

## **Omaggio a due dighe centenarie : Vulci e Pagnona**

*La diga di Vulci: contesto storico e culturale del territorio. Criticità funzionali, strutturali e idrauliche dell'opera. Evento di piena del 2012*

*Matteo Sbarigia*

*Dams and Civil Infrastructure Safety*

Enel Green Power Italia S.r.l.

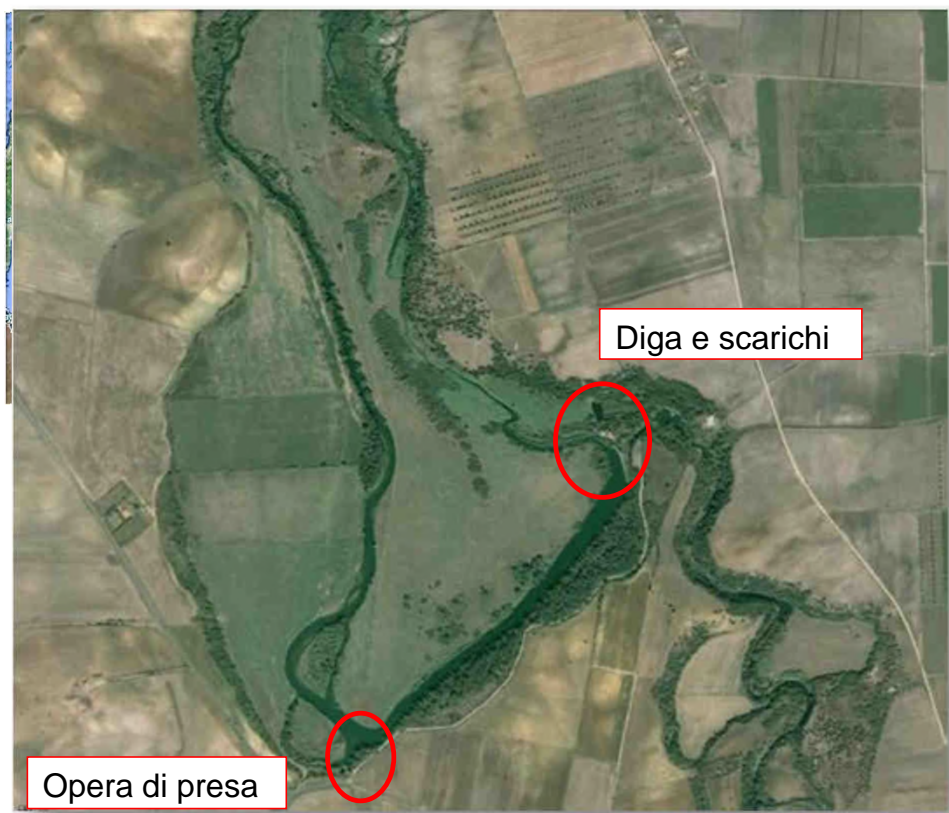
Viale Egeo 150

00144 Roma

M+39 3207475095

[matteo.sbarigia@enel.com](mailto:matteo.sbarigia@enel.com)

## La diga di Vulci e la sua storia



**BACINO QUASI COMPLETAMENTE  
INTERRITO, GIA' DOPO I PRIMI ANNI  
DALLA COSTRUZIONE, CONCLUSASI  
NEL 1923**



## La diga di Vulci e la sua storia



COPIA

Atti di Collaudo -

ALL. 4

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI  
TERZA SEZIONE - SERVIZIO DIGHE

DIGA SUL FIORA A CASTELLACCIO DE' VULCI  
(Società Volsinia di Elettricità)

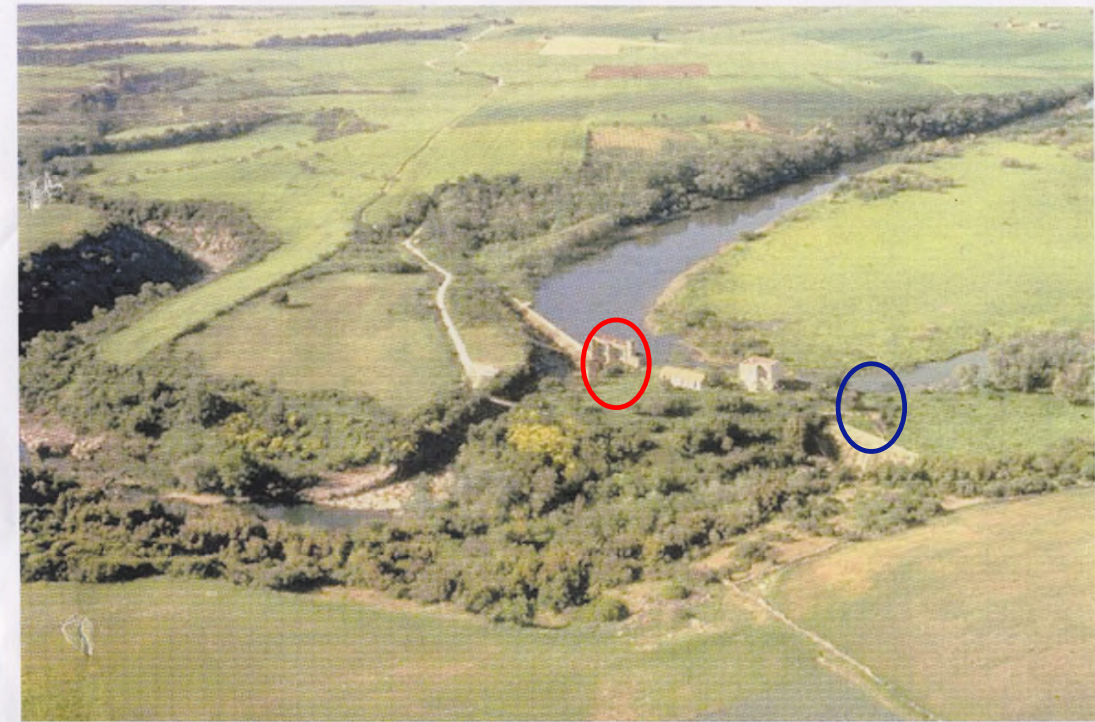
12.12.1932

Dagli atti della cessata Commissione per la verifica delle dighe di ritenuta e da quelli di questo "Servizio Dighe" dai referti delle visite sopralluogo effettuate periodicamente da parte degli Uffici del Genio Civile di Roma e di Viterbo e dagli accertamenti direttamente praticati da parte di questo stesso "Servizio Dighe" risulta che per la

