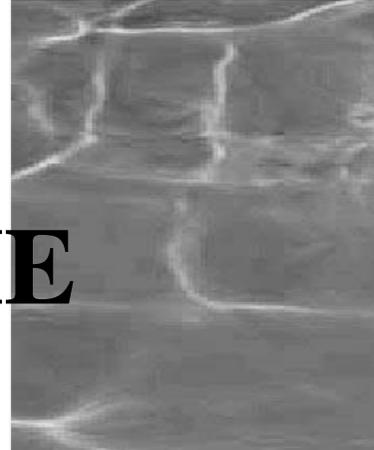


**Corso di laurea specialistica in
Ingegneria delle Acque e della Difesa del Suolo**

Corso di

**GESTIONE delle
RISORSE IDRICHE**

a.a. 2003-2004



Prof. Luca Lanza

Dipartimento di Ingegneria Ambientale - DIAM

IL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO GENOVESE

Approvvigionamento IDROPOTABILE

**G
E
N
O
V
A

A
C
Q
U
E**

➤ **INVASI ARTIFICIALI**

✓ **BRUGNETO** →

Acquedotto del BRUGNETO

✓ **VAL NOCI** →

Acquedotto di VAL NOCI

➤ **Prese ad ACQUA FLUENTE sui torrenti**

✓ **BISAGNO**

✓ **LAVENA**

Acquedotto CIVICO

➤ **Stazioni di SOLLEVAMENTO dalla FALDA di subalveo del BISAGNO**

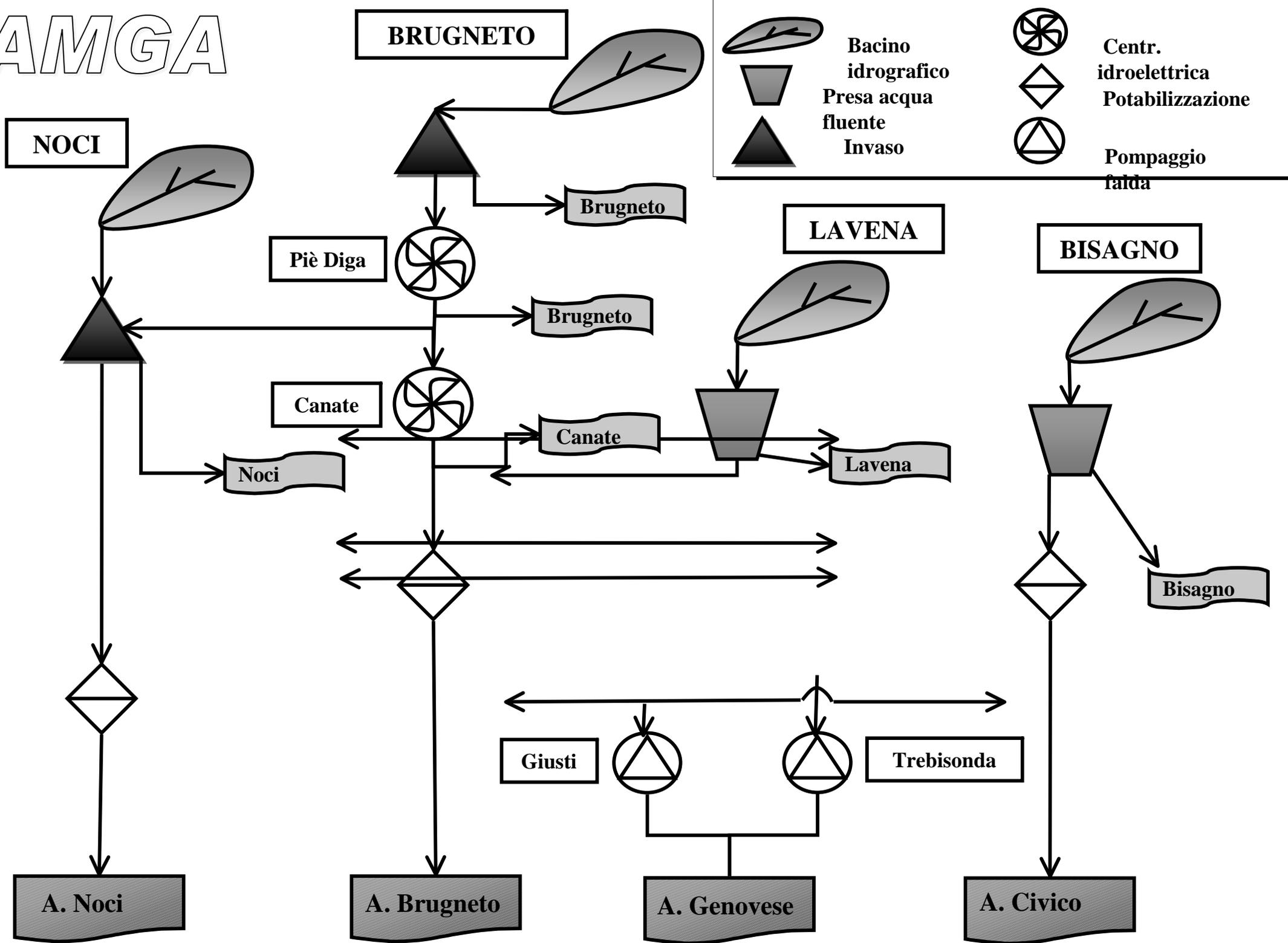
✓ **Stazione di Via TREBISONDA**

✓ **Stazione di Piazza GIUSTI**

**INTEGRAZIONE
Brugneto e Civico**

➤ **Piccole SORGENTI periferiche**

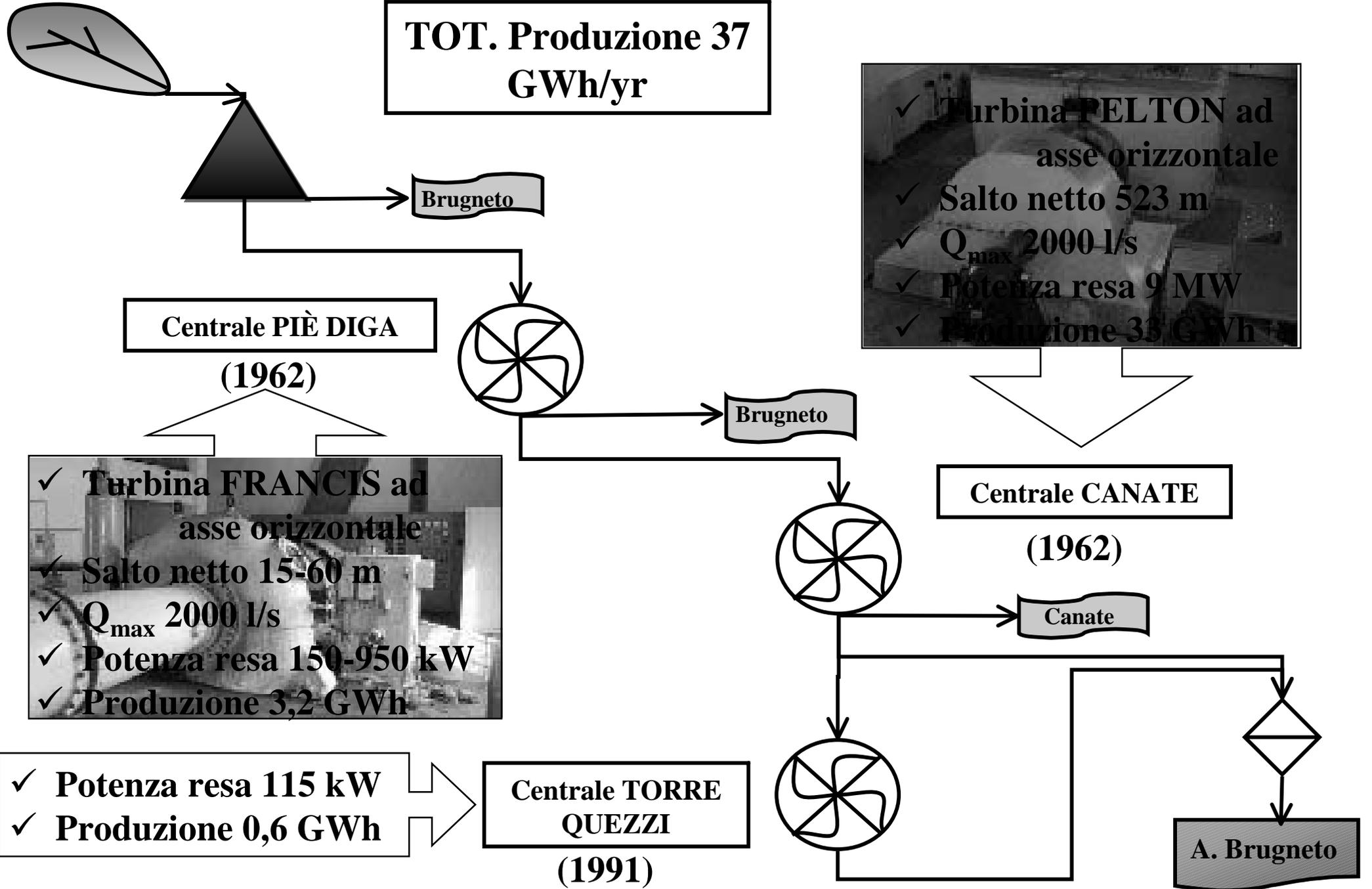
AMGA



