



Commissario Governativo per l'Emergenza Idrica in Sardegna
(Ordinanza Ministro dell'Interno - Delegato per il coordinamento della protezione civile - n.3196 del 12/04/2002)

Regione Autonoma della Sardegna
Assessorato dei Lavori Pubblici
Ente Autonomo del Flumendosa



**PIANO STRALCIO DI BACINO REGIONALE
PER L'UTILIZZO DELLE RISORSE IDRICHE**

SARDEGNA

Legge n.183/89

EL. 4.2

**ANNESSO SCHEDE PRE FATTIBILITA'
OPERE DI INVASO**

Redazione:

SOGESID S.p.A.
Società Gestione Impianti Idrici

Approvazione:

--

ANNESSO SCHEDE PRE FATTIBILITA' OPERE DI INVASO

INTERVENTO 4 - DIGA BADU CRABOLU

1 - RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	4
- Intervento	4
- Codice	S46

1.2 - SBARRAMENTO PROPOSTO

La sezione di sbarramento è ubicata sul Rio Badu Crabolu circa 8,0 km a nord-est dell'abitato di Sindia, in corrispondenza della stretta valliva compresa fra l'ovile Peralta in sinistra, ricadente nel Comune di Suni e M. Crastu Antulzu in destra, ricadente nel Comune di Pozzomaggiore, a quota d'alveo 188 m s.m.

Lo sbarramento, di altezza massima sul fondo alveo di 65,8 m è stato previsto in calcestruzzo del tipo a gravità ordinaria tracimabile, con vasca di smorzamento delle portate sfiorate disposta al piede di valle della diga.

La scelta è determinata dalla possibilità di fondare l'opera su formazioni vulcaniche costituite da andesiti laviche intercalate a tufi e piroclastiti.

Tuttavia, l'ipotesi di diga rigida è subordinata alla verifica dello spessore di andesite degradata in alveo, dove sono state eseguite le prove geomeccaniche.

Le caratteristiche geologiche della sezione di imposta e del bacino di invaso sono illustrate nella relazione geologica.

La quota di massimo invaso è stata limitata a 251,80 m s.m. La capacità utile realizzabile, pari a 15 Mmc.

Le opere di scarico superficiali sono costituite da soglie libere sfioranti in ciglio alla zona centrale del corpo diga.

Anche le opere di deviazione provvisoria delle acque, lo scarico di fondo e le opere di derivazione sono disposte in corpo diga onde renderne minimo il costo.

1.3 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLO SBARRAMENTO

Il bacino del Rio Mannu sotteso dallo sbarramento ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	155,55 kmq
- deflusso medio annuo	6,39 Mmc
- portata media annua	0,20 mc/s

- portata di massima piena	1267	mc/s
- capacità di regolazione	15,0	Mmc

1.4 - CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

L'area d'invaso, che ricade nel territorio dei Comuni di Suni e Pozzomaggiore, interessa il fondo valle del Rio Badu Crabolu per uno sviluppo di circa 4,0 km.

Il serbatoio si presenta con una discreta varice subito a monte della diga, in corrispondenza di alcune confluenze in destra; più a monte ha forma allungata piuttosto stretta; si svolge in lave andesitiche. Non esistono insediamenti né colture importanti.

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale.

- area a quota 210,00 m s.m. (massimo svaso)	12,0	ha
- area a quota 246,80 m s.m. (massima di regolazione)	75,0	ha
- area a quota 251,80 m s.m. (massimo invaso)	86,9	ha
- area a quota 253,80 m s.m. (limite d'esproprio)	92,00	ha
- volume acque morte	1,1	Mmc
- volume utile di regolazione	15,0	Mmc
- volume di laminazione	3,96	Mmc
- volume totale di invaso	20,06	Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1 – Diga

La morfologia e le caratteristiche geologiche delle formazioni nella sezione di imposta indirizzano la scelta sulla soluzione del tipo a gravità ordinaria in calcestruzzo traccimabile., ma l'altezza della diga sarà subordinata alle caratteristiche geomeccaniche della roccia di fondazione.

Gli inerti per la confezione dei calcestruzzi possono ricavarsi dai basalti locali, preferibilmente estratti da una cava che verrà sommersa dall'invaso, anche se, al momento, non ne risultano nell'archivio regionale.

Il paramento di monte della diga è verticale mentre quello di valle ha una pendenza 1/0,75.

La tenuta delle fondazioni è assicurata da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

I quattro conci della diga in corrispondenza del fondo valle costituiscono lo scarico di superficie appresso descritto; in uno di questi è anche ricavato lo scarico di fondo del serbatoio, ed in altri verranno fatte defluire le acque del Rio Badu Crabolu durante la costruzione dello sbarramento.

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di circa 333 m e ciglio a quota 253,80, con un franco di 1,00 m sul livello di massimo invaso (251,80) incrementato dall'altezza della semionda (1,00).

Il volume della diga è di 336.569 mc di calcestruzzo.

1.5.2 - Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito da quattro luci disposte in fregio alla parte centrale dello sbarramento, ciascuna lunga 15 m con soglia a quota 246,80 m s.m.

Il paramento di valle dei conci trascinabili delimitato da muri d'ala laterali costituisce il canale fuggatore a valle delle luci di sfioro.

Al piede dello scivolo è ubicata la vasca di dissipazione incassata rispetto alla quota d'alveo a valle onde contenere il risalto idraulico al suo interno.

Alla quota di massimo invaso (251,80 m s.m.) attraverso le quattro luci di sfioro defluiscono 1267 mc/s pari alla massima prevedibile portata di piena del Rio Badu Crabolu.

1.5.3 - Scarico di fondo

E' costituito da un cunicolo a sezione variabile ricavato in uno dei conci della diga, intercettato da due paratoie piane, da m 1,50 x 1,00, con asse a quota 194,30 m s.m.

Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 92,43 mc/s.

1.5.4 - Deviazione provvisoria

Durante la costruzione della diga le portate del Rio Badu Crabolu defluiranno attraverso il vano dei conci centrali della diga.

Per le opere di deviazione è stato previsto un proporzionamento di circa 443 mc/s.

1.5.5 - Opere di derivazione delle acque invasate

Saranno realizzate in corpo diga mediante una tubazione in acciaio disposta nel cunicolo di accesso alla camera di manovra delle paratoie dello scarico di fondo.

L'imbocco della derivazione sarà protetto da griglie metalliche alla cui pulizia provvederà uno sgrigliatore manovrato dal coronamento della diga.

