

Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona

Diga di Pagnona – INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO IDRAULICO E STRUTTURALE DELLA DIGA

Progetto autorizzato nel 2018 e avvio dei lavori 2018-19

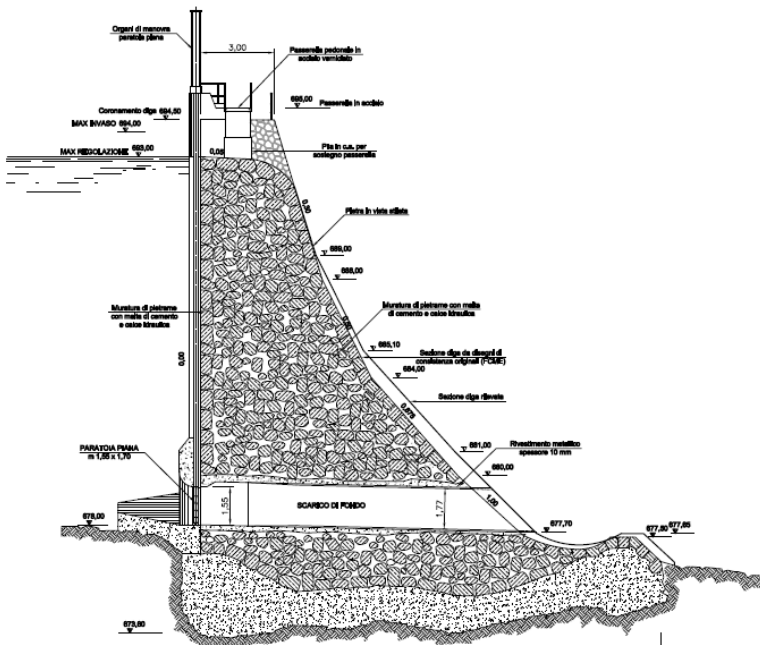
Raffaele Figini