IMPIANTI IDROELETTRICI DI AMGA S.p.A.

BRUGNETO

TOT. Produzione 37
GWh/yr



IL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO GENOVESE

Approvvigionamento IDROPOTABILE

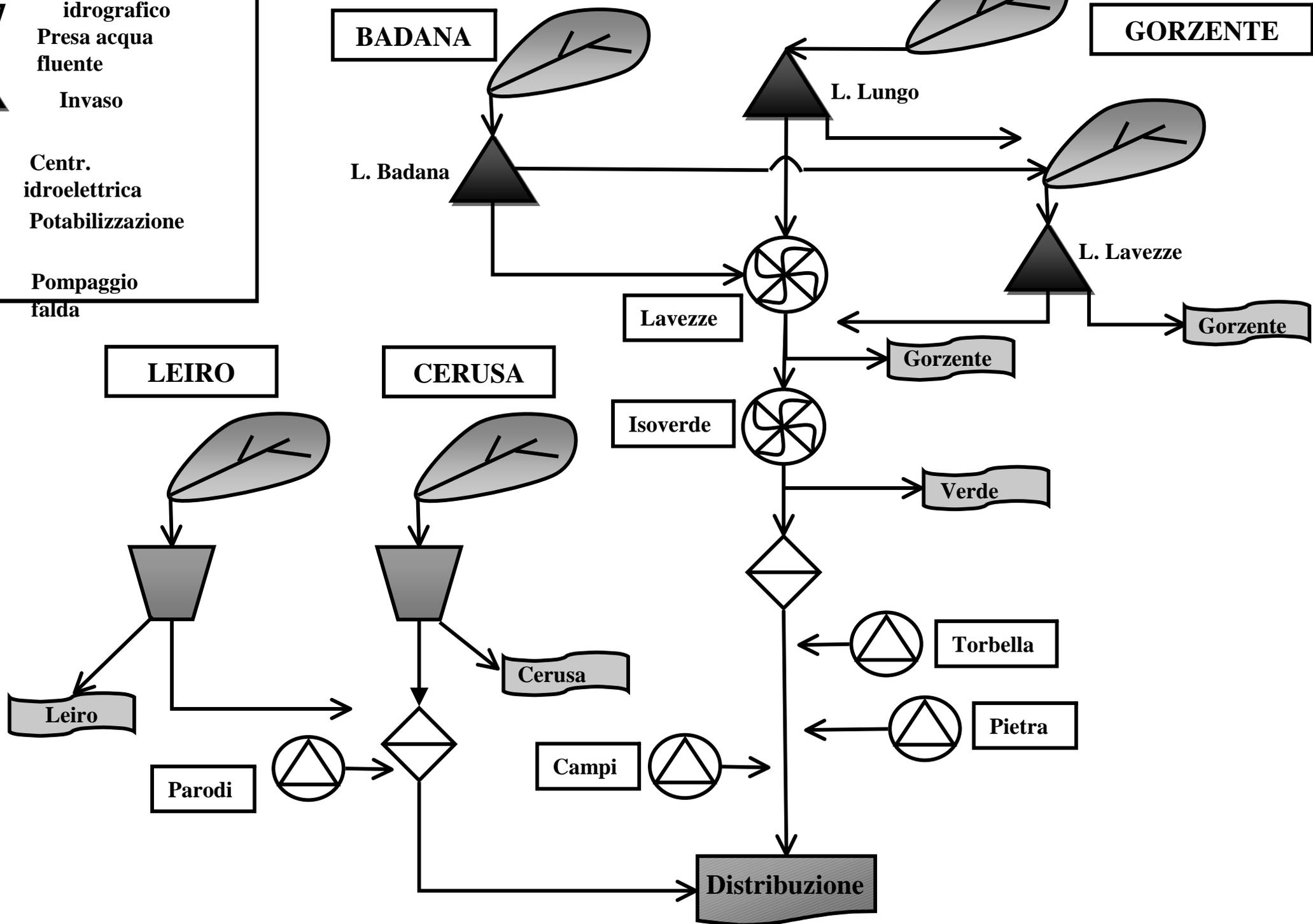
Acquedotto DE FERRARI GALLIERA

- ✓ **Invasi artificiali del GORZENTE e del BADANA**
- ✓ **Prese ad ACQUA FLUENTE sui torrenti LEIRO e CERUSA**

Acquedotto NICOLAY

- ✓ **Presa ad ACQUA FLUENTE sul torrente SCRIVIA**
- ✓ **Impianto di EMUNGIMENTO della falda del torrente POLCEVERA**
- ✓ **Invaso artificiale della BUSALLETTA**

De Ferrari Galliera



INVASI SISTEMA DE FERRARI GALLIERA

BADANA

- ✓ **Sbarramento del torrente BADANA**
- ✓ **Quota lago 717 m s.m.**
- ✓ **Diga in muratura di pietrame a GRAVITÀ**
- ✓ **Altezza diga 51 m.**



L U N G O

- ✓ **Sbarramento del torrente GORZENTE**
- ✓ **Quota lago 684 m s.m.**
- ✓ **Diga in muratura di pietrame a GRAVITÀ**
- ✓ **Altezza diga 39 m.**