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

- tipo dello sbarramento	a gravità ordinaria in calcestruzzo
- quota più depressa dell'alveo	188,00 m s.m.
- quota coronamento	253,80 m s.m.
- quota più depressa delle fondazioni	178,50 m s.m.
- altezza della diga	75,30 m
- sviluppo del coronamento	333,00 m
- volume della diga	336.569 mc
- quota massima di regolazione	246,80 m s.m.
- quota di massimo invaso	251,80 m s.m.
- altezza di massima ritenuta	63,80 m
- quota di massimo svaso	210,00 m s.m.
- volume acque morte	1,1 Mmc
- volume utile di regolazione	15,0 Mmc
- volume di laminazione	3,96 Mmc
- volume totale di invaso	20,06 Mmc
- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	86,90 ha
- volume medio annuo affluito	6,39 Mmc
- volume medio annuo sfiorato	8,12 Mmc
- portate massime:	
scarico di superficie	1267 mc/s
scarico di fondo	92,43 mc/s
deviazione provvisoria	443 mc/s

1.7 - STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione pari a 15,0 Mmc e 10,0 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 15,0 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 46.175.677,30 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

Il Rio Badu Crabolu presenta un substrato in vulcaniti oligoceniche, che sono sormontate dal basalto in sponda sinistra.

La sezione di sbarramento ha profilo triangolare asimmetrico, con fondo a quota 184.

Il trasporto solido del Rio è insignificante, considerate le condizioni di scarsa acclività della maggior parte del bacino imbrifero sull'altopiano di Campeda e la scarsa erodibilità delle vulcaniti.

b) Indagini precedenti

Sono state eseguite numerose indagini geognostiche, con la consulenza professionale dello scrivente e del prof. G. Pecorini. Le ultime, commissionate dal Consorzio di Bonifica della Nurra, sono state ultimate nel 1995.

c) Condizioni geologiche della sede d'imposta

La zona d'imposta è costituita da andesiti in facies lavica e piroclastico tufacea. Le lave costituiscono colate di spessore superiore a 10 metri, affioranti in alveo e nella parte superiore della sponda sinistra, intercalate in agglomerati piroclastici, ad abbondante matrice tufacea, diffusamente alterata.

In fondovalle è presente una stretta striscia di alluvioni recenti ghiaiose e sabbiose, di spessore valutabile in 2 o 3 metri.

Le condizioni di fessurazione delle lave andesitiche obbligano a prevedere uno schermo di tenuta a base di iniezioni cementizie, per la cui realizzazione si prevede un consumo di legante di 1 q al metro.

d) Tipo di diga

Nel rapporto geologico del '95 si esprimeva un giudizio positivo in ordine alla fattibilità di uno sbarramento del tipo a gravità massiccia, ad asse rettilineo, a condizione che la sua altezza venga commisurata alle caratteristiche meccaniche della roccia di fondazione, che appaiono non del tutto omogenee.

e) Materiali da costruzione

Come inerte per calcestruzzo, è preferibile impiegare il basalto degli altipiani, piuttosto che l'andesite dei solchi vallivi. Non si rilevano cave autorizzate nelle vicinanze.

f) Tenuta idraulica del serbatoio

Il profondo incassamento del Rio in un territorio privo di altre consimili incisioni nel raggio di parecchi chilometri consente di escludere ogni possibilità di perdita attraverso lo zoccolo andesitico, pur fessurato, costituente il fondo e le parti inferiori del bacino d'invaso.

Dovranno comunque essere eseguite le iniezioni di cucitura dello sbarramento.

g) Stabilità delle sponde

Attualmente le sponde del bacino d'invaso sono soggette a numerosi colluvii, che coinvolgono la copertura detritica a matrice argillosa dei fianchi vallivi, dello spessore di 4-5 metri.

E' da ritenere che il fenomeno possa assumere dimensioni generalizzate per effetto degli invasi, senza peraltro rappresentare un serio problema, data l'esiguità degli spessori detritici mobilizzabili e la saldezza del loro substrato roccioso d'appoggio.

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 4
 INTERVENTO 4
 CODICE S46
 VOLUME 1 = 15,0 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	37.400	€2,50	€93.498,75
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	41.981	€4,13	€173.382,91
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	83.963	€12,91	€1.083.958,03
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	15.743	€15,49	€243.859,07
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	336.559	€65,00	€21.876.335,00
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	5	€163,14	€864,64
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	17.150	€59,72	€1.024.198,00
22b Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	3,00	€71.092,87	€213.278,61
21 Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00

23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1	€0,00	€1.682.795,00
----	---	---------	---	-------	---------------

STRADA D' ACCESSO

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	16.800	€50,00	€840.000,00
-----	--	----	--------	--------	-------------

VARIANTE SS

18b	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade provinciali e statali	mq	22.800	€95,00	€2.166.000,00
-----	---	----	--------	--------	---------------

24b	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade statali	mq	1.920	€700,00	€1.344.000,00
-----	---	----	-------	---------	---------------

26	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	92	€4.774,66	€439.268,72
----	--	----	----	-----------	-------------

27	Opere di sistemazione	a corpo			€4.734.089,81
----	-----------------------	---------	--	--	---------------

28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€3.629.468,85
----	--------------------------------------	---------	--	--	---------------

TOTALE €39.924.157,39

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 4
 INTERVENTO 4
 CODICE S46
 VOLUME 2 = 10,0 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	34.460	€2,50	€86.148,75
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	37.371	€4,13	€154.340,85
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	74.741	€12,91	€964.910,61
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	14.014	€15,49	€217.076,86
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	279.185	€65,00	€18.147.015,29
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	5	€163,14	€864,64
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	16.177	€59,72	€966.087,48
22b Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	2,16	€71.092,87	€153.560,60
21 Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00

23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1	€0,00	€1.395.924,25
----	---	---------	---	-------	---------------

STRADA D' ACCESSO

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	16.800	€50,00	€840.000,00
-----	--	----	--------	--------	-------------

VARIANTE SS

18b	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade provinciali e statali	mq	19.800	€95,00	€1.881.000,00
-----	---	----	--------	--------	---------------

24b	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade statali	mq	1.440	€700,00	€1.008.000,00
-----	---	----	-------	---------	---------------

26	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	74	€4.774,66	€353.324,84
----	--	----	----	-----------	-------------

27	Opere di sistemazione	a corpo			€3.982.112,13
----	-----------------------	---------	--	--	---------------

28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€3.052.952,63
----	--------------------------------------	---------	--	--	---------------

TOTALE €33.582.478,93

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

INTERVENTO 9 - DIGA S. SIMONE

RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	3
- Intervento	9
- Codice	S42

1.2 - SBARRAMENTO PROPOSTO

La sezione di sbarramento è ubicata sul Rio S. Simone, nel tratto vallivo che si stringe tra il Monte Alvo e le propaggini del Monte Madrione.

Lo sbarramento, di altezza massima sul fondo alveo di circa 54 m è in calcestruzzo del tipo a gravità ordinaria tracimabile, con vasca di smorzamento delle portate sfiorate disposta al piede di valle della diga.