DIGA DI CASTELLACCIO DE' VULCI



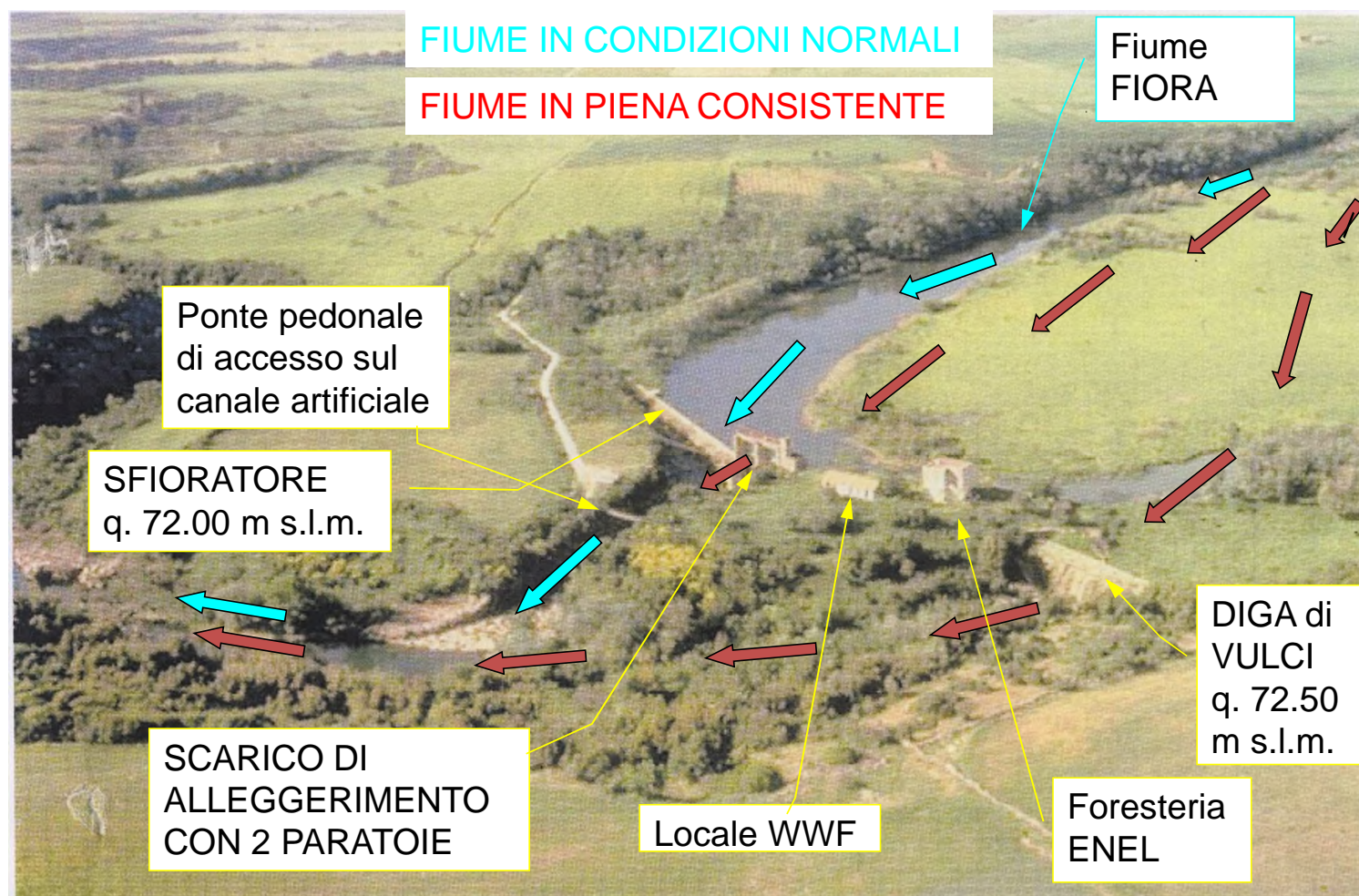
1923 - inaugurazione



3° - In conseguenza alla installazione delle sopradette paratoie di mezzo fondo, che, tenuto conto degli interrimenti già verificatisi nel serbatoio consentono il quasi completo svuotamento di questo, è stato rinunciato al ripristino del vecchio scarico di tutto fondo del bacino già completamente interrto.