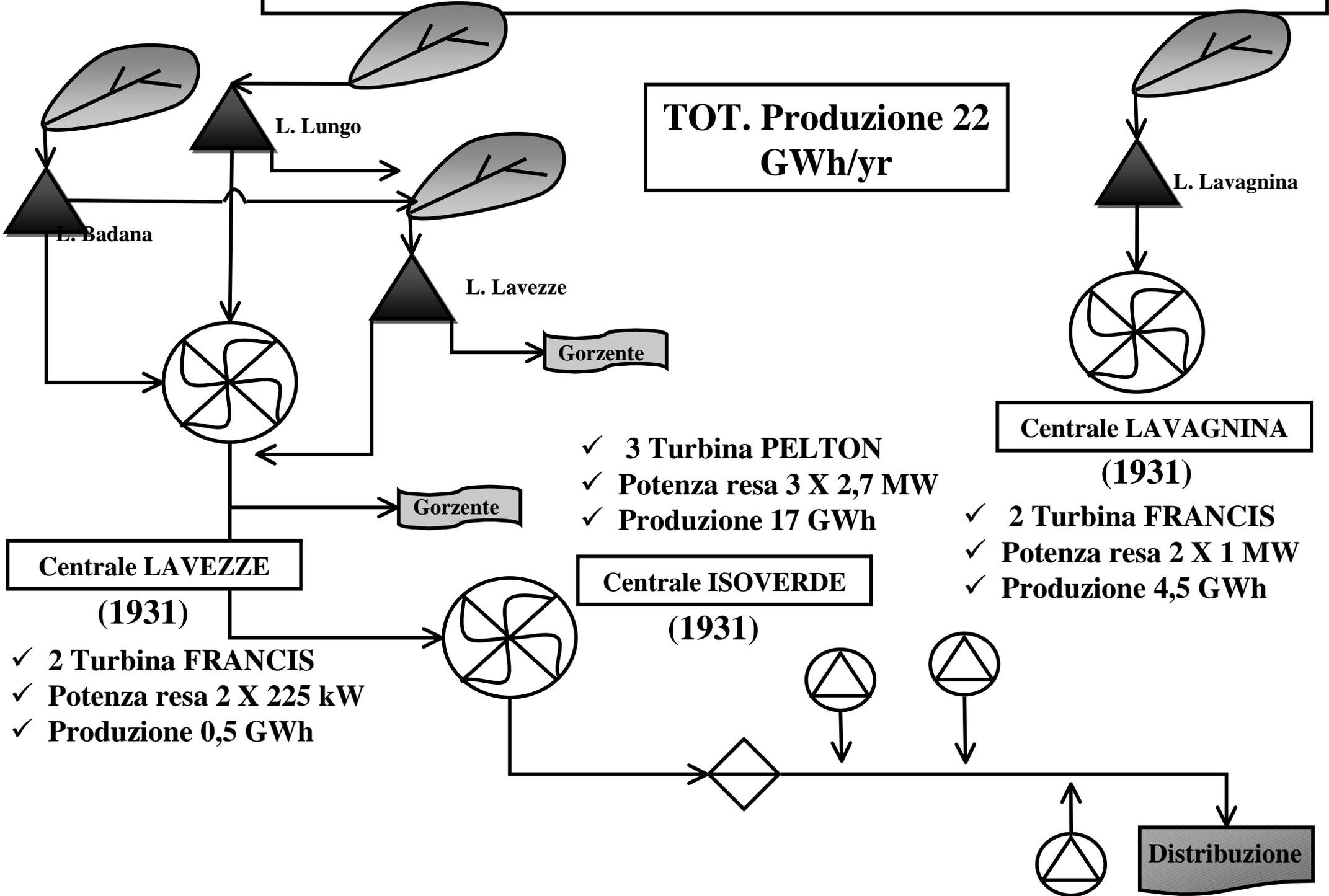
LAVEZZE

- ✓ **Sbarramento del torrente GORZENTE**
- ✓ **Quota lago 647 m s.m.**
- ✓ **Diga in muratura di pietrame a GRAVITÀ**
- ✓ **Altezza diga 37 m.**

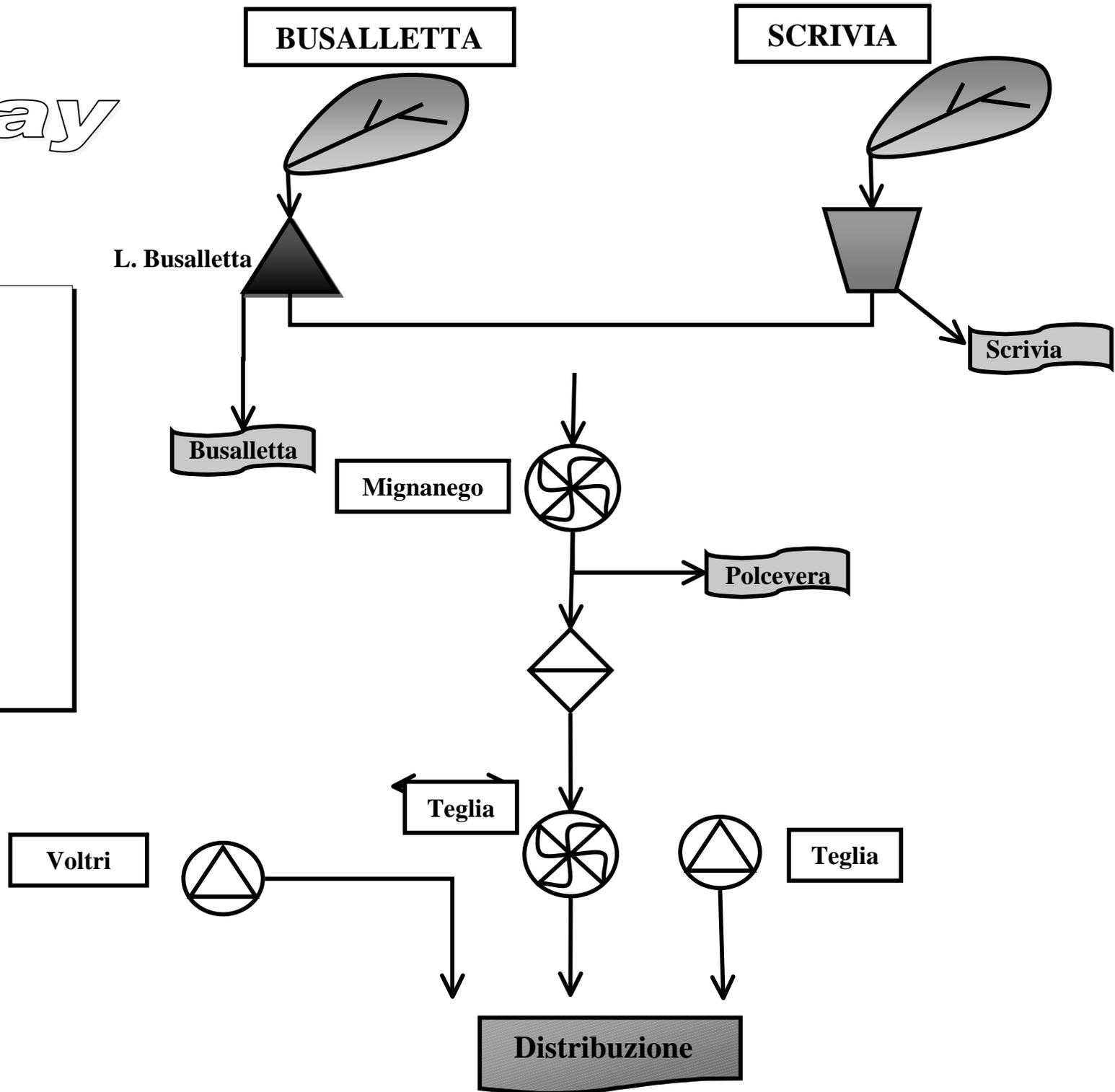
Bacino imbrifero relativo TOT 24 Km²

volume TOT invasi 12 Mm³

IMP. IDROELETTRICI DE FERRARI GALLIERA



Nicolay



BUSALLETTA

IMP. IDROELETTRICI NICOLAY

L. Busalletta

SCRIVIA

BUSALLETTA

- ✓ Bacino imbrifero relativo 10 Km²
- ✓ volume invaso 4,5 Mm³

MIGNANEGO

(1965)