Lo sviluppo planimetrico segue l'andamento di due assi rettilinei di cui uno, il principale, perpendicolare all'asse del corso d'acqua, l'altro, in sponda sinistra, forma un angolo di 36° con il precedente.

La scelta è determinata dalla possibilità di fondare l'opera su una formazione granitica senza copertura alluvionale.

Le caratteristiche geologiche della sede di imposta e del bacino di invaso sono illustrate nella relazione geologica.

La quota di massimo invaso è stata limitata a 93,10 m s.m., per la presenza di selle in entrambe le spalle. Il volume utile realizzabile è pari a 14 Mmc.

Le opere di scarico superficiali sono costituite da tre soglie a quota 87,00 m s.m., controllate da altrettante paratoie di dimensioni 12,50 x 6,00 m, al fine di limitare ad 1 m il sovrizzo sul livello massimo di regolazione e a 7,1 m il tirante idrico di sfioro in occasione della massima prevedibile piena del rio S. Simone.

Anche le opere di deviazione provvisoria delle acque, lo scarico di fondo e le opere di derivazione sono disposte in corpo diga onde renderne minimo il costo.

1.3 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLO SBARRAMENTO

Il bacino del Rio S. Simone sotteso dallo sbarramento ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	110,1 kmq
- deflusso medio annuo	16,95 Mmc

- portata media annua	0,537 mc/s
- portata di massima piena	1331 mc/s
- capacità di regolazione	14,00 Mmc

1.4 - CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

L'area d'invaso, che ricade nel territorio del Comune di Telti, interessa il fondo valle del Rio S. Simone per uno sviluppo di circa 3,5 km, sommergendo una varice di terreni in prevalenza boscati. La zona d'invaso ricade completamente in graniti.

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale.

- area a quota 65,00 m s.m.(massimo svaso)	19,10 ha
- area a quota 93,10 m s.m. (massima di regolazione)	88,83 ha
- area a quota 94,10 m s.m. (massimo invaso)	92,42 ha
- area a quota 96,60 m s.m. (limite d'esproprio)	93,55 ha
- volume acque morte	1.0 Mmc
- volume utile di regolazione	14.0 Mmc
- volume di laminazione	1.0 Mmc
- volume totale di invaso	16.0 Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1 - Diga

La morfologia della sezione di imposta e le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni in essa affioranti indirizzano la scelta sulla soluzione in calcestruzzo trascinabile del tipo a gravità ordinaria.

Gli scavi sono maggiormente approfonditi nella spalla sinistra per impostare lo sbarramento sulla roccia sana. Gli inerti per la confezione dei calcestruzzi potranno ricavarsi dai graniti locali.

Il paramento di monte della diga è verticale, quello di valle ha una pendenza 1/0,75.

La tenuta delle fondazioni è assicurata da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

I tre conci della parte centrale della diga costituiscono lo scarico di superficie appresso descritto; in quello di destra è anche ricavato lo scarico di fondo del serbatoio; in un vano che sarà poi interessato da uno dei conci verranno fatte defluire le acque del Rio S. Simone durante la costruzione dello sbarramento.

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di circa 485 m e ciglio a quota 96,60, con un franco di 1,50 m sul livello di massimo invaso (94,10) incrementato dall'altezza della semionda (1,00).

Il volume della diga è di 210 360 mc di calcestruzzo.

1.5.2 - Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito da tre luci lunghe 12,50 m ciascuna disposte in fregio alla parte centrale dello sbarramento.

Il paramento di valle dei conci trascinabili, delimitato da muri d'ala laterali, costituisce il canale fuggatore a valle delle luci di sfioro.

Al piede dello scivolo è ubicata la vasca di dissipazione incassata di 8,0 m rispetto alla quota della soglia terminale.

Alla quota di massimo invaso 94,10 m s.m. defluiscono 1331 mc/s, pari alla massima prevedibile portata di piena del Rio S. Simone, attraverso le tre luci sfioranti.

1.5.3 - Scarico di fondo

E' costituito da un cunicolo a sezione variabile ricavato in uno dei conci della diga, intercettato da due paratoie piane, da m 1,10 x 1,40, con asse a quota 48,50 m s.m.

Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 88,51 mc/s.

1.5.4 - Deviazione Provvisoria

Durante la costruzione della diga le portate del Rio S. Simone defluiranno attraverso il vano di uno dei conci della diga.

Per le opere di deviazione è stato previsto un proporzionamento di circa 465,85 mc/s.

1.5.5 Opere di derivazione delle acque invasate

Saranno realizzate in corpo diga mediante una tubazione in acciaio disposta nel cunicolo di accesso alla camera di manovra delle paratoie dello scarico di fondo.

L'imbocco della derivazione sarà protetto da griglie metalliche alla cui pulizia provvederà uno sgrigliatore manovrato dal coronamento della diga.

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

- tipo dello sbarramento	a gravità ordinaria in calcestruzzo
- quota più depressa dell'alveo	42.80 m.s.m.
- quota coronamento	96,60 m.s.m.
- quota più depressa delle fondazioni	39.95 m.s.m.
- altezza della diga	53.80 m
- sviluppo del coronamento	485.00 m
- volume della diga	210.360 mc
- quota massima di regolazione	93.10 m s.m.
- quota di massimo invaso	94.10 m s.m.
- altezza di massima ritenuta	50.30 m
- quota di massimo svaso	65.00 m s.m.
- volume acque morte	1.0 Mmc
- volume utile di regolazione	14.0 Mmc
- volume di laminazione	1.0 Mmc
- volume totale di invaso	16.0 Mmc
- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	92.42 ha
- volume medio annuo affluito	16.95 Mmc
- volume medio annuo sfiorato	0.39 Mmc
- portate massime:	
scarico di superficie	1331 mc/s
scarico di fondo	88.51 mc/s
deviazione provvisoria	465.85 mc/s

1.7 - STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione pari a 14,0 Mmc e 10,0 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 14,0 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 30.129.240 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

Nella valle del San Simone si individuano i seguenti tre sistemi di discontinuità o fasce di disturbo tettonico, in ordine di importanza e continuità:

- un sistema diretto all'incirca N-S, come la faglia del Golfo di Arzachena che seguita lungo il Rio San Giovanni,
- un sistema diretto N50-60°E- S50-60°W, come l'isola di Tavolara,
- un sistema diretto all'incirca N60°W-S60°E,

Immediatamente a monte si apre una duplice varice: l'allargamento più a valle è originato dalla profonda arenizzazione conseguente all'incrociarsi dei tre sistemi di discontinuità tettoniche anzidetti; quello più a monte, separato da un integro diaframma roccioso di natura dioritica, anch'esso N-S, è creato soprattutto dalla svasatura del rio di Raica-nel granito arenizzato.