## La diga di Vulci: le sue caratteristiche ed il suo funzionamento



# La diga di Vulci: le sue caratteristiche ed il suo funzionamento

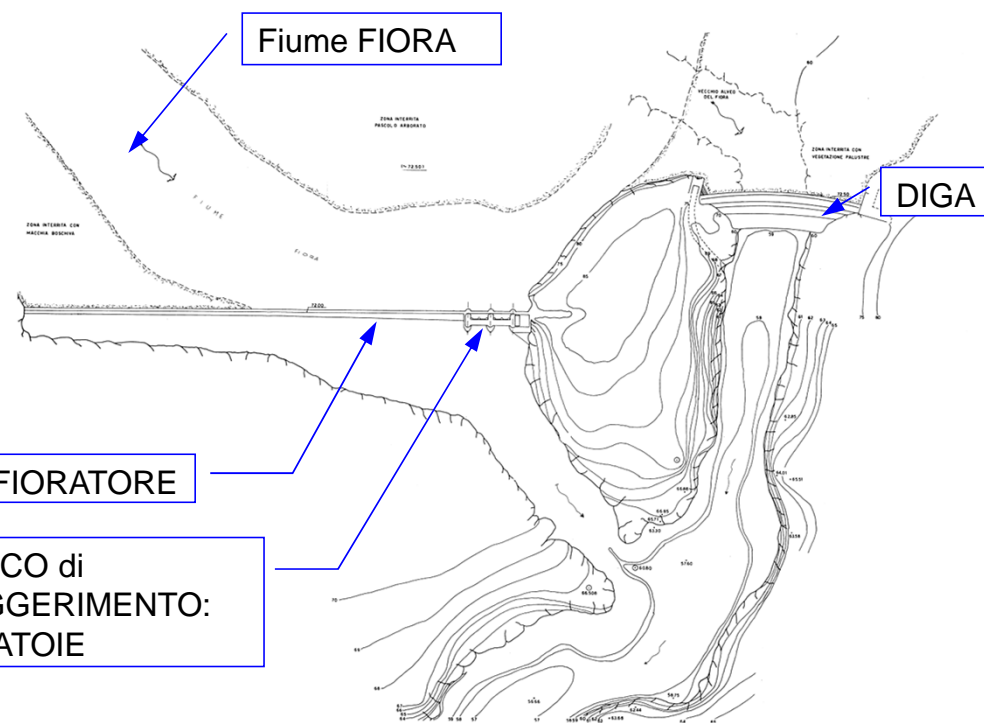


## ART. 3 - DATI PRINCIPALI DEL SERBATOIO DESUNTI DAL PROGETTO APPROVATO

- quota di massimo invaso	74,00 m s.m.
- quota massima di regolazione	72,00 m s.m.
- quota minima di regolazione	66,50 m s.m.
- superficie dello specchio liquido:	
- alla quota di massimo invaso	—
- alla quota massima di regolazione	—
- alla quota minima di regolazione	—
- volume totale di invaso (ai sensi del D.M. 24.3.'82)	14,00x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
- volume di invaso (ai sensi della L.584/1994 )	10,70x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
- volume utile di regolazione	5,66x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (*)
- volume di laminazione	4,50x10 <sup>6</sup> mc (**)
- superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	675 km <sup>2</sup>
- portata di massima piena di progetto	1.100 m <sup>3</sup> /s
- tempo di ritorno (ultimo anno di riferimento dei dati .....)	— anni

### Piano di Gestione 2013:

- 62'800 m<sup>3</sup> nuovo volume di invaso (-99%)
- 130'000 m<sup>3</sup> : tasso di interrimento annuo



(Altri dati rilevanti):

(\*) Secondo indicazioni fornite dal Concessionario, attualmente, il reale volume sarebbe ridotto, a causa dell'interrimento, a meno di 1.000.000 di mc.