- ✓ 2 Turbina FRANCIS
- ✓ Potenza resa 615 kW
- ✓ Produzione 4 GWh/yr

Polcevera

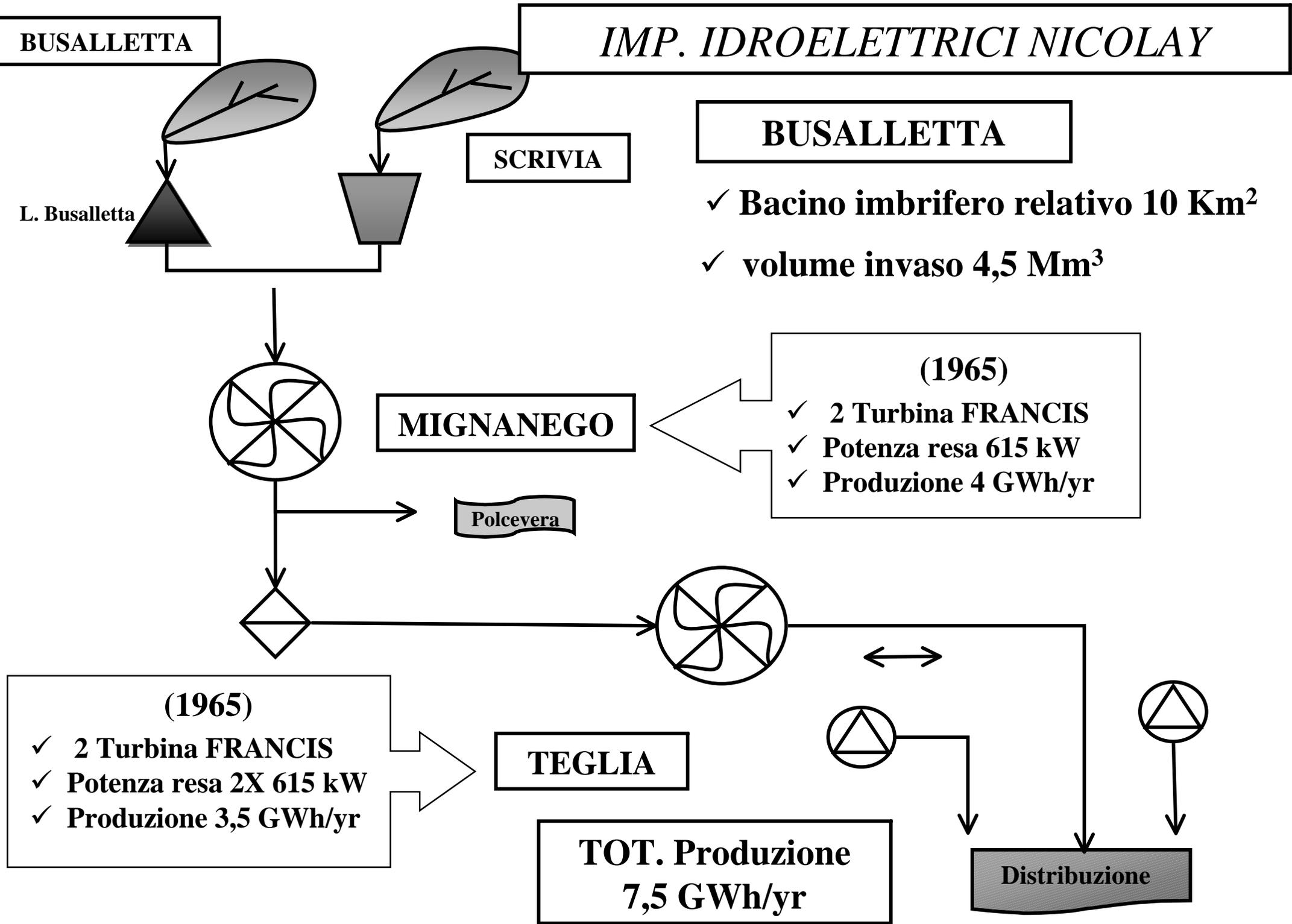
(1965)