Enel Green Power Italia srl

Progetto autorizzato 2018

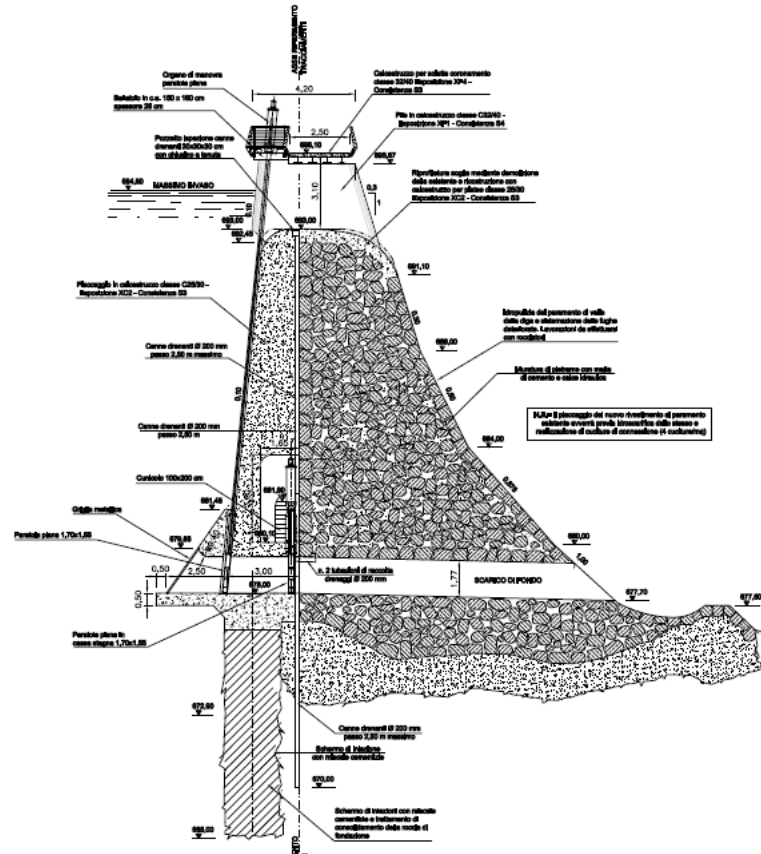
STATO DI FATTO

SEZIONE TRASVERSALE A-A
scala 1:100



PROGETTO AUTORIZZATO

SEZIONE TRASVERSALE A-A
scala 1:100

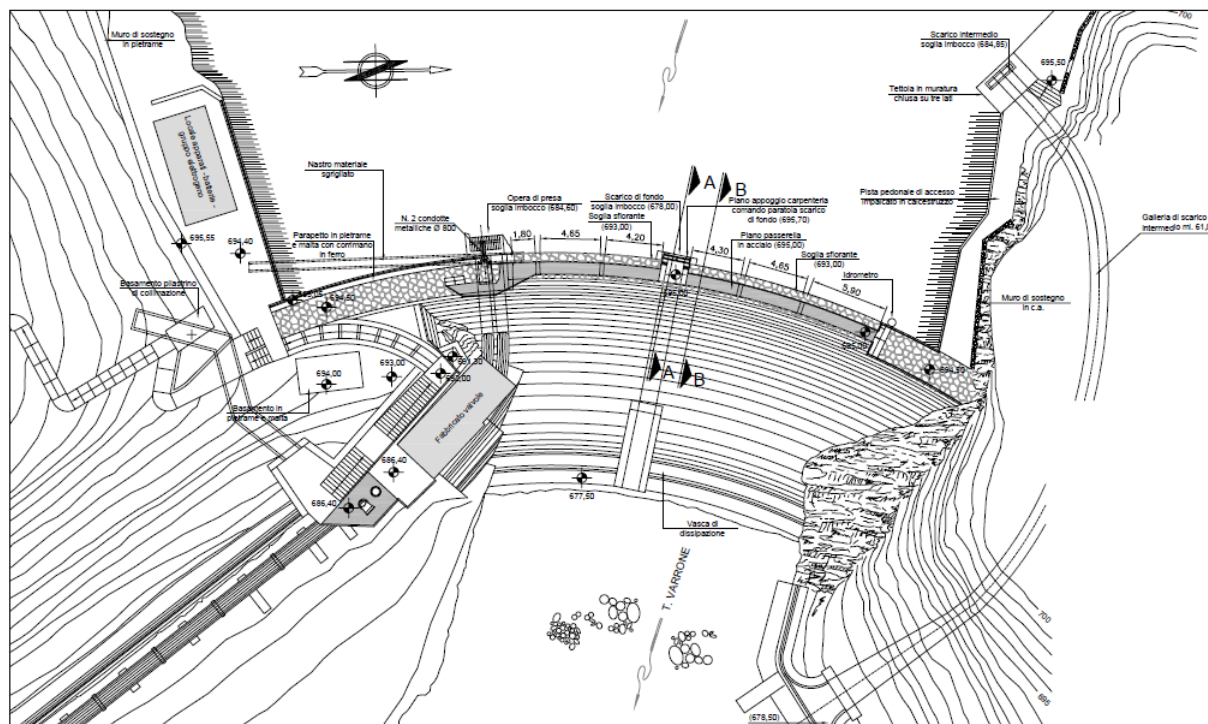


IL PROGETTO ESECUTIVO, approvato l'11/09/2018, prevedeva:

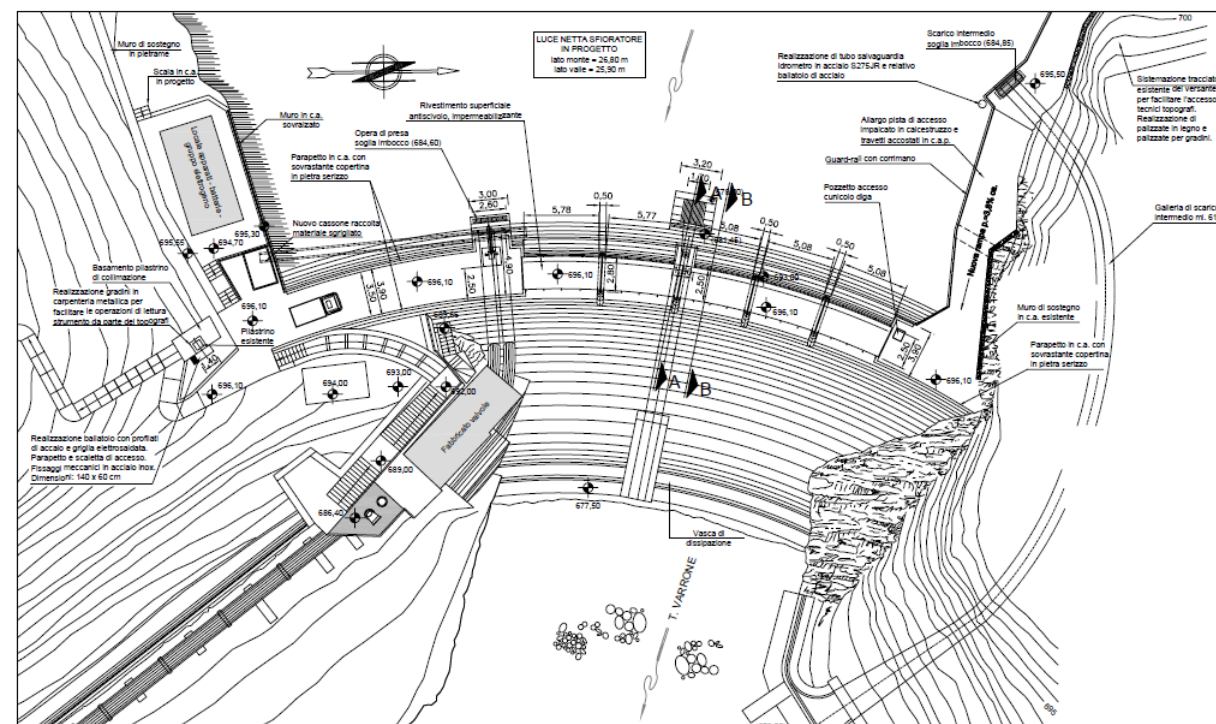
- **sopralzo del coronamento** (+ 1.60 m) per consentire transito piena millenaria (**146mc/s**, quota massimo invaso +0.60 m rispetto a stato di fatto)
- **placcaggio in c.a.** sul paramento di monte, per soddisfare le verifiche di sicurezza con incremento della quota di massimo invaso (funzione di appesantimento della diga), con **canne di drenaggio e cunicolo** interno
- **schermo di iniezione** impermeabilizzante a base diga
- **Passerella carrabile** su 5 campate

Progetto autorizzato 2018

STATO DI FATTO
PLANIMETRIA GENERALE DIGA
scala 1:200



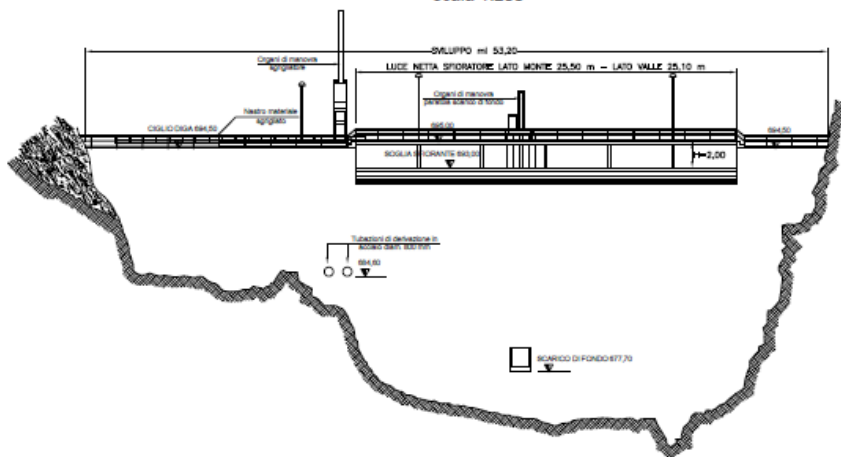
PROGETTO AUTORIZZATO
PLANIMETRIA GENERALE DIGA
scala 1:200