(\*\*) dato ricavato dalla curva aree-volumi fornita dal Concessionario



## La diga di Vulci ed il contesto attuale in cui è inserita

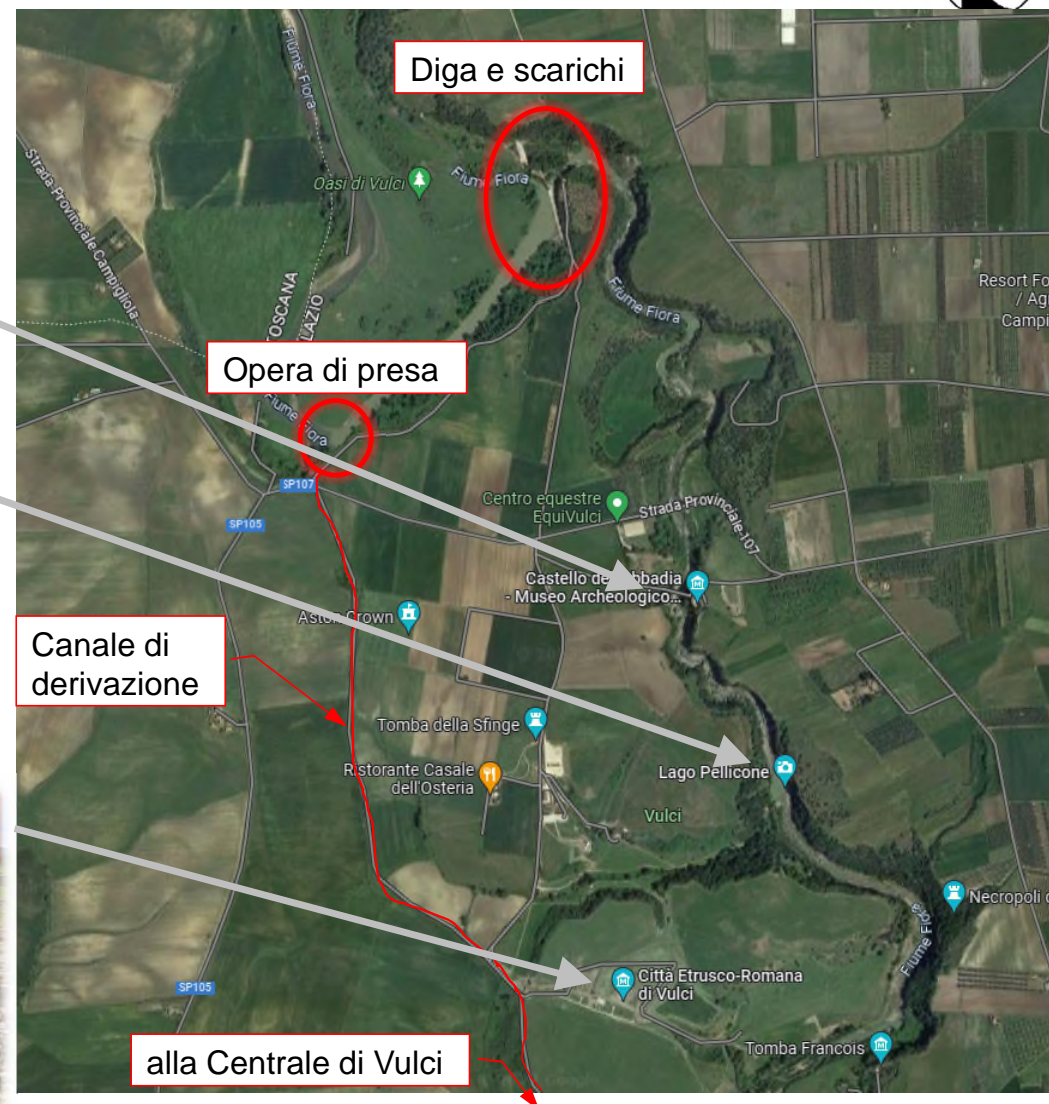
**Castello dell'Abbadia**



**Lago del Pellicone**

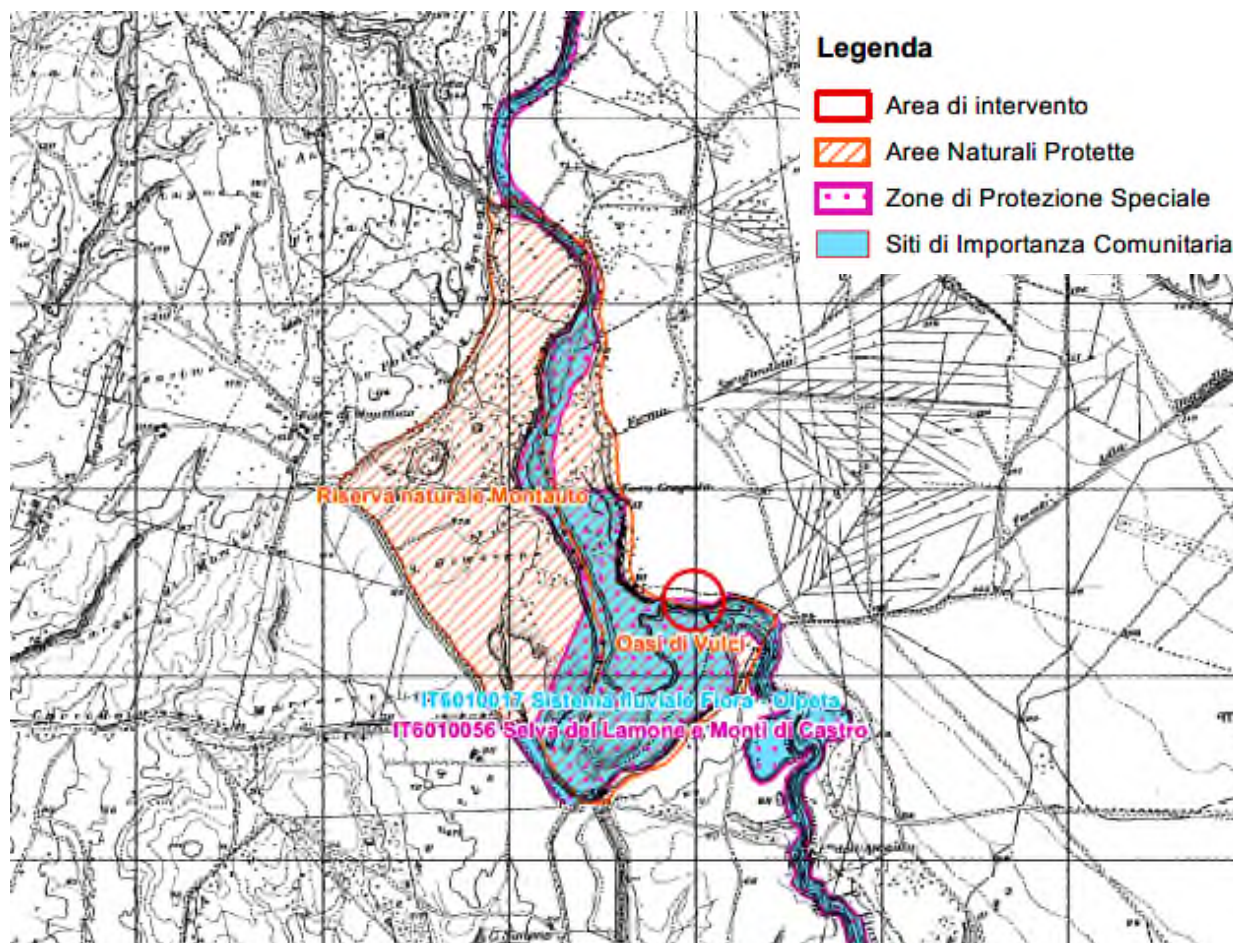


**Antica città di Vulci**





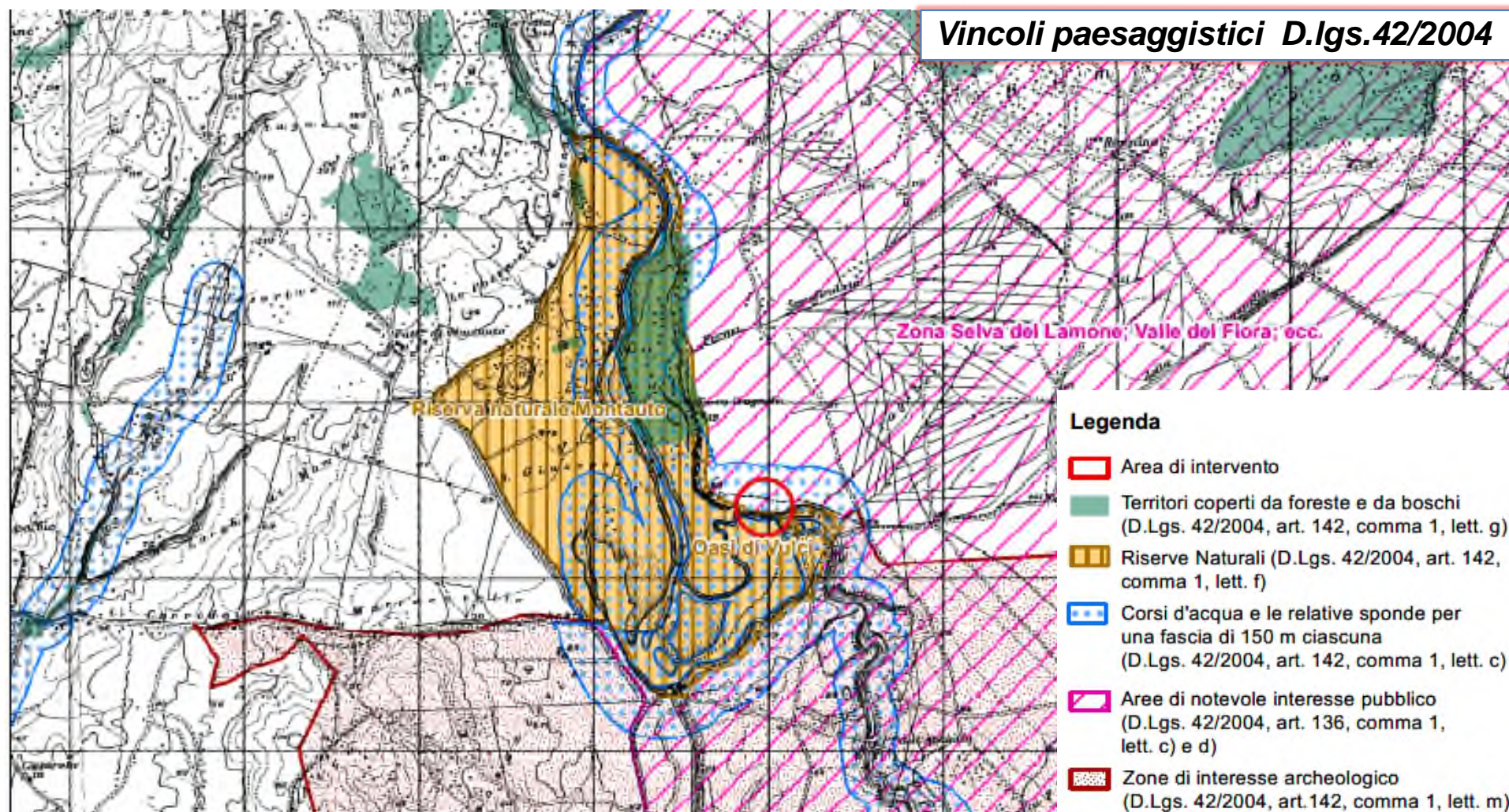
## La diga di Vulci ed il contesto attuale in cui è inserita