- ✓ 2 Turbina FRANCIS
- ✓ Potenza resa 2X 615 kW
- ✓ Produzione 3,5 GWh/yr

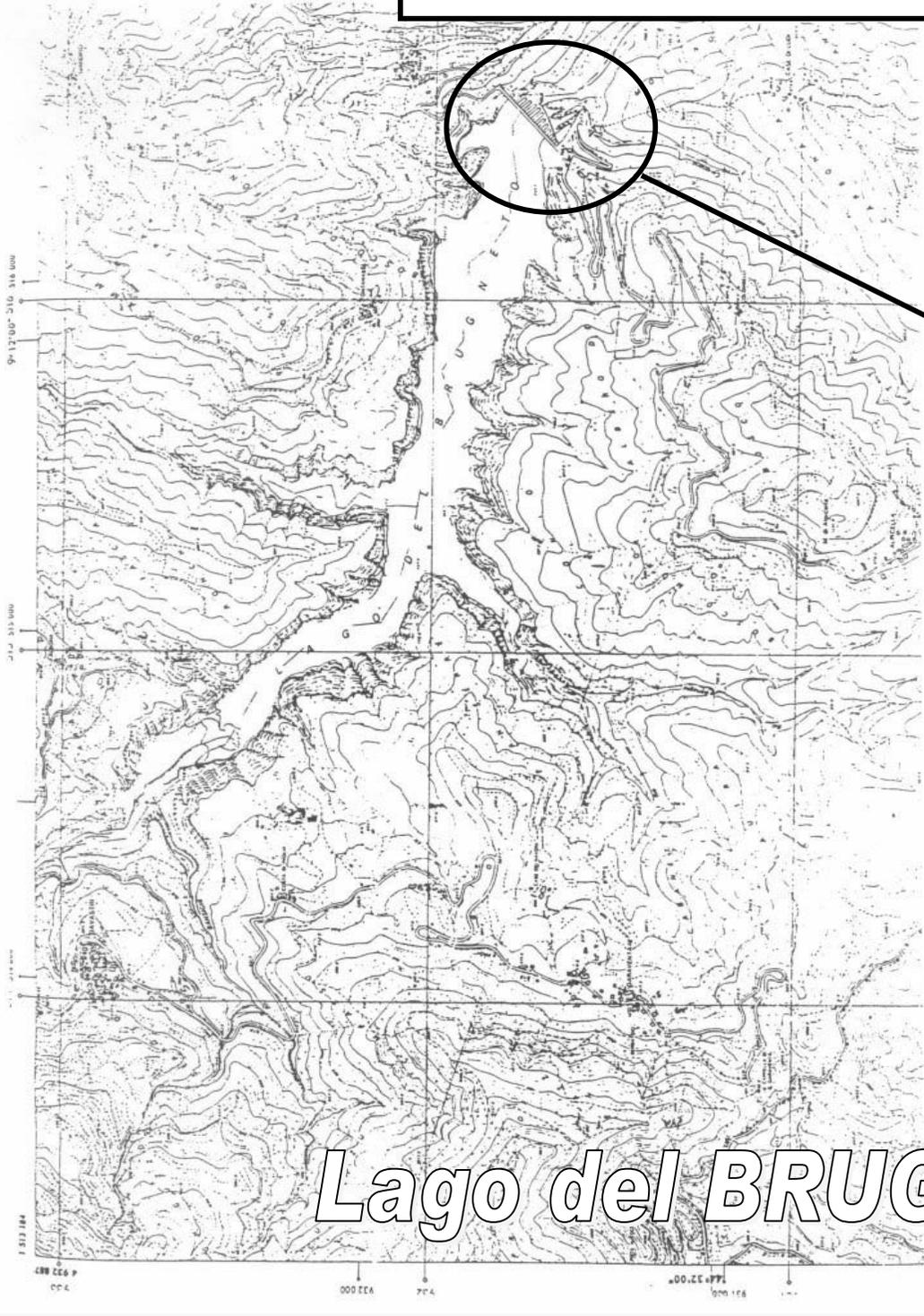
TEGLIA

**TOT. Produzione
7,5 GWh/yr**

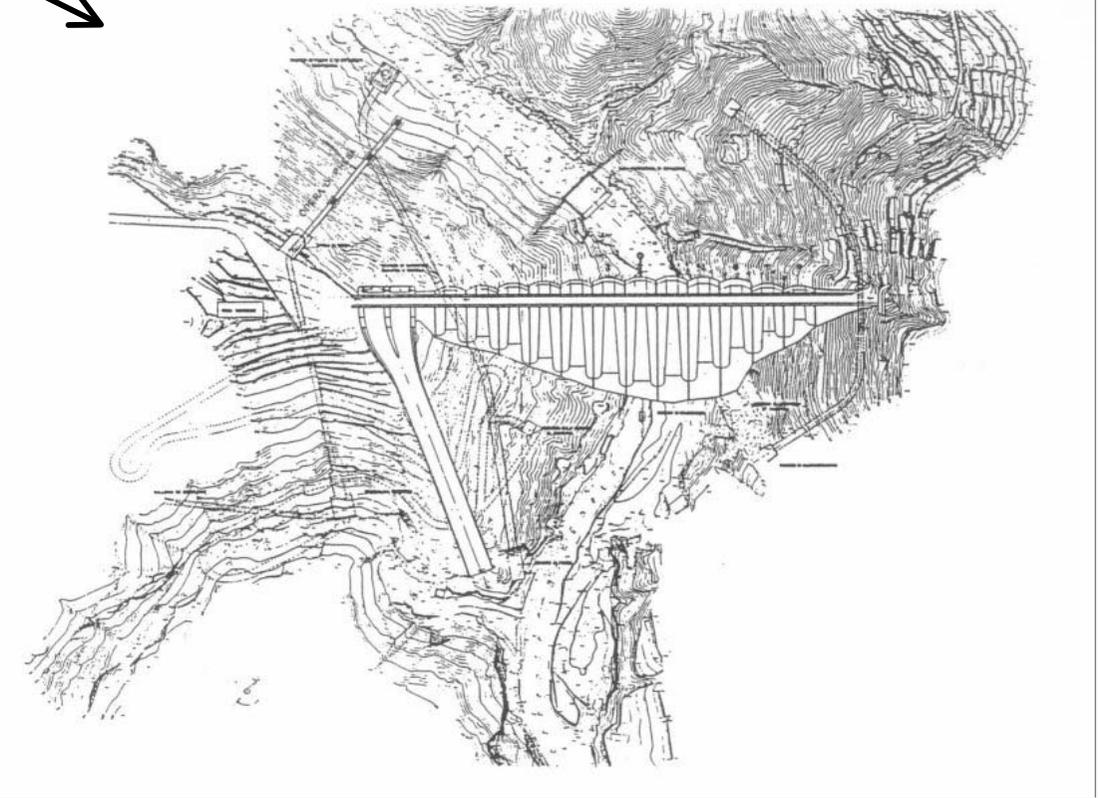
Distribuzione



SERBATOIO ARTIFICIALE DEL BRUGNETO



DIGA di sbarramento
PLANIMETRIA



Lago del BRUGNETO
PLANIMETRIA

SERBATOIO ARTIFICIALE DEL BRUGNETO

- sbarramento del torrente Brugneto (affluente di sinistra del Trebbia) con **DIGA a GRAVITÀ ALLEGGERITA con andamento RETTILINEO**



Dati DIGA

- ✓ altezza della diga 77,50 m
- ✓ altezza MAX ritenuta 73,00 m
- ✓ franco 1,80 m
- ✓ sviluppo coronamento 275 m
- ✓ quota coronamento 780,00 m s.m.

SERBATOIO ARTIFICIALE DEL BRUGNETO

Dati SERBATOIO

- ✓ **quota di MAX vaso 778,20 m s.m.**
- ✓ **quota di MAX regolazione 777,00 m s.m.**
- ✓ **superficie specchio liquido (MAX vaso) 1,02 Km²**



- ✓ **volume MAX vaso 25 Mm³**
- ✓ **volume di laminazione 1,08 Mm³**
- ✓ **Bacino imbrifero relativo 25 Km²**
- ✓ **Piena di progetto 600 m³/s**
- ✓ **Portata di progetto scarichi 769 m³/s**

SERBATOIO ARTIFICIALE DEL BRUGNETO

➤ OPERE DI SCARICO

SCARICO di SUPERFICIE

ricavato in sponda destra

- ✓ 2 luci (larghezza 10,50 m) chiuse da due paratoie piane verticali
- ✓ soglia fissa a quota 771,50 m s.m.
- ✓ portata alla quota di MAX INVASO pari a 600 m³/s

SCARICO di ALLEGGERIMENTO

ricavato in sponda sinistra

- ✓ munito di 2 luci chiuse da due paratoie piane (2,07 x 1,75 m)
- ✓ imbocco con soglia a quota 745 m s.m.
- ✓ portata alla quota di MAX INVASO pari a 62 m³/s

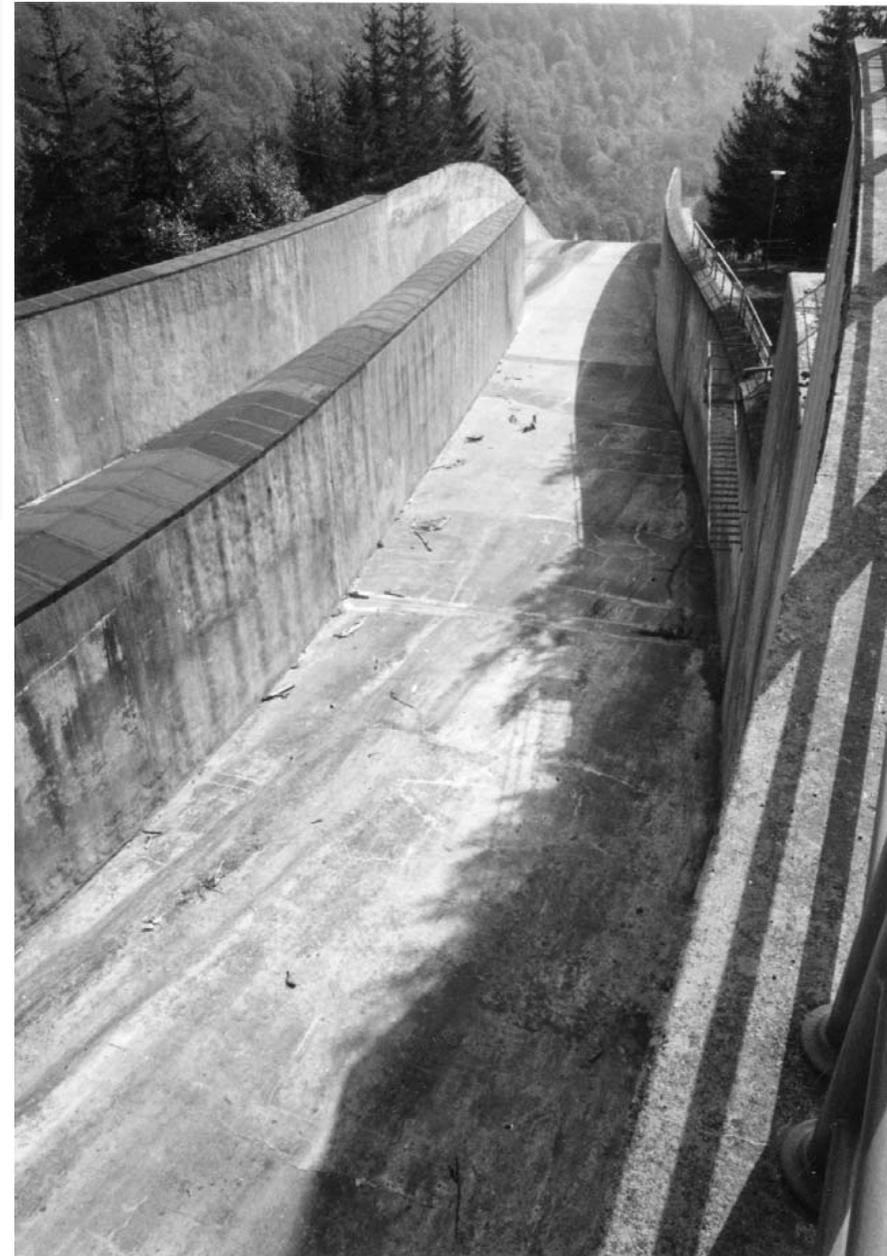
SCARICO di FONDO

ricavato in sponda destra

- ✓ munito di 2 luci chiuse da due paratoie piane (2,25 x 1,75 m)
- ✓ imbocco verticale provvisto di griglia con soglia a quota 709,96 m s.m.
- ✓ portata alla quota di MAX INVASO pari a 107 m³/s