Progetto autorizzato 2018

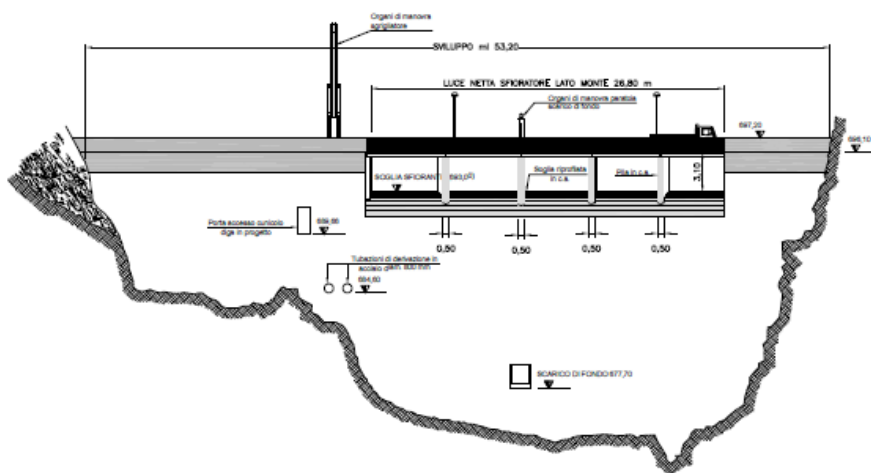
VISTA DA VALLE

STATO DI FATTO
scala 1:200



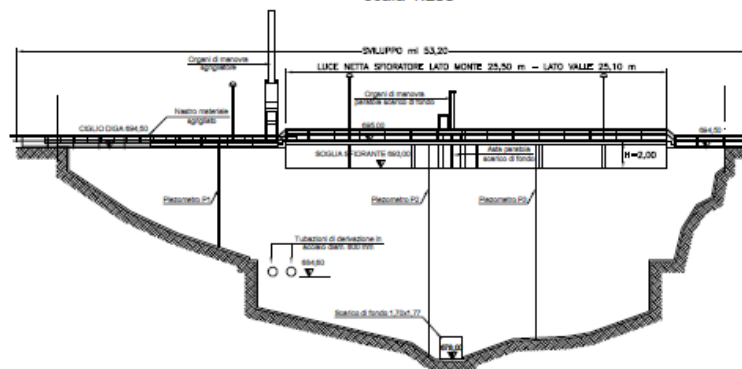
PROGETTO AUTORIZZATO

scala 1:200



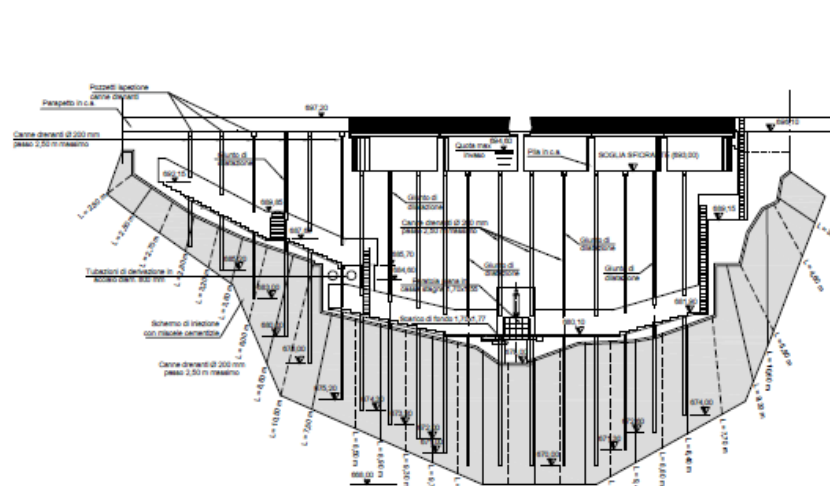
SEZIONE LONGITUDINALE DA VALLE
IN PROSSIMITA' DEL PARAMENTO DI MONTE

STATO DI FATTO
scala 1:200



PROGETTO AUTORIZZATO

scala 1:200



Progetto autorizzato 2018: il miglioramento idraulico

Valutazioni idrologiche (2004)

Tempo di ritorno (anni)	Studio precedente	Studio attuale		
		Analisi statistica diretta (tab. 7)	Metodo afflussi deflussi (tab. 11)	Media
T = 100	$Q_{100} = 91 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{100} = 101 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{100} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{100} = 101 \text{ m}^3/\text{s}$
T = 200	$Q_{200} = 99 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{200} = 114 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{200} = 114 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{200} = 114 \text{ m}^3/\text{s}$
T = 500	$Q_{500} = 114 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{500} = 133 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{500} = 130 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{500} = 132 \text{ m}^3/\text{s}$
T = 1000	$Q_{1000} = 128 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{1000} = 147 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{1000} = 145 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{1000} = 146 \text{ m}^3/\text{s}$

Confronto stato di fatto vs stato di progetto

Riepilogo caratteristiche diga	Attuale (f. condizioni)	In progetto	
Quota coronamento	694,50	696,10	m s.l.m.
Larghezza coronamento	3,00 ⁽¹⁾	2,50	m
Quota max regolazione = quota sfioratore	693,00	693,00	m s.l.m.
Quota di max invaso	694,00 ⁽²⁾	694,60 ⁽³⁾	m s.l.m.
Franco	0,50	1,50	m
Altezza della diga			
- secondo regolamento D.M. 24-03-82	21,50	23,10	m
- secondo L. 584/94	18,75	20,35	m
Quota alveo a valle	675,75	==	m s.l.m.
Soglia derivazione	684,60	==	m s.l.m.
Quota minima fondazioni	673,00	==	m s.l.m.
Quota unghia a monte	677,00	==	m s.l.m.
Grado di sismicità	S = 0	S = 6	

