fonte di generazione primaria e potenza non aleatoria.

ELEVATA FLESSIBILITÀ e RAPIDITÀ di FUNZIONAMENTO

Passaggi rapidi da : Generazione, Pompaggio, Compensatore sincrono; 30-60 sec.

RIAVVIAMENTO in «BLACK -START» e RIACCENSIONE RETE

Attivazione ausiliari in c.c., apertura valvola ,spunto ,rampa giri, sincronizzazione e presa di carico: 120-180 sec.

- ❖ Nel **nord** la morfologia delle zone alpine si configura con i siti più interessanti e favorevoli mentre al **sud** le condizioni favorevoli risultano più rare anche se le necessità di rete sarebbero maggiori .
- ❖ Le possibilità possono emergere da realizzazioni che sfruttino **caverne sotterranee**, quale bacino di valle, o salti energetici in vicinanza del mare come già sperimentato con l'impianto di **Okinawa** o collegamenti fra laghi esistenti

RSE ha individuato una dozzina di possibili impianti di pompaggio e accumulazione: **8** con collegamenti fra laghi esistenti e **4** tra laghi naturali e la costa marina meridionale ed insulare, per un totale di **3 GW** di potenza ed una produttività di **9TWh/anno.** (Micolano 2011)

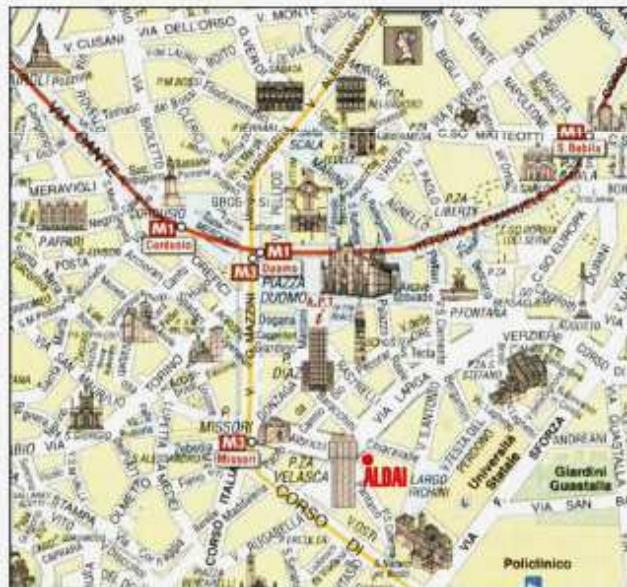
- ❖ Non ultimo un utilizzo locale a compensazione di reti con forte prevalenza di generazione solare o eolica senza capacità di accumulo, per le quali **taglie di bassa potenza** potrebbero essere **«tipizzate»** e proposte anche per un uso plurimo di tipo acquedottistico o agricolo .
- ❖ In generale le prospettive per un ulteriore sviluppo di questa tipologia d'impianti che si avvalgono di tecnologie ed esperienze particolari , ma ormai consolidate, restano legate all'evoluzione di una rete e di un mercato **più integrati a livello Europeo.**



ALDAI ASSOCIAZIONE LOMBARDA
DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI

FEDERMANAGER
FEDERAZIONE NAZIONALE DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI

Grazie per l'attenzione
e arrivederci



ALDAI ASSOCIAZIONE LOMBARDA
DIRIGENTI AZIENDE INDUSTRIALI

via Larga 31 - 20122 Milano
www.aldai.it - organizzazione@aldai.it