SERBATOIO ARTIFICIALE DEL BRUGNETO

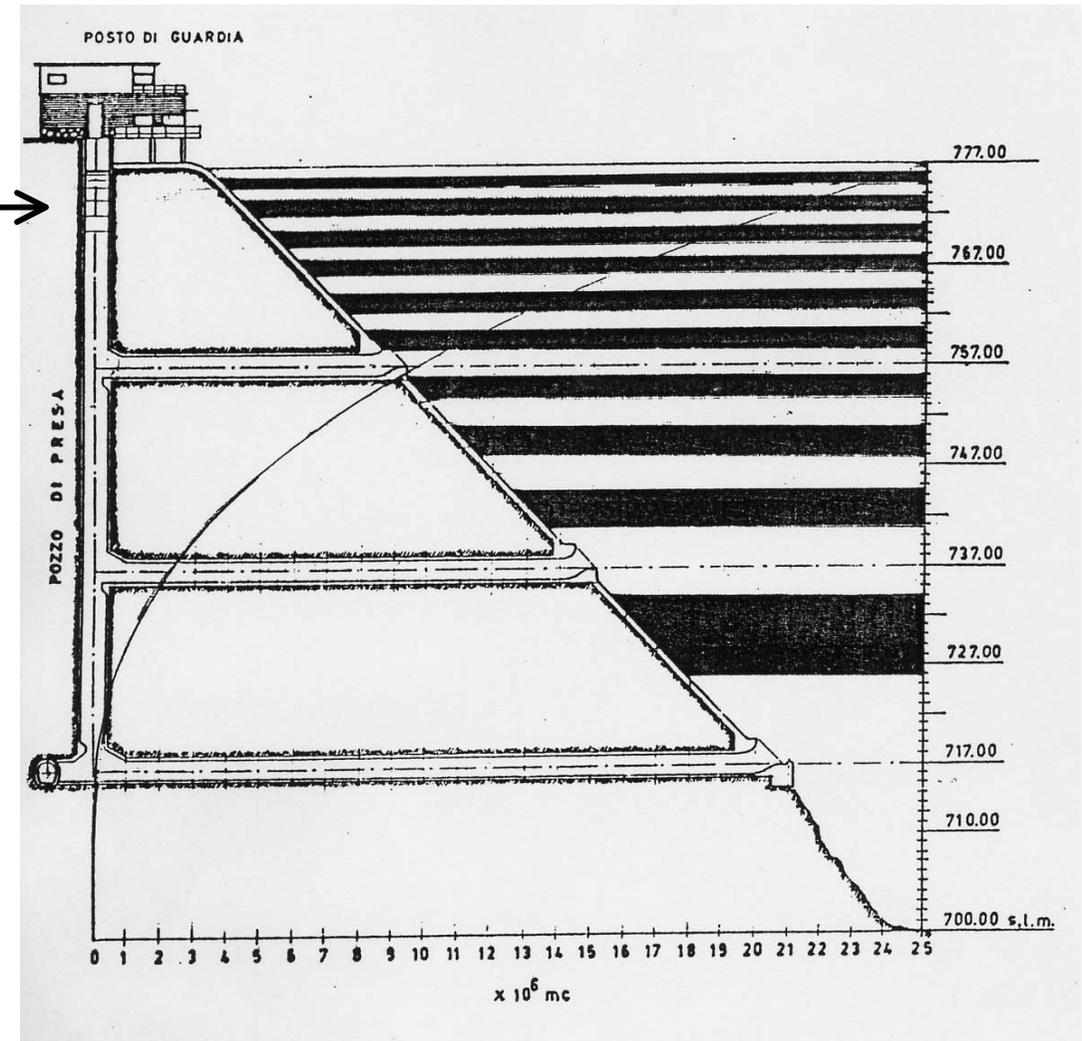
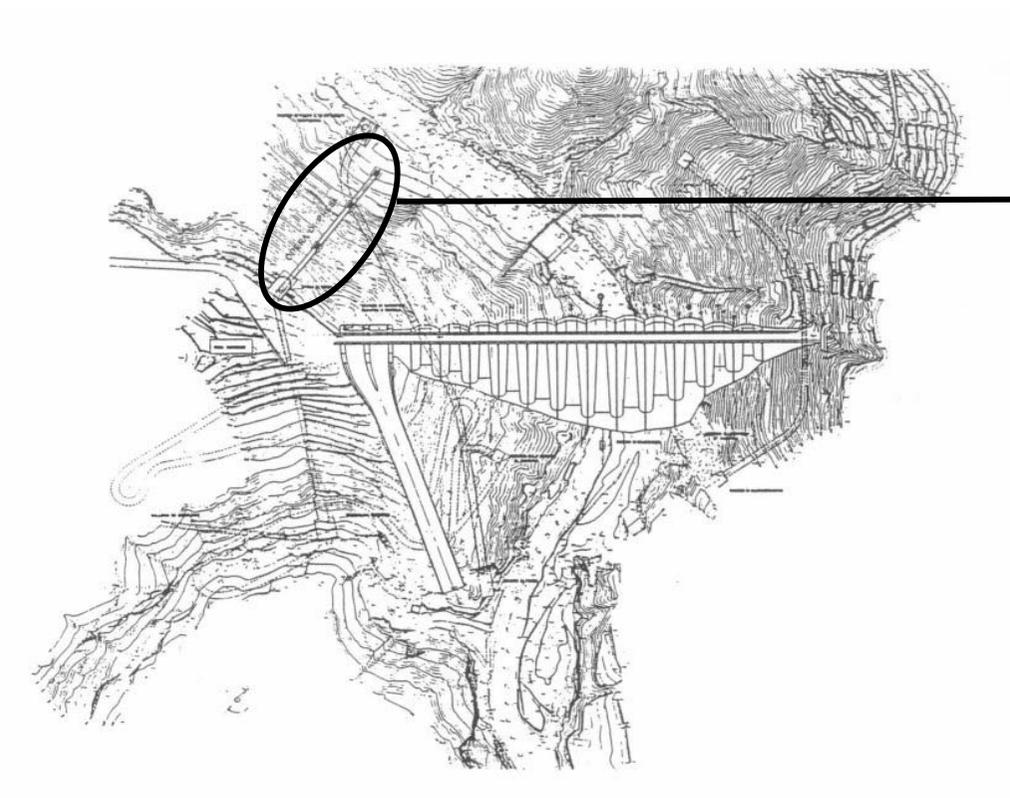
Scarico di Superficie



SERBATOIO ARTIFICIALE DEL BRUGNETO

Opera di presa

- ✓ situata a 50 m dallo sbarramento in sponda destra
- ✓ costituita da tre gallerie ad asse orizzontale



✓ quote gallerie 717 m., 737 m., 757 m.

✓ quota inf. Pozzo 716 m.

SISTEMA AMGA: GESTIONE ORDINARIA

- si opera nell'ottica dei **SERBATOI INTERCONNESSI** sulla base di criteri generali dipendenti da fattori quali:

- ✓ la stagione
- ✓ la situazione degli invasi
- ✓ la presenza di disponibilità temporanee

condizione IDEALE

Volume d'invaso

> 23-24 Mm³ (estate)

> 22-23 Mm³ (inverno)

Afflusso > Fabbisogno utenza

- Volumi in esubero **SOLO** per produzione di energia elettrica
- Fonti di approvvigionamento alternative **NON** utilizzate

condizione ORDINARIA

Volume d'invaso

< 23-24 Mm³ (estate)

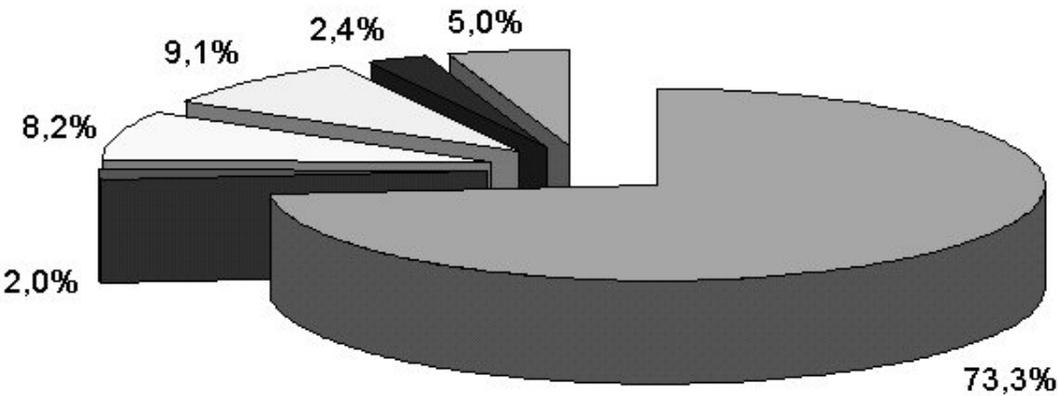
< 22-23 Mm³ (inverno)

- Si utilizzano nell'ordine le seguenti risorse:
 - ✓ Prese ad acqua fluente (Bisagno e Lavena)
 - ✓ Acquedotti periferici
 - ✓ Stazioni di sollevamento da falda Bisagno