***Vincoli di aree protette Natura 2000***



## La diga di Vulci ed il contesto attuale in cui è inserita





## La diga di Vulci negli anni 2000

VISTA A MONTE ED A VALLE DELLA DIGA



- ***Paramento di valle vegetato e con ingenti permeazioni***
- ***Torrino vecchio scarico di fondo fatiscente***





## La diga di Vulci negli anni 2000



- ***Paramento di valle vegetato e con ingenti permeazioni***
- ***Torrino vecchio scarico di fondo fatiscente***
- ***Sfioratore laterale e canale fugatore ostruiti dalla vegetazione ed in pessime condizioni.***
- ***Deterioramento dei calcestruzzi del castello delle paratoie***



INTERNAL

## La diga di Vulci: gli interventi sugli scarichi dal 2000 ad oggi



2005



2021

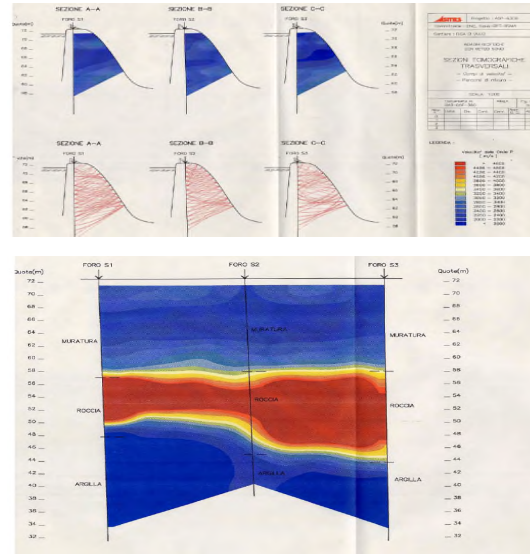
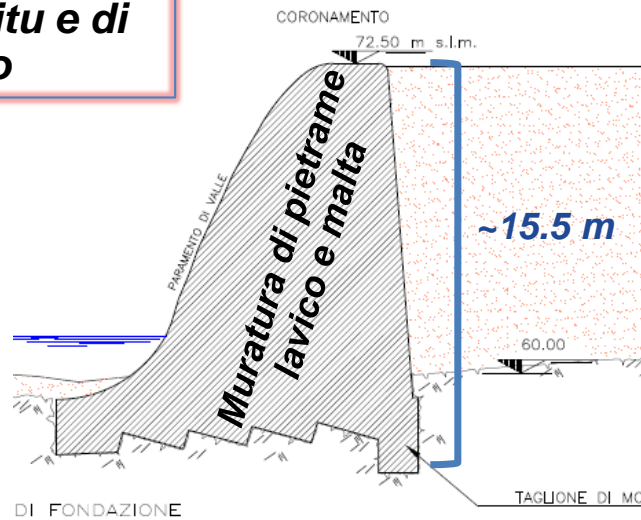




# La diga di Vulci: gli approfondimenti degli anni 2000



**Prove in situ e di laboratorio**



- Valori molto bassi delle velocità soniche nella muratura ( **$V_p=2000-2500$  m/s**), paragonabili all'argilla al di sotto della tefrite di fondazione ( $V_p=4000-4500$  m/s)
- Valori di massa volumica apparente della muratura di pietrame estremamente bassi, con valor medio di  **$1,58$  g/cm<sup>3</sup>**.