La stretta di Monte Alvo ha profilo triangolare asimmetrico, con fondovalle in roccia, spalla destra inclinata, di circa 15° fino a quota 80, più in alto di 35°, spalla sinistra mediamente inclinata di 30° fino a quota 80.

Il bacino imbrifero si sviluppa interamente in graniti, cui la diffusa arenizzazione ha conferito in passato una spiccata erodibilità, giunta tuttavia a condizioni di esaurimento per essere le forme del rilievo pervenute a maturità morfologica, ma pronta a -rinnovarsi in occasione di aperture di scavi e strade e di arature. Il trasporto solido del Santo Simone è di conseguenza limitatissimo, ma non trascurabile.

b) Indagini precedenti

Negli anni 1983-84 sono state svolte indagini geognostiche e geofisiche nella stretta di M. Alvo. Oltre a cunicoli e trincee, sono stati perforati circa 40 sondaggi. Non sono disponibili i risultati dei carotaggi, ma solo delle prove d'acqua e di cementazione. Le indagini sembrano esaurienti.

c) Condizioni geologiche della sede d'imposta

La stretta è inclusa in granito porfirico grigio, a grana medio-grossa, con feldspati potassici di dimensioni centimetriche. Oltre la prima sella in spalla sinistra è presente anche granito bianco a grana media, reso a tratti verdastro da cloritizzazione e sericitizzazione lungo zone di frizione, saltuariamente anche caolinizzate.

Qualche filone basico è intruso nel granito e si presenta alterato e terroso in superficie. Le prospezioni geofisiche hanno messo in evidenza le condizioni superficiali della roccia al di sopra del rifrattore veloce.

La tettonizzazione in sinistra e l'arenizzazione in destra vanno ritenute più profonde di quanto dica la sismica.

Le prove d'acqua in pressione hanno dato assorbimenti superiori a 1U.L. fino a profondità comprese fra 0 e 16 m in spalla destra, fra 0 e 12 m in fondovalle, fra 6 e 22 m in spalla sinistra.

Le cementazioni in 9 terne di fori, tutte con esito positivo al controllo successivo della permeabilità, hanno comportato consumi medi compresi fra 4 e 40 Kg/m per terna.

La media generale è risultata di 0,14q.li/m.

Le condizioni geologiche della sede d'imposta ammettono senz'altro la costruzione di una diga in calcestruzzo.

Gli scavi di fondazione non saranno profondi in spalla destra ed in fondovalle, mentre in spalla sinistra dovranno raggiungere profondità comprese fra 5 e 10 m, in media 7,5 m, inglobando in un'unica sede anche la sella di sinistra. Il velo di iniezioni cementizie di impermeabilizzazione scenderà a profondità di circa 25 m, specialmente in spalla sinistra.

d) Tipo di diga

La diga di Monte Alvo sarà del tipo a gravità massiccia, ad asse rettilineo. Come già accennato, le fondazioni si troveranno a 2-3 m dal piano di campagna, tranne che in spalla sinistra, dove si approfondiranno da 5 a 10 m salendo verso la sella.

e) Materiali da costruzione

Il granito porfirico della zona di sbarramento è probabilmente accettabile come inerte per i calcestruzzi, malgrado la grossezza della grana che ne limita la resistenza a compressione. Merita tuttavia di sperimentare anche la roccia di tipo dioritico che forma il rilievo di Vaddi Acca, che dovrebbe dare calcestruzzi migliori, a condizione che esista una cava già autorizzata.

f) Tenuta idraulica del serbatoio

Gli unici percorsi di filtrazione si sviluppano o in granito lapideo e fratturato, o in granito arenizzato. Per entrambi i tipi si è visto che, tolta una corteccia superficiale, essi sono praticamente impermeabili.

Le vie di percolazione più brevi, di oltre 150 m in destra e di oltre 40-50 in sinistra, sembrano pertanto sufficientemente estese da creare perdite di carico tali da rendere insignificanti le eventuali travenazioni dall'invaso.

g) Stabilità delle sponde

Nel bacino d'invaso od ai suoi margini i depositi di materiali sciolti consistono in placche di alluvioni antiche pensili, stabili perchè adagate su basii suborizzontali.

Le pendici delle fasce granitiche arenizzate sono in genere modellate a dolce declivio e pertanto in condizioni di sicurezza anche nel corso dell'esercizio del serbatoio.

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 3
 INTERVENTO 9
 CODICE S42
 VOLUME 1 = 14 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	25.775	€2,50	€64.436,25
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	8.132	€4,13	€33.584,13
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	73.186	€12,91	€944.828,03
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	14.785	€15,49	€229.019,65
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	210.358	€65,51	€13.780.536,55
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	824	€163,14	€134.345,79
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	18.000	€59,72	€1.074.960,00
22a Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di superficie	mq	228,75	€6.500,00	€1.486.875,00

22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	3,08	€71.092,87	€218.966,04
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, a corpo impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)		1		€1.051.788,78

STRADA D' ACCESSO

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	37.800	€44,10	€1.666.859,48
-----	--	----	--------	--------	---------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

19	Formazione di strada di servizio con pavimentazione realizzata in tout-venant di cava costipato, compresi gli oneri di scavo in terreno di qualsiasi natura ed ogni altro onere per la sistemazione completa	mq	12.660	€35,28	€446.612,51
26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	103	€24.875,02	€2.566.355,81
27	Opere di sistemazione	a corpo			€3.311.890,35
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€2.739.021,84

TOTALE €30.129.240,20

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 3
 INTERVENTO 9
 CODICE S42
 VOLUME 2 = 10 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	23.394	€2,50	€58.485,00
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	7.153	€4,13	€29.543,13
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	64.380	€12,91	€831.141,93
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	13.006	€15,49	€201.462,94
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	158.255	€65,51	€10.367.254,10
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	824	€163,14	€134.345,79
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	16.000	€59,72	€955.520,00
22a Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di superficie	mq	228,75	€6.500,00	€1.486.875,00

22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	2,40	€71.092,87	€170.622,89
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, a corpo impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)		1	€0,00	€791.272,64

STRADA D' ACCESSO

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	37.800	€44,10	€1.666.859,48
-----	--	----	--------	--------	---------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

19	Formazione di strada di servizio con pavimentazione realizzata in tout-venant di cava costipato, compresi gli oneri di scavo in terreno di qualsiasi natura ed ogni altro onere per la sistemazione completa	mq	9.060	€35,28	€319.613,69
26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	82	€24.875,02	€2.031.542,88
27	Opere di sistemazione	a corpo			€2.671.662,37
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€2.209.536,18

€24.304.898,01

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

INTERVENTO 12 – DIGA ABBA LUCHENTE

RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	1
- Intervento	12
- Codice	S40

1.2 - SBARRAMENTO PROPOSTO

La sezione di sbarramento è ubicata sul Fiume Posada, subito a valle della confluenza del Rio Mannu di Bitti, nella stretta valliva a quota d'alveo 59,40 m s.m. compresa tra il Fruncu Curumai in destra e la Punta Abba Luchente in sinistra.