Portate dei tre scarichi

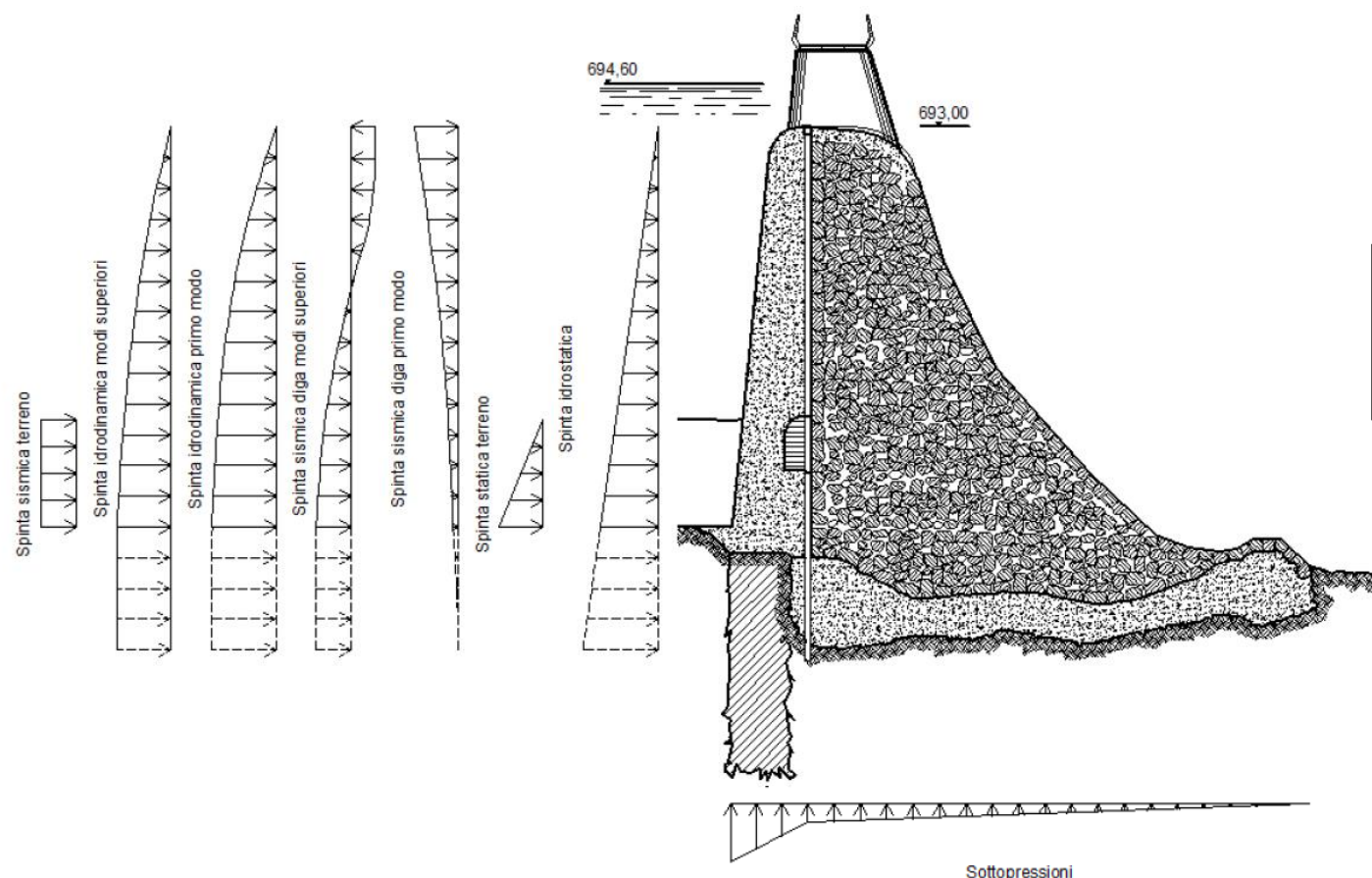
Quota di invaso (mslm)	Portate scaricate (m³/s)			
	Sc. fondo	Sc. intermedio	Sc. superficie	Tot. scarichi
694,60	26,5	22,8	102,1	151,4
694,32	26,2	22,4	76,5	125,2
694,20	26,1	22,3	66,3	114,7
694,00	26,0	22,0	50,5	98,4
693,80	25,8	21,7	36,1	83,6
693,60	25,6	21,5	23,4	70,5
693,40	25,4	21,2	12,8	59,4
693,20	25,3	20,9	4,5	50,7
693,00	25,1	20,6	0,0	45,7
692,50	24,6	19,9	0,0	44,5
692,00	24,2	19,1	0,0	43,3
691,50	23,7	18,3	0,0	42,1
691,00	23,3	17,5	0,0	40,8
690,50	22,8	16,6	0,0	39,4
690,00	22,3	15,7	0,0	38,0
689,50	21,8	14,7	0,0	36,5
689,00	21,3	13,7	0,0	35,0
688,50	20,7	12,5	0,0	33,3
688,00	20,2	11,3	0,0	31,5
687,50	19,7	9,9	0,0	29,6
687,00	19,1	8,3	0,0	27,3
686,50	18,5	6,2	0,0	24,7
686,00	17,9	3,0	0,0	20,9
685,50	17,3	0,0	0,0	17,3
685,00	16,6	0,0	0,0	16,6