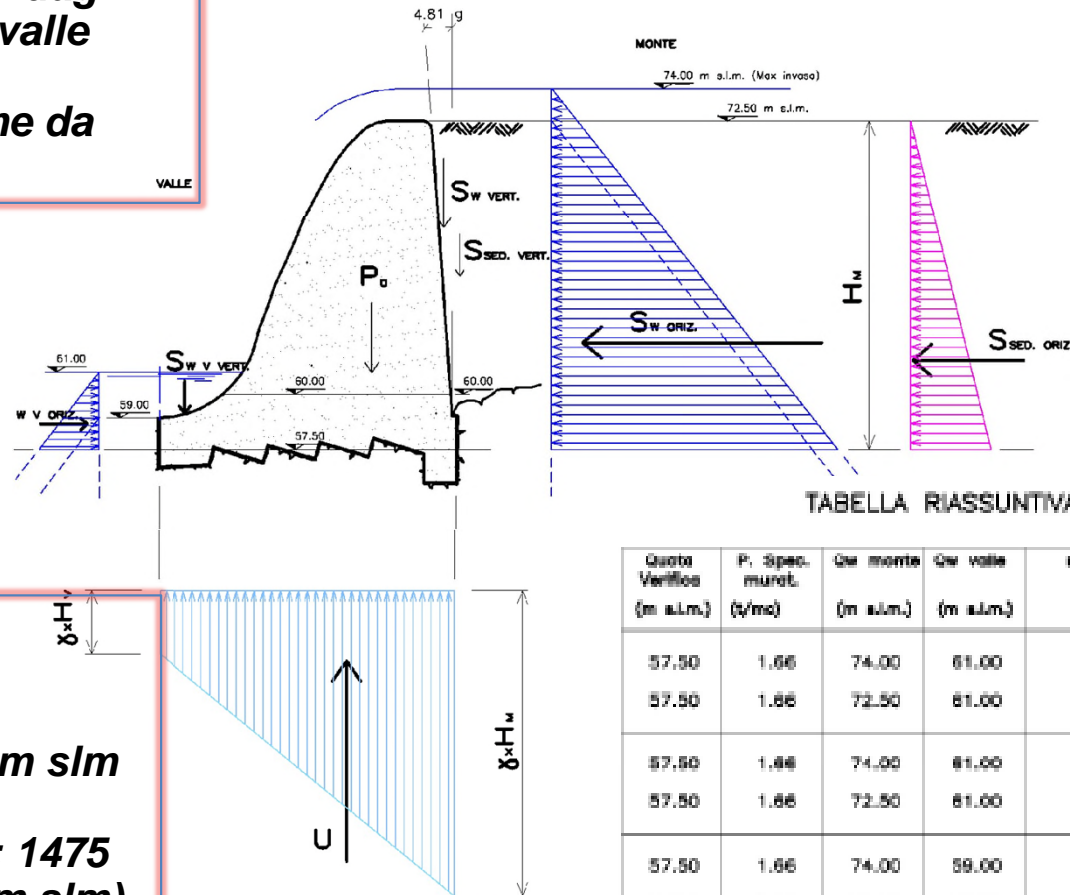
# La diga di Vulci: gli approfondimenti degli anni 2000



## Fine anni 2000 - Verifiche statiche e sismiche ai sensi del DM '82:

- Nuovi parametri dalle indagini
- Presenza dell'acqua a valle diga
- Sottopressioni massime da norma

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO ALLA QUOTA 57.50 m s.l.m.,



**NECESSARI  
INTERVENTI  
STRUTTURALI**

TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI DI VERIFICA

Quota Verifica (m s.l.m.)	P. Spec. murat. (t/mc)	Q <sub>u</sub> monte (m s.l.m.)	Q <sub>u</sub> valle (m s.l.m.)	m	Sisma (SI/NO)	Interrim. (SI/NO)	T (tonn.)	N (tonn.)	T/N <0.75
57.50	1.66	74.00	61.00	1	NO	SI	154.54	96.20	1.61
57.50	1.66	72.50	61.00	1	NO	SI	132.06	101.54	1.30
57.50	1.66	74.00	61.00	1	NO	NO	128.88	93.92	1.39
57.50	1.66	72.50	61.00	1	NO	NO	106.38	98.36	1.08
57.50	1.66	74.00	59.00	1	NO	SI	159.56	110.92	1.44
57.50	1.66	72.50	59.00	1	NO	SI	137.06	116.26	1.18

## 2002 : Rivalutazioni idrologico – idrauliche:

$Q_{1000} = 1750 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 74.26 \text{ m s.l.m.}$   
vs.  
capacità di scarico FCEM: 1475  $\text{m}^3/\text{s}$  a max invaso (74.00 m s.l.m.)



# La diga di Vulci: le possibili soluzioni per gli interventi di adeguamento (2009-2011)



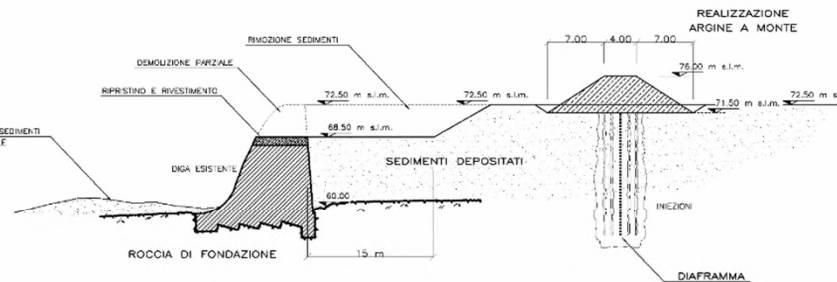
## DIGA DI VULCI – INTERVENTO DI STABILIZZAZIONE SCHEMA TIPO DI INTERVENTO

### SOLUZIONE N° 1

(ARGINATURA DI MONTE)

### PROFILO LONGITUDINALE

### PLANIMETRIA GENERALE



**Arginatura di monte con eliminazione diga**

### PREVENTIVO DI MASSIMA

<b>ARGINE</b>		
Indagini	€	100.000
Scafica e preparazione fondo	€	33.750
Argine (trapezio) f.p.o. terra	€	120.313
Gettoni ssp. e rif. argine	€	13.343
Protezione in materassi (solo lato monte)	€	45.205
Riempimento materassi (pietrame)	€	6.610
Diaframma continuo con elementi in cls Rck 30	€	375.292
Diaframma - armatura	€	82.992
Iniezioni (intorno diaframma)	€	200.000
<b>Totale parziale</b>	<b>€</b>	<b>977.584</b>
<b>SCAVI</b>		
Scavo a monte (ridosso diga)	€	31.824
Scavo a monte (intestazione argine)	€	9.139
Scavo a valle diga	€	52.500
<b>Totale parziale</b>	<b>€</b>	<b>93.463</b>
<b>DIGA</b>		
Demolizione parziale diga esistente (con recupero bolegnini)	€	342.000
Ripristini in cls (comprese casseforme)	€	86.400
Debole armatura dei ripristini in cls	€	15.120
Rivestimento coronamento con recupero	€	22.400
Sistemi giunti vecchio paramento di valle	€	67.200
Iniezioni (fondazione e corpo diga esistente)	€	100.000
<b>Totale parziale</b>	<b>€</b>	<b>633.120</b>
<b>SFIORATORE</b>		
Demolizione	€	129.600
Cls e armature	€	87.500
Casseforme	€	25.000
Paratoie	€	25.000
Opere provvisorie	€	350.000
<b>Totale parziale</b>	<b>€</b>	<b>617.100</b>
<b>Studi ambientali x autorizzazioni</b>		
	€	60.000
<b>Totale complessivo</b>	<b>€</b>	<b>TOT &gt; 2.3 MI€</b>