Lo sbarramento, di altezza massima sul fondo alveo di circa 50 m è in calcestruzzo del tipo a gravità ordinaria trascinabile, con vasca di smorzamento delle portate sfiorate disposta al piede di valle della diga. La scelta è determinata dalla possibilità di fondare l'opera su una formazione granitica.

Le caratteristiche geologiche della sede di imposta e del bacino di invaso sono illustrate nella relazione geologica.

La quota di massimo invaso è stata fissata a 107,90 m s.m. sufficiente per realizzare un invaso di 67.60 Mmc, di cui 62.00 Mmc utili di regolazione.

Le opere di scarico superficiali sono costituite da cinque soglie a quota 98,00 m s.m., controllate da altrettante paratoie di dimensioni 13,00 x 8,80 m, al fine di limitare ad 1 m il sovrizzo sul livello massimo di regolazione in occasione della massima prevedibile piena del F. Posada.

Data la notevole portata di piena e la ristretta sezione della valle, la soluzione con paratoie risulta più economica di una con scarico libero, che avrebbe richiesto un forte sovrizzo ed una altezza superiore della diga.

Anche le opere di deviazione provvisoria delle acque, lo scarico di fondo e le opere di derivazione sono disposte in corpo diga onde renderne minimo il costo.

1.2 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLO SBARRAMENTO

Il bacino del Fiume Posada sotteso dallo sbarramento ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	544,3 kmq
- deflusso medio annuo	86,01 Mmc
- portata media annua	2,727 mc/s

- portata di massima piena	3771 mc/s
- capacità di regolazione	62,00 Mmc

1.4 - CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

L'area d'invaso, che ricade nel territorio dei Comuni di Bitti, Buddusò, Lodè e Onanì, interseca il fondo valle del F. Posada per uno sviluppo di circa 5,5 km in sinistra diga ed il fondo valle del confluyente Rio Mannu per circa 9 km in destra, sommergendo un lungo tratto di una strada provinciale (la cui variante non appare però particolarmente impegnativa). Il serbatoio ricade in granito con fondovalle alluvionale.

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale.

-area a quota 72,50 m s.m. (massimo svaso)	32,3 ha
- area a quota 106,90 m s.m. (massima di regolazione)	348,0 ha
- area a quota 107,90 m s.m. (massimo invaso)	361,4 ha
- area a quota 110,40 m s.m. (limite d'esproprio)	416,3 ha
-volume acque morte	2,5 Mmc
- volume utile di regolazione	62,0 Mmc
-volume di laminazione	3,10 Mmc
- volume totale di invaso	67,60 Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1 - Diga

La morfologia della sezione di imposta e le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni in essa affioranti indirizzano la scelta sulla soluzione in calcestruzzo trascinabile del tipo a gravità ordinaria, con andamento planimetrico rettilineo in corrispondenza della stretta. Gli scavi sono approfonditi al fine di asportare la copertura alluvionale in fondovalle, di spessore pari a circa 4 m, e la coltre superficiale rocciosa di più scadenti caratteristiche.

Gli inerti per la confezione dei calcestruzzi potranno ricavarsi dalle alluvioni del bacino d'invaso, eventualmente integrate, per le maggiori pezzature, con granito locale.

Il paramento di monte della diga è verticale, quello di valle ha una pendenza 1/0,75.

La tenuta delle fondazioni è assicurata da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

I cinque conci della parte centrale della diga costituiscono lo scarico di superficie appresso descritto; in due di questi sono anche ricavati i due scarichi di fondo del serbatoio; in un vano che sarà poi interessato da più conci verranno fatte defluire le acque del Fiume Posada durante la costruzione dello sbarramento.

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di circa 290 m e ciglio a quota 110,40 m s.m., con un franco di 1,25 m sul livello di massimo invaso (107,90) incrementato dall'altezza della semionda (1,25).

Il volume della diga è di 214 500 mc di calcestruzzo.

1.5.2 - Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito da cinque luci lunghe 13 m ciascuna, disposte in fregio alla parte più alta dello sbarramento, con soglia alla quota 98,00, controllate da paratoie alte 8,80 m, in modo da poter utilizzare la capacità d'invaso fino a quota 106,90. Come accennato, è stata adottata una soluzione di scarico con paratoie per ragioni economiche.

Il paramento di valle dei conci tracimabili, delimitato da muri d'ala laterali, costituisce il canale fugatore a valle delle luci di sfioro.

Al piede dello scivolo è ubicata la vasca di dissipazione incassata di 9,0 m rispetto alla quota della soglia terminale.

Alla quota di massimo invaso 107,90 m s.m. con paratoie alzate defluiscono complessivamente 3771 mc/s, pari alla massima prevedibile portata di piena del Fiume Posada, attraverso le cinque luci sfioranti.

1.5.3 - Scarico di fondo

E' costituito da due cunicoli a sezione variabile ricavati in due dei conci della diga, ciascuno intercettato da due paratoie piane, da m 2,20 x 3,00, con asse a quota 60,35 m.s.m.

Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 237 mc/s.

1.5.4 - Deviazione provvisoria

Durante la costruzione della diga le portate del Fiume Posada defluiranno attraverso il vano di uno o più dei conci della diga.

Per le opere di deviazione è stato previsto un proporzionamento per circa 1320 mc/s.

1.5.5 - Opere di derivazione delle acque invasate

Si può ipotizzare che saranno realizzate in corpo diga mediante una tubazione in acciaio disposta nel cunicolo di accesso alla camera di manovra delle paratoie dello scarico di fondo. L'imbocco della derivazione sarà protetto da griglie metalliche alla cui pulizia provvederà uno sgrigliatore manovrato dal coronamento della diga.

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

- tipo dello sbarramento	a gravità ordinaria in calcestruzzo
- quota più depressa dell'alveo	59,40 m s.m.
- quota coronamento	110,40 m s.m.
- quota più depressa delle fondazioni	49,80 m s m.
- altezza della diga	51,00 m s m.
- sviluppo del coronamento	290 m.
- volume della diga	214.500 mc
- quota massima di regolazione	106,90 m s.m.
- quota di massimo invaso	107,90 m s.m.
- altezza di massima ritenuta	47,50 m s m.
- quota di massimo svaso	72,50 m s m.
- volume acque morte	2,5 Mmc
- volume utile di regolazione	62,00 Mmc
- volume di laminazione	3,10 Mmc
- volume totale di invaso	67,60 Mmc
- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	361,4 ha
- volume medio annuo affluito	86,01 Mmc
- volume medio annuo sfiorato	38,64 Mmc
- portate massime:	
scarico di superficie	3771 mc/s
scarico di fondo	237 mc/s
deviazione provvisoria	1320 mc/s

1.7 - STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione pari a 62,0 Mmc e 30,0 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 62,0 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 34.860.000 €

Durante la fase di pianificazione è stata verificata la possibilità di prevedere un volume utile di regolazione di 3,5 Mmc.