Obiettivo: scaricare la Q_{100} (101 mc/s) con lo scarico di superficie e la Q_{1000} (146 mc/s) con i tre scarichi

Progetto autorizzato 2018: il miglioramento strutturale

Sezione di progetto con nuovo placcaggio: carichi agenti

Risultati delle verifiche di sicurezza a scorrimento



Verifica di stabilità allo scorrimento: $F_s = (c \cdot A + f \cdot \Sigma F_v) / \Sigma F_o$ > 1.15 (γ_R)

per $L = 1.00$ m con:

coeff. attrito:	$\tan \phi'_k \rightarrow d$	1.000	→	1.000	($\tan 45^\circ$)
coesione eff.:	$c'_k \rightarrow c'_d$	200.0	→	200.0	(kN/m^2)

	SLU - max regolazione				SLU - massima piena		
	B (m)	ΣF_v (kN)	ΣF_o (kN)	$(c \cdot A + f \cdot \Sigma F_v) / \Sigma F_o$	ΣF_v (kN)	ΣF_o (kN)	$(c \cdot A + f \cdot \Sigma F_v) / \Sigma F_o$
sez. 1	6.95	581.4	159.4	12.37	584.6	201.1	9.82
sez. 2	9.35	1,220.7	516.5	5.98	1,254.8	538.6	5.80
sez. 3	12.85	2,078.7	1,077.6	4.31	2,159.4	1,033.0	4.58
sez. 4	16.55	2,924.5	1,716.3	3.63	3,052.8	1,571.4	4.05
sez. 5	21.80	4,240.1	2,483.8	3.46	4,450.9	2,215.1	3.98

Verifica di stabilità allo scorrimento: $F_s = (c \cdot A + f \cdot \Sigma F_v) / \Sigma F_o$ > 1.15 (γ_R)

per $L = 1.00$ m con:

coeff. attrito:	$\tan \phi'_k \rightarrow d$	1.000	→	1.000	($\tan 45^\circ$)
coesione eff.:	$c'_k \rightarrow c'_d$	200.0	→	200.0	(kN/m^2)

	SLU sisma - Chopra 1978			
	B (m)	ΣF_v (kN)	ΣF_o (kN)	$(c \cdot A + f \cdot \Sigma F_v) / \Sigma F_o$
sez. 1	6.95	605.8	419.3	4.76
sez. 2	9.35	1,274.4	862.8	3.64
sez. 3	12.85	2,179.5	1,427.1	3.33
sez. 4	16.55	3,072.7	2,045.6	3.12
sez. 5	21.80	4,474.1	2,636.0	3.35

Avvio dei lavori stagione 2018-19

Inizio lavori il 22 Ottobre 2018 con attività di svaso



Lavori in regime DPR 1363/59:

Committente: ing. Tartaglia P.

Direttore Lavori: ing. Figini R.