**Solo ipotesi di derubricazione diga da registri ( $h < 15$  m)**

**Costi solo apparentemente contenuti**

**Riduzione capacità di scarico complessiva**



# La diga di Vulci: le possibili soluzioni per gli interventi di adeguamento (2009-2011)

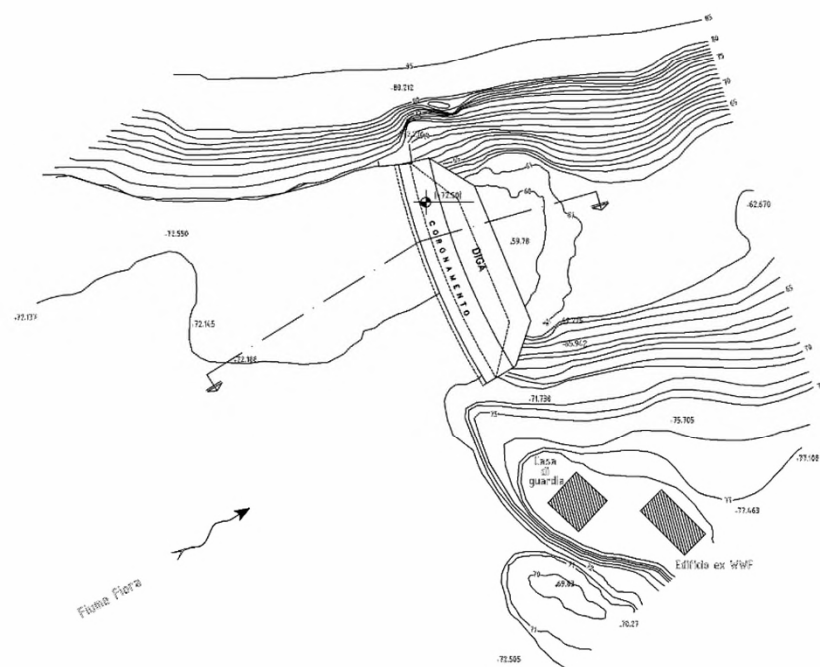


DIGA DI VULCI — INTERVENTO DI STABILIZZAZIONE  
SCHEMA TIPO DI INTERVENTO

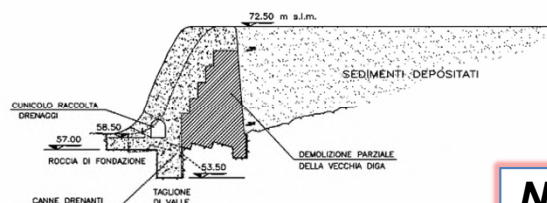
SOLUZIONE N° 3

(AMPLIAMENTO DIGA A VALLE)

PLANIMETRIA GENERALE



PROFILO LONGITUDINALE  
DISEGNO SCALA 1:500



**Ampliamento diga  
a valle e parziale  
messa a norma**

**No derubricazione diga da  
registri ( $h > 15\text{ m}$ )**

**No adeguamento funzionale e  
normativo**

**Grandi volumi di CLS -> + costi**

TABELLA RIASSUNTIVA

**AMPLIAMENTO LATO VALLE**

Indagini	€	100.000
Demolizioni parziale diga esistente (con recupero bolognini)	€	315.000
Scavo a sezione obbligata a valle diga (in roccia)	€	369.600
Demolizione spalle dx e sx a valle diga (in roccia)	€	67.500
Clis fondazione	€	235.200
Clis elevazione paramento e spalle (comprese casseforme)	€	1.260.000
Debole armatura del riempimento clis	€	310.800
Rivestimento paramento e coronamento con recupero	€	57.600
Iniezioni (fondazione e corpo diga esistente)	€	100.000
Accesso cunicolo e canalizzazioni acque	€	30.000
Drenaggi	€	25.200
<b>Totale parziale</b>	<b>€</b>	<b>2.870.900</b>

**SCAVI**

Scavo a monte diga (con rinterro a fine lavori)	€	25.200
Scavo a valle diga	€	52.500
<b>Totale parziale</b>	<b>€</b>	<b>77.700</b>
Studi ambientali x autorizzazioni (ipotesi)	€	60.000
<b>Totale parziale</b>	<b>€</b>	<b>60.000</b>