Di conseguenza sono stati calcolati i costi della diga nella nuova ipotesi di dimensionamento adottando nel caso specifico una tipologia di sbarramento a gravità massiccia con soglia libera e riducendo il volume di acque morte al valore di 0,5 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per la capacità utile di 3,5 Mmc, nella ulteriore ipotesi di dimensionamento fornita dalla fase di pianificazione, è di circa 11.730.000 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

Il profilo della sezione valliva è trapezio e leggermente asimmetrico, con fianco destro inclinato di 35° e sinistro di circa 30° fino a quota 130 circa.

In località Giunturas il Fiume di Posada riceve dalla destra, consecutivamente, due importanti affluenti: il Rio sas Praneddas e il Rio Mannu di Bitti. In quel paesaggio granitico, dominato dal massiccio Punta Tepilora (m 528), si crea, grazie alle confluenze suddette e ad altre minori, una varice valliva di grande capacità d'invaso.

Il trasporto solido del Fiume di Posada è molto limitato quanto a valore specifico, trattandosi tuttavia di un esteso bacino imbrifero, esso non è trascurabile come contributo globale.

b) Indagini precedenti

Nel 1994, su incarico del Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale di Nuoro, con la consulenza professionale dello scrivente, è stata eseguita una prima campagna di indagini geognostiche, che sono consistite nell'esecuzione di N. 36 sondaggi, dei quali n. 17 in sinistra, n.12 in destra e n. 7 nel fondovalle. Inoltre sono state scavate n. 4 trincee e n.2 cunicoli. Sono state infine eseguite indagini geofisiche e analisi di laboratorio.

Nel 2002 – 2003 sono state eseguite indagini integrative, di cui attualmente non si ha la disponibilità.

c) Condizioni geologiche della sede d'imposta

La sede dello sbarramento è costituita da granito a grana media, di colore roseo, fresco, poco fratturato in fondovalle, più disgiunto nelle parti alte. In fondovalle è presente una coltre di sabbie ghiaiose di potenza valutata mediamente in 3-4 metri, con massimi di 7-8 m. In sponda sinistra è presente un detrito di pendio che ricopre il granito a sua volta alterato. La cresta in destra e la sella sono costituite da microgranito, fresco, molto fessurato, con strutture filoniane.

Le condizioni geomeccaniche di fondazione ammettono la progettazione di una diga in calcestruzzo. Gli scavi saranno limitati al superamento della coltre alluvionale in fondovalle e all'incastro per un paio di metri nel granito, mentre sulle spalle saranno richieste profondità di fondazione crescenti fino ad un massimo di 5-7 m.

Non si prevedono condizioni di tenuta idraulica negative. Sarà comunque da mettere in conto la realizzazione di uno schermo di iniezioni, per il quale si ipotizza un consumo di cemento di 0,5 q.li per m.

d) Tipo di diga

La diga principale sarà del tipo a gravità massiccia, ad asse rettilineo, dotata di schermo di tenuta in fondazione, a base di iniezioni cementizie.

e) Materiali da costruzione

Il greto del Rio Mannu di Bitti è una cospicua fonte di inerti alluvionali per calcestruzzo, eventualmente da integrare con analoghi depositi sabbio-ghiaiosi recenti, sempre nel bacino d'invaso, lungo il Fiume di Posada.

f) Tenuta idraulica del serbatoio

Il serbatoio è profondamente incassato nella formazione granitica e ben lontano da altre valli contermini di pari profondità, non afferenti all'invaso. Sono pertanto da escludere perdite per percolazioni a lungo raggio.

g) Stabilità delle sponde

Il serbatoio si svilupperà essenzialmente in graniti, con la sola eccezione della coda relativa alla valle del Rio Mannu, in rocce gneissiche. In linea di massima verranno lambite sponde di non rilevante acclività, rivestite spesso da coltri detritiche e coni di deiezione costituiti da materiali ad elevato angolo d'attrito e pertanto stabili nella generalità dei casi. Anche versanti rocciosi più o meno fratturati o disgiunti saranno interessati dall'invaso. Non si può quindi escludere che, unitamente a saltuari smottamenti di materiali sciolti, l'esercizio dell'invaso non provochi anche qualche limitato crollo o slittamento di falde rocciose.

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA				1	
INTERVENTO				12	
CODICE				S40	
VOLUME 1 = 62,00 Mmc					
VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)	
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	13.788	€2,50	€34.469,38	
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	78.131	€4,13	€322.679,31	
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	66.052	€12,91	€852.727,02	
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggettamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	14.448	€15,49	€223.799,52	
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	214.528	€71,75	€15.391.577,00	
13 CIs per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	929	€163,14	€151.475,49	
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	14.145	€59,72	€844.739,40	
22a Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di superficie	mq	572	€6.500,00	€3.718.000,00	
22b Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	13	€71.092,87	€938.425,88	

21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23 (**)	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture	a corpo	1		€1.072.640,69
STRADA D' ACCESSO					
18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	9.970	€49,91	€497.606,64
24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	750	€499,10	€374.327,96
VARIANTE SP					
18b*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade provinciali e statali	mq	6.900	€72,79	€502.223,35
24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	1.920	€499,10	€958.279,58
26	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	416	€4.774,66	€1.987.595,46
27	Opere di sistemazione	a corpo			€3.441.238,09
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€3.169.096,48
				TOTALE	€34.860.061,23

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA		1			
INTERVENTO		12			
CODICE		S40			
VOLUME 2 = 30,00 Mmc					
	VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	11.011	€2,50	€27.526,25
2	Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	62.393	€4,13	€257.682,40
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	49.137	€12,91	€634.354,37
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	12.254	€15,49	€189.814,46
11	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	150.887	€71,75	€10.825.553,88
13	CIs per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	929	€163,14	€151.475,49
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	12.095	€59,72	€722.313,40
22a	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di superficie	mq	572	€6.500,00	€3.718.000,00
22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	7	€71.092,87	€531.774,67

21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23 (**)	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture	a corpo	1	€0,00	€902.471,03
STRADA D' ACCESSO					
18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	9.970	€49,91	€497.606,64
24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	750	€499,10	€374.327,96
26	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	257	€4.774,66	€1.226.944,38
27	Opere di sistemazione	a corpo			€2.489.775,67
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€2.292.878,06
				TOTALE	€25.221.658,66