SISTEMA AMGA: GESTIONE ORDINARIA

➤ La politica di gestione è finalizzata ad assicurare il **MAX VOLUME** d'INVASO all'inizio della stagione estiva in modo da **GARANTIRE** l'erogazione nei periodi **SICCITOSI**

Stagione *UMIDA* (LUGLIO-SETTEMBRE)

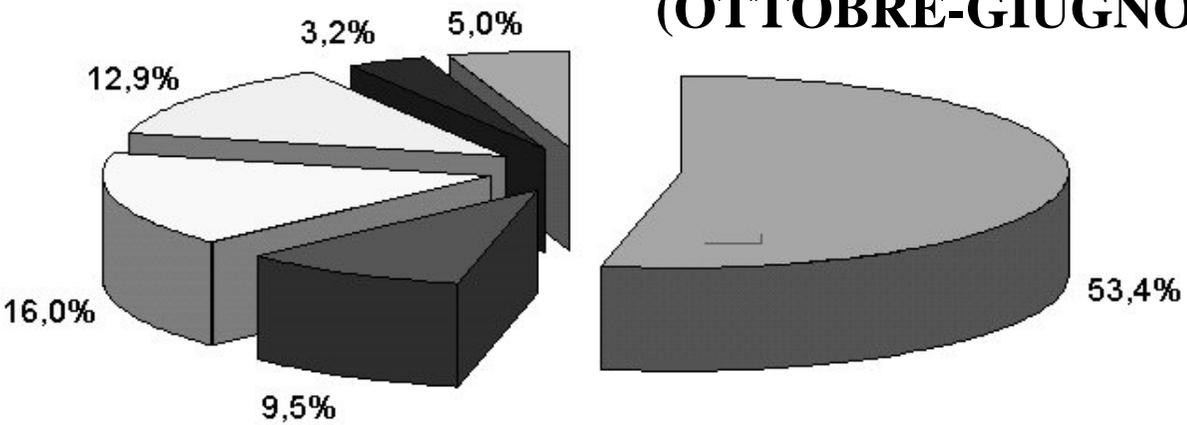


Fonte: Registri del Servizio Acquedotti AMGA relativamente al periodo 1964-1988

% Volumi totali immessi nella rete di distribuzione AMGA

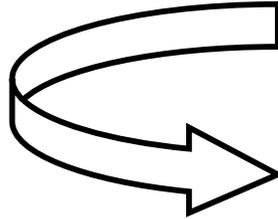
- Bacino BRUGNETO
- LAVENA
- BISAGNO
- Bacino VAL NOCI
- Acquedotti minori
- Stazioni di sollevamento

Stagione *SECCA* (OTTOBRE-GIUGNO)



Piano di RAZIONAMENTO

- lo scopo principale è quello di ridurre il rischio di situazioni di **FALLANZA** (carenza della risorsa idrica) nelle quali è necessario ricorrere a restrizioni nelle erogazioni o razionamenti



FASI DEL RAZIONAMENTO

- ✓ **MORBIDO**
 - ✓ **MEDIO**
 - ✓ **GRAVOSO**
- In condizioni di **EMERGENZA** (razionamento della risorsa) si verificano passività nel bilancio dovute a:
 - ✓ danni che si verificano nelle condotte per sovrappressioni dovute a manovre di apertura e chiusura degli organi di intercettazione
 - ✓ energia non prodotta nelle centrali idroelettriche
 - ✓ maggior impegno del laboratorio chimico dovuto alla necessità di operare campagne supplementari di analisi batteriologiche
 - ✓ mancato introito relativo all'acqua fatturata

***GESTIONE DELLA RISORSA IDRICA NEL BACINO ARTIFICIALE
DEL BRUGNETO***

- **Applicazione della Teoria STOCASTICA dei
SERBATOI al bacino del BRUGNETO**

Obiettivi

- ✓ **Valutare l'andamento della disponibilità della risorsa idrica in funzione di una domanda prefissata nei diversi mesi dell'anno, attraverso l'analisi delle funzioni di probabilità degli afflussi al serbatoio**
- ✓ **Valutare l'effetto di diverse politiche preventive di gestione della risorsa**

Dati

- ✓ **Capacità MAX del serbatoio pari a 25 Mm³**
- ✓ **Bacino imbrifero relativo di superficie pari a 25 Km²**

AFFLUSSI

ESERCITAZIONE

➤ Sulla base dell'analisi annuale di un campione di 30 anni di dati si osserva che la distribuzione di probabilità degli AFFLUSSI NETTI al serbatoio è rappresentata dalla funzione di densità di probabilità LOGNORMALE

Parametri mensili AFFLUSSI

Mese	coeff. Affl.	Media [Mm ³]	Dev. Std. [Mm ³]
Gennaio	1,18	5,1	4
Febbraio	1,03	3,5	2,6
Marzo	1,11	4,5	2,4
Aprile	0,81	3,1	1,5
Maggio	0,76	2,6	1,7
Giugno	0,65	1,6	0,6
Luglio	0,47	0,8	0,5
Agosto	0,18	0,4	0,3
Settembre	0,38	1,3	1
Ottobre	0,66	4,2	3,4
Novembre	1,09	6,7	4,1
Dicembre	1,08	5,3	3,3