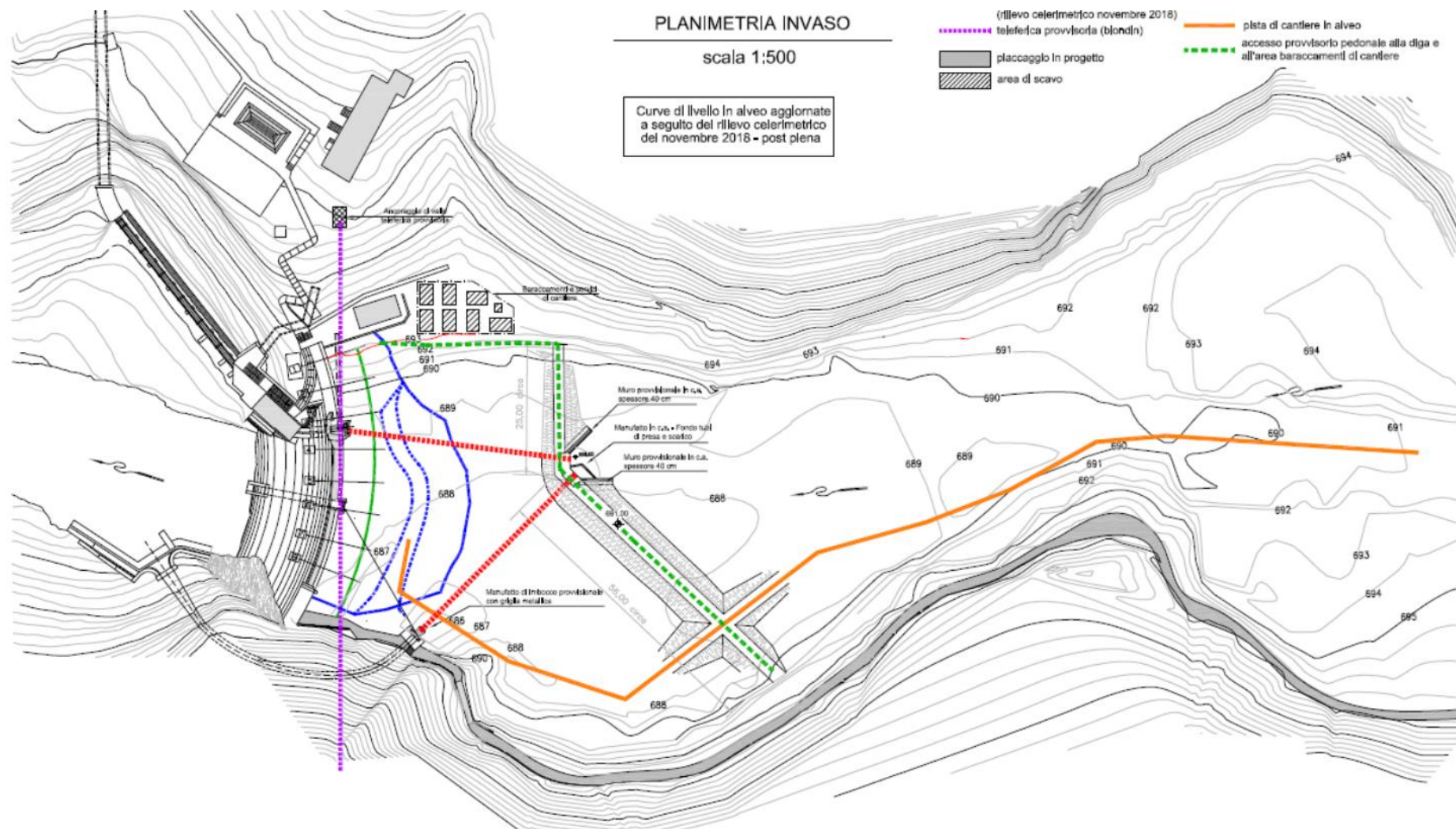
Assistente Governativo: ing.
Castelli A.

Ingegnere incaricato: ing. Lanzi A.

Impresa esecutrice: Gelmi srl

Avvio dei lavori stagione 2018-19

Novembre 2018 – Gennaio 2019: realizzazione tura e opere di deviazione acque



Avvio dei lavori stagione 2018-19

Novembre 2018 – Gennaio 2019: realizzazione tura e opere di deviazione acque



Avvio dei lavori stagione 2018-19

Febbraio - Marzo 2019: scavi a monte diga per liberare lo scarico di fondo e raggiungere roccia imposta placcaggio



Grosse difficoltà esecutive dovute a filtrazioni acqua, terreno limoso in prossimità dello scarico, necessità aggettamenti



Lo scarico è stato liberato a inizio Marzo 2019

Avvio dei lavori stagione 2018-19

7 Marzo 2019: evento di piena con apertura di breccia nella tura ➡ Sospensione lavori per presentazione variante tura



➡ Problema: gestione delle piene e del trascinamento dei sedimenti verso il paramento di monte diga. Difficoltà a mantenere libero lo scarico di fondo e a scoprire la roccia di imposta a monte diga