Totale complessivo

**TOT > 3.0 MI€**



# La diga di Vulci: le possibili soluzioni per gli interventi di adeguamento (2009-2011)

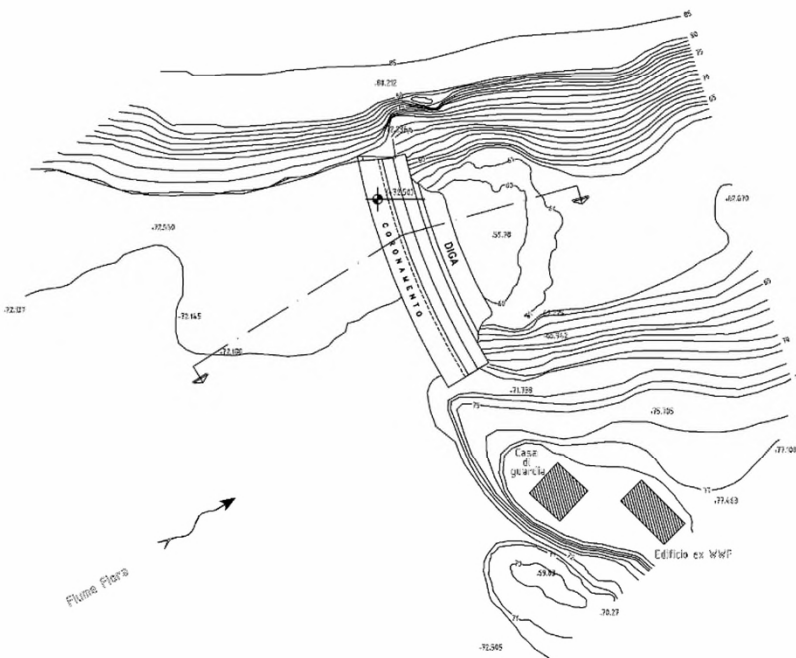


DIGA DI VULCI — INTERVENTO DI STABILIZZAZIONE  
SCHEMA TIPO DI INTERVENTO

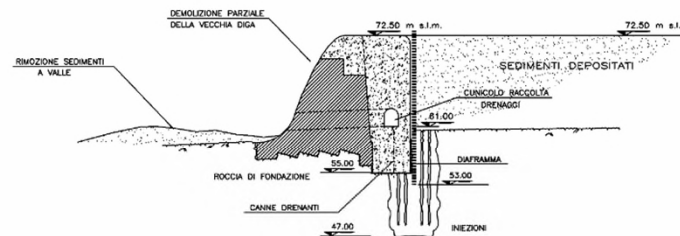
SOLUZIONE N° 2

(AMPLIAMENTO DIGA A MONTE)

PLANIMETRIA GENERALE



PROFILO LONGITUDINALE



**Ampliamento diga  
a monte e sua  
messa a norma**

**No derubricazione diga da  
registri ( $h > 15$  m)**

**Pieno adeguamento funzionale  
e normativo**

**Miglioramento fondazione**

**Riduzione volumi CLS**

PREVENTIVO DI MASSIMA

**AMPLIAMENTO LATO MONTE**

Diaframma continuo con elementi in cls Rck 30	€	342.950
Diaframma continuo con elementi in cls Rck 30 (contrafforti trasv.)	€	152.000
Diaframma - armatura	€	185.136
Scavo a sezione obbligata	€	196.000
Riempimento cls	€	857.500
Debole armatura del riempimento cls	€	171.500
Iniezioni (intorno diaframma)	€	100.000
Drenaggi	€	42.000
Demolizione parziale diga esistente (con recupero bolognini)	€	228.800
Cls ripristino vecchia diga (comprese casseformi)	€	252.000
Rivestimento coronamento con recupero	€	38.400
<b>Totale parziale</b>	<b>€</b>	<b>2.564.200</b>

**SCAVI**

Scavo a valle diga	€	52.500
<b>Totale parziale</b>	<b>€</b>	<b>52.500</b>

**CONSOLIDAMENTO DIGA**

Iniezioni (fondazione e corpo diga esistente)	€	80.000
Stilatura giunti vecchio paramento di valle	€	67.200
Accesso cunicolo e canalizzazioni acque	€	60.000
<b>Totale parziale</b>	<b>€</b>	<b>207.200</b>

**Studi ambientali x autorizzazioni**

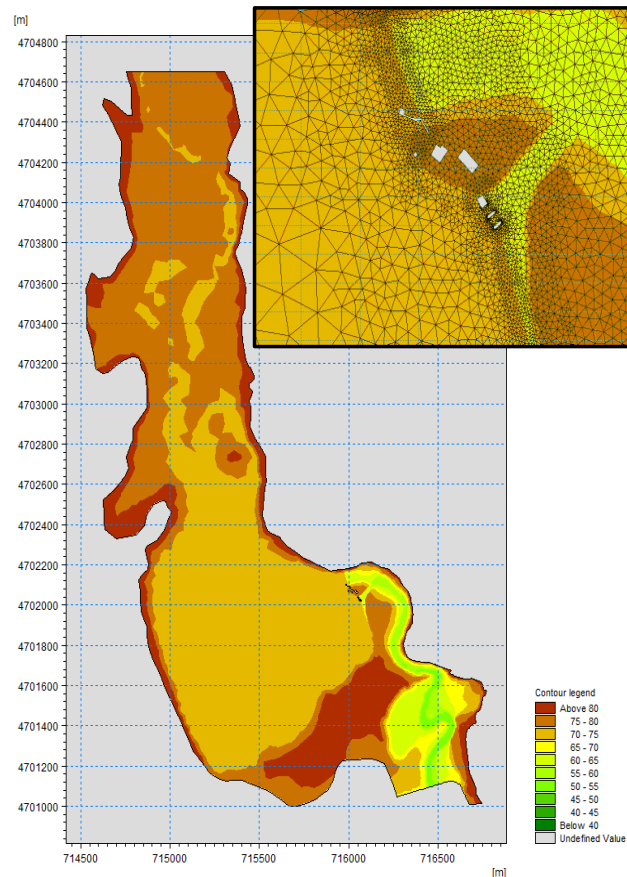
	€	60.000
<b>Totale parziale</b>	<b>€</b>	<b>60.000</b>

**Totale complessivo €**

**TOT > 2.8 MI€**



# Diga di Vulci: la piena del 2012 ed il superamento del massimo invaso



Variazione significativa della portata scaricata  
 Portata scaricata 550 m<sup>3</sup>/s  
 Ore 6:10 Informato telefonicamente  
 Ingegnere Responsabile

alla Prefettura di Viterbo, al Sindaco ed ai  
 Castro, comunicando il raggiungimento di  
 35 m<sup>3</sup>/s;

**RIVALUTAZIONI IDROLOGICO-IDRAULICHE  
 con modello 2D (CESI S.p.A.):**

**Q picco = 1575 m<sup>3</sup>/s**

**H invaso = 75,80 m s.l.m.**

**(max invaso da FCEM: 74 m s.l.m.)**

**Nuovo max invaso di progetto 76,40 m s.l.m.**

**Ore 6:57: Fax n. 5 COM C**

Fase di allerta—Vigilanza rinforzata  
 Superata la quota di massimo invaso;  
 Strumento rilevamento quote fuori servizio  
 Portata scaricata 1500 m<sup>3</sup>/s