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA				1	
INTERVENTO				12	
CODICE				S40	
VOLUME 3 = 3,50 Mmc					
VOCE DI ELENCO		Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	9.686	€2,50	€24.213,75
2	Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	54.885	€4,13	€226.672,99
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	44.170	€12,91	€570.234,70
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggettamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	9.955	€15,49	€154.202,95
11	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	56.564	€71,75	€4.058.244,03
13	CIs per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	929	€163,14	€151.475,49
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	5.060	€59,72	€302.183,20
22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	1	€71.092,87	€39.812,01
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23 (**)	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture	a corpo	1		€282.819,47

STRADA D' ACCESSO

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	9.970	€49,91	€497.606,64
24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	750	€499,10	€374.327,96
26	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	34	€4.774,66	€160.285,34
27	Opere di sistemazione	a corpo			€3.441.238,09
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€1.066.247,66
				TOTALE	€11.728.724,27

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

INTERVENTO 17 - DIGA FODDEDU SUL CORONGIU

RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	6
- Intervento	17
- Codice	S44

1.2 - SBARRAMENTO PROPOSTO

La sezione di sbarramento è ubicata sul Rio Corongiu, circa 4 km ad ovest dell'abitato di Tortolì nella stretta valliva subito dopo la confluenza del Rio Campu S'Alimu, a quota d'alveo 40,20 m s.m.

Lo sbarramento, di altezza massima sul fondo alveo di circa 49 m è in calcestruzzo del tipo a gravità ordinaria trascinabile, con disposta al piede di valle della diga un bucket.

La scelta è determinata dalla possibilità di fondare l'opera su una formazione di graniti sani.

Le caratteristiche geologiche della sede di imposta e del bacino di invaso sono illustrate nella relazione geologica.

La quota di massimo invaso è stata fissata a 87,50 m s.m., sufficiente per realizzare un invaso di oltre 53 Mmc, di cui 42,4 Mmc utili di regolazione.

Questo comporta la costruzione di una diga secondaria, in materiali sciolti, per la presenza di una sella in sinistra serbatoio a quota 85 m s.m.

Le opere di scarico superficiali sono costituite da cinque soglie libere sfioranti in ciglio al corpo diga principale, di sviluppo tale da limitare a 3,5 m il tirante idrico di sfioro in concomitanza della massima prevedibile piena.

Anche le opere di deviazione provvisoria delle acque, lo scarico di fondo e le opere di derivazione sono disposte in corpo diga onde renderne minimo il costo.

1.3 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLO SBARRAMENTO

Il bacino del Rio Corongiu sotteso dallo sbarramento ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	53,1	kmq
- deflusso medio annua	9,45	Mmc
- portata media annua	0,3	mc/s
- portata di massima piena	1019	mc/s
- capacità di regolazione	42,4	Mmc

L'invaso conterrà anche i deflussi provenienti dal limitrofo bacino dello sbarramento di Santa Lucia allacciato al primo.

Le caratteristiche del bacino di Santa Lucia (T34) alla sezione di presa sono:

- bacino imbrifero	49,0	kmq
- deflusso medio annuo	9,83	Mmc
- portata media annua	0,31	mc/s

L'utilizzazione complessiva comporta dunque:

- bacino complessivo	102,10	kmq
- deflusso medio annuo	19,28	Mmc
- portata media annua	0,61	mc/s

1.4 - CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

L'area d'invaso, che ricade nel territorio dei Comuni di Tortolì, Arzana, Ilbono ed Elini interessa il fondo valle del Rio Corongiu per uno sviluppo di circa 3 km, sommergendo due ampie varici, separate dalla stretta di Serra Pelai.

Il serbatoio occupa una zona priva di insediamenti abitativi, nella quale non sono praticate colture importanti; copre però quasi 4 km della SS 198, per la quale dovrà essere prevista una variante.

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale.

- area a quota 50,30 m s.m. (massimo svaso)	10,6	ha
- area a quota 84,00 m s.m. (massima di regolazione)	275,0	ha
- area a quota 87,50 m s.m. (massimo invaso)	311,4	ha
- area a quota 89,50 m s.m. (limite di esproprio)	332,7	ha
- volume acque morte	0,5	Mmc
- volume utile di regolazione	42,4	Mmc
- volume di laminazione	10,26	Mmc

- volume totale di invaso

53,16 Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1 – Diga

La morfologia della sezione di imposta e le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni in essa affioranti indirizzano la scelta sulla soluzione in calcestruzzo trascinabile del tipo a gravità ordinaria, con andamento planimetrico rettilineo.

Gli scavi sono di modesta entità.

Gli inerti per la confezione dei calcestruzzi potranno ricavarsi dal materiale sabbio-ghiaioso del fondo della varice Truncone, integrato con porfido o granito dalle sponde del serbatoio.

Il paramento di monte della diga è verticale, quello di valle ha una pendenza 1/0,75.

La tenuta delle fondazioni è assicurata da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

I cinque conci della parte centrale della diga costituiscono lo scarico di superficie appresso descritto; in uno di questi è anche ricavato lo scarico di fondo del serbatoio; in un vano che sarà poi interessato da uno dei conci verranno fatte defluire le acque del Rio Corongiu durante la costruzione dello sbarramento.

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di circa 304 m e ciglio a quota 89,50, con un franco di 1,20 m sul livello di massimo invaso (87,50) incrementato dall'altezza della semionda (0,80).

La diga secondaria in corrispondenza della sella a quota 85,00 ha la sezione con pendenza del paramento di monte di 1/2 e per il paramento di valle 1/1,5. Anche in questa zona verrà realizzato uno schermo di iniezioni.

Il volume della diga principale è di 169.500 mc di calcestruzzo, quello della diga secondaria è di 26.800 mc di calcestruzzo.

1.5.2 - Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito da cinque luci lunghe 16,5 m ciascuna disposte in fregio alla parte centrale dello sbarramento principale.

Il paramento di valle dei conci trascinabili, delimitata da muri d'ala laterali, costituisce il canale fuggatore a valle delle luci di sfioro.

Al piede dello scivolo è ubicato un salto di sci che consente l'allontanamento della vena liquida dalle fondazione. Nel tratto immediatamente a valle l'alveo è rivestito per una lunghezza di circa 75 m al fine di garantire che la zona di ricaduta del getto d'acqua sia ricompresa all'interno del canale.

Alla quota di massimo invaso 87,50 m s.m. defluiscono 1019 mc/s, pari alla massima prevedibile portata di piena del Rio Corongiu, attraverso le cinque luci sfioranti.