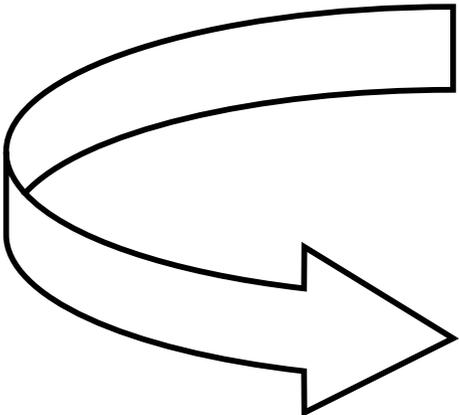
Fabbisogno UTENZE

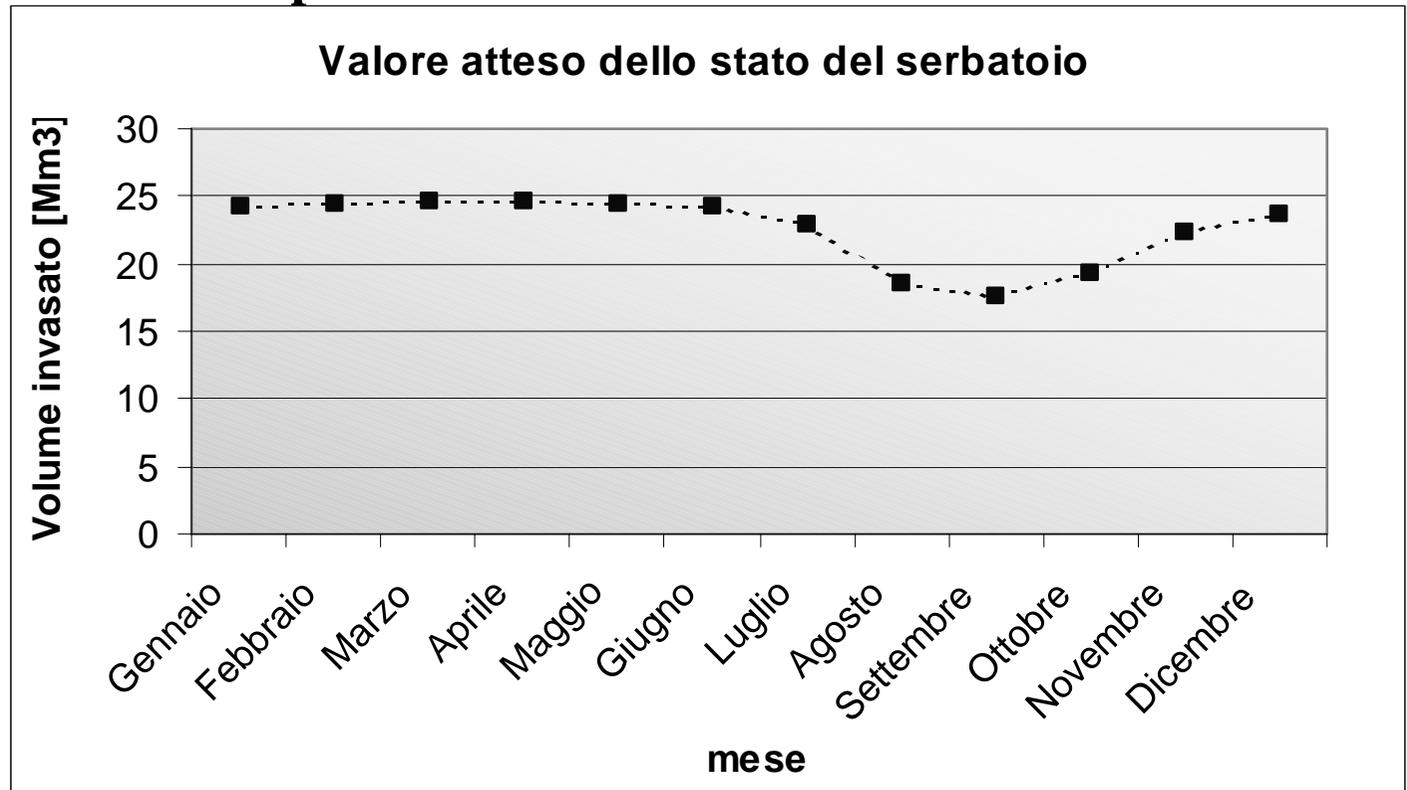
UTENZE su base mensile

Mese	Idropotabile [Mm ³]	Irrigua [Mm ³]
Gennaio	2,2	-
Febbraio	2,2	-
Marzo	2,2	-
Aprile	2,2	-
Maggio	2,4	-
Giugno	2,4	-
Luglio	3,3	0,5
Agosto	3,5	2
Settembre	3,5	-
Ottobre	3	-
Novembre	2,7	-
Dicembre	2,5	-

ESERCITAZIONE

- Sulla base delle informazioni precedenti scegliere una suddivisione opportuna della risorsa disponibile in “STATI di SERBATOIO” per modellare il comportamento del sistema sotto forma di processo MARKOVIANO
- Costruire per ogni mese dell’anno la MATRICE delle PROBABILITÀ di TRANSIZIONE Π_i
- Calcolare i vettori delle probabilità Q_i^* allo stato stazionario
- Valutare il VALORE ATTESO dello STATO del SERBATOIO in ciascun mese dell’anno e graficarne l’evoluzione nel tempo


$$E[V] = \frac{\sum_i Q_i^* \cdot i}{n_i} \cdot V_{U.S.}$$

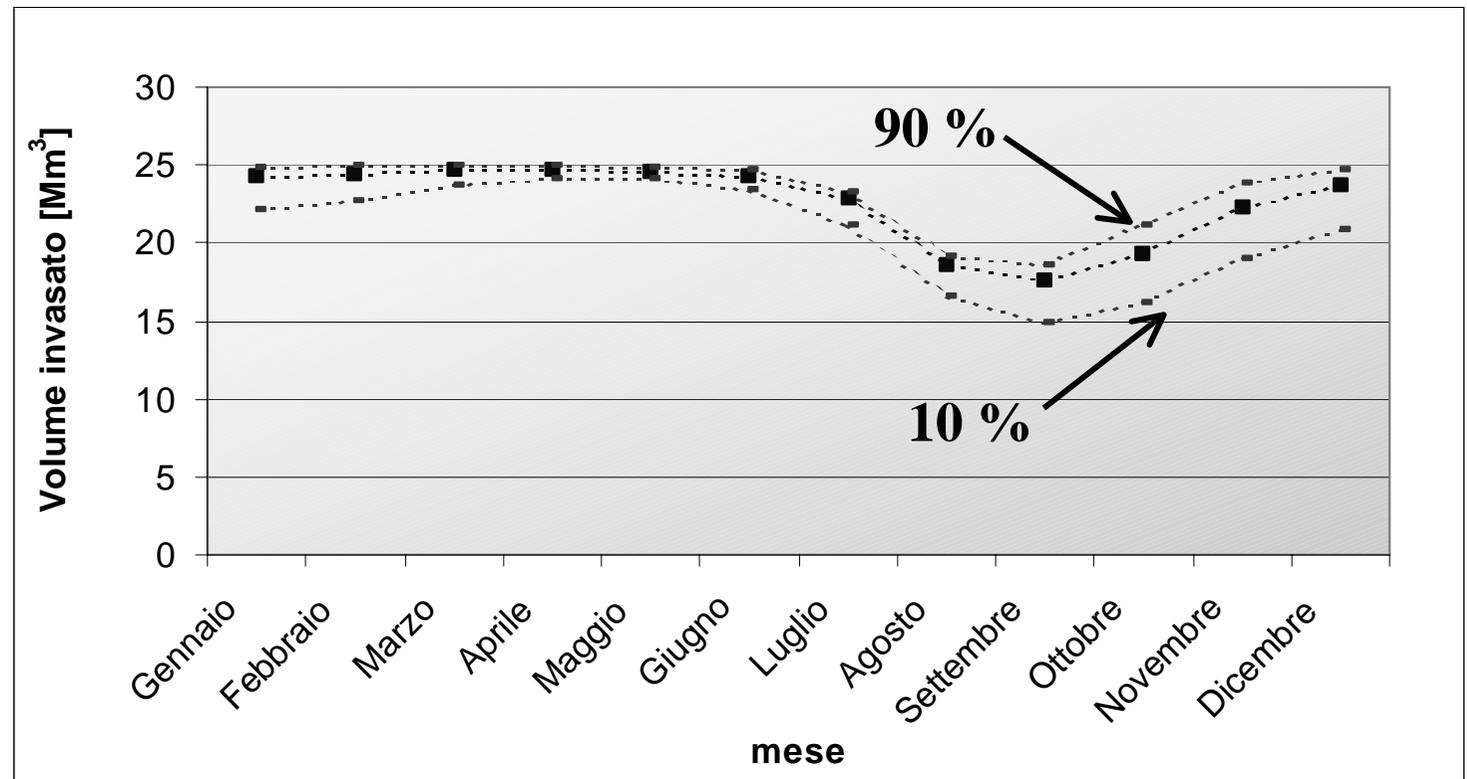
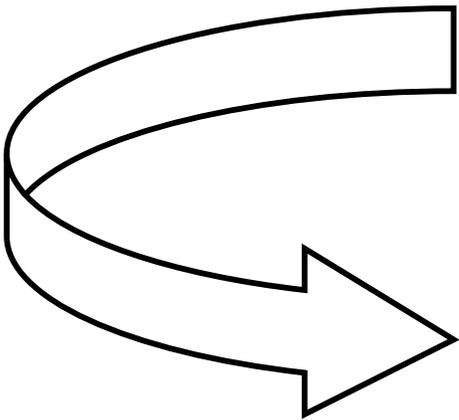


ESERCITAZIONE

➤ **Valutare gli INTERVALLI DI CONFIDENZA al 90% sulla stima della media [n=30] e ricalcolare per I DUE LIMITI DELL'INTERVALLO**

- ✓ le matrici di transizione mensili Π_i
- ✓ i vettori dello stato stazionario Q_i^*
- ✓ i relativi valori attesi

infine grafico dell'evoluzione nel tempo



- **Definire, a scopo gestionale, gli INTERVENTI CORRETTIVI basati sul rilascio parziale della risorsa invasata relativi ad un PIANO DI RAZIONAMENTO LIEVE, MEDIO E GRAVOSO da attuarsi in corrispondenza di condizioni critiche di stato di serbatoio (SOGLIA di ATTENZIONE, di INTERVENTO e di ALLARME)**
 - **Valutare la distanza dei VALORI ATTESI dai VALORI DI SOGLIA in corrispondenza dell'inizio dell'estate (fine MAGGIO)**
 - **Assumendo di trovarsi in condizioni critiche (di soglia) all'inizio dell'estate (fine MAGGIO) valutare l'EFFETTO delle AZIONI di RAZIONAMENTO previste**
 - **Ricalcolare a partire da Maggio**
 - ✓ **le matrici MODIFICATE delle probabilità di transizione Π_i**
 - ✓ **i valori attesi modificati e dei relativi intervalli di confidenza al 90%**
- Infine grafico dell'evoluzione nel tempo**