1.5.3 - Scarico di fondo

E' costituito da un cunicolo a sezione variabile, ricavato in uno dei conci della diga, intercettato da due paratoie piane, da m 2,40 x 2,00, con asse a quota 42,10 m s.m.

Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 109,3 mc/c.

1.5.4 - Deviazione provvisoria

Durante la costruzione della diga le portate del Rio Corongiu defluiranno attraverso il vano di uno dei conci della diga.

Per le opere di deviazione è stato previsto un proporzionamento di circa 356 mc/c.

1.5.5 Opere di derivazione delle acque invasate

Saranno realizzate in corpo diga mediante una tubazione in acciaio disposta sul cunicolo di accesso alla camera di manovra delle paratoie dello scarico di fondo.

L'imbocco della derivazione sarà protetta da griglie metalliche alla cui pulizia provvederà uno sgrigliatore manovrato dal coronamento della diga.

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

- tipo dello sbarramento	a gravità ordinaria in calcestruzzo
- quota più depressa dell'alveo	40,20 m s.m.
- quota coronamento	89,50 m s.m.
- quota più depressa delle fondazioni	34,90 m s.m.
- altezza della diga	54,60 m
- sviluppo del coronamento	304,00 m
- volume della diga	169.500 mc
- volume della diga secondaria	26.800 mc
- quota massima di regolazione	84,00 m s.m.
- quota di massimo invaso	87,50 m s.m.

- altezza di massima ritenuta	47,30 m
- quota di massimo svaso	50,30 m s.m.
- volume acque morte	0,5 Mmc
- volume utile di regolazione	42,4 Mmc
- volume di laminazione	10,26 Mmc
- volume totale di invaso	53,16 Mmc
- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	311,4 ha
- volume medio annuo affluito	9,49 Mmc
- volume medio annuo sfiorato	1,12 Mmc
- portate massime:	
- scarico di superficie	1019 mc/s
- scarico di fondo	109,3 mc/s
- deviazione provvisoria	356 mc/s

1.7 - STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione pari a 42,4 Mmc e 25,0 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 42,4 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 61.397.863,99 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

I lineamenti morfologici della regione sono nettamente improntati dalla tettonica e dall'erosione selettiva che ne è conseguita. Le valli sono di regola impostate rettilineamente secondo la direttrice principali o seguono a zig-zag l'una e l'altra delle linee di disturbo, con relativa fascia di arenizzazione. Le linee di cresta seguono spesso la direzione e le stesse deviazioni locali dei filoni di porfido. Le confluenze si producono in larga misura ad angoli di 90°.

Il Rio Corongiu (Fiume Foddeddu nella piana di Tortolì) sale verso i monti di Lanusei, seguendo la direttrice tettonica secondaria, ma con frequenti bruschi gomiti ad angolo retto. La stretta che sottende le due varici si situa 180 m a valle della stazione idrometrica, in granito fresco con filoni orientati N30-W.

Il profilo è triangolare, leggermente concavo. Il fondovalle si situa a 38 m di quota ed i fianchi salgono con acclività non molto disuguale: 25° il destro e 20° il sinistro.

Il trasporto solido del Rio Corongiu è scarso, malgrado l'arenizzazione dei graniti, diffusa nel bacino im-brifero.

b) Indagini precedenti

Non sono state finora svolte indagini geologiche o geofisiche nel sottosuolo della stretta di Truncone, né risulta siano mai state redatte relazioni geologico-tecniche in merito all'utilizzazione delle acque del Rio Corongiu di Tortolì.

c) Condizioni geologiche della sede d'imposta

La roccia è un granito roseo a grana medio-fine, fresco, poco fratturato, attraversato in asse e in fondovalle da un filone di porfido color arancione chiaro, potente qualche metro, fresco e poco fratturato, affiancato poco più a monte da un filone di porfirite, abbastanza fresca.

Il principale sistema di giunti nel granito è verticale ed obliquo al corso d'acqua, col quale forma un angolo di circa 60°. La sua giacitura concorda con la principale delle direttrici tettoniche regionali.

In fondovalle la coltre alluvionale è praticamente assente, mentre nella varice di Truncone sono accumulati estesi depositi di sabbia ghiaiosa.

Non potrà tuttavia essere evitata la realizzazione di uno schermo di iniezioni, tanto più che il granito subalveo è probabilmente sede di una stretta faccia cataclastica, corrispondente alla locale direttrice valliva ed al sistema di disgiunzioni secondarie. Si prevede un consumo medio di cemento di 0,4 q.li/mq. Anche la tenuta nella sella potrà essere migliorata con iniezioni cementizie.

d) Corpo diga

La diga sarà del tipo a gravità massiccia, munita di velo di iniezioni, ad andamento leggermente arcuato, considerate le caratteristiche morfologiche del sito. L'eventuale diga secondaria potrà essere del tipo a gravità massiccia, ad asse rettilineo, con schermo di tenuta.

e) Materiali da costruzione

Come inerte per i calcestruzzi dovrà essere utilizzato il materiale sabbio-ghiaioso del fondo del bacino di invaso, integrato per la parte più grossolana da porfido o granito provenienti dalle sponde dello stesso bacino.

f) Tenuta idraulica del serbatoio

La valle del Corongiu è profondamente incassata fra monti granitici che toccano i 3-400 metri d'altitudine. Le possibilità di perdita sono limitate a travenazioni che seguano le direttrici tettoniche e le facce relative di cataclasi ed arenizzazione.

g) Stabilità delle sponde

In genere le sponde del serbatoio sono poco acclivi, a causa dell'estesa arenizzazione del granito, e di conseguenza stabili, in rapporto all'elevato angolo d'attrito del materiale che le riveste.

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 6
INTERVENTO 17

CODICE S44
VOLUME 1 = 42,4 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	23.100	€2,50	€57.750,00
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	17.600	€4,13	€72.688,00
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	35.200	€12,91	€454.432,00
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	15.100	€15,49	€233.899,00
11* Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	169.500	€78,88	€13.370.160,00
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	720,00	€163,14	€117.460,80
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	11.200	€59,72	€668.864,00
22b Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	9,60	€71.092,87	€682.491,55

DIGA SECONDARIA

2	Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	4.800	€4,13	€19.824,00
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	9.700	€12,91	€125.227,00
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mc	7.250	€15,49	€112.302,50
8	Formazione di rilevato in pietrame (Rock-fill) proveniente da cava di prestito con curva granulometrica prefissata dalla Direzione Lavori come pure il grado di compattazione, compreso il filtro e la sistemazione a mano, la preparazione del paramento di monte per la posa per il manto di impermeabilizzazione, la strada di coronamento e la protezioni	mq	26.800	€9,44	€252.860,12
16	Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	3.350	€81,10	€271.685,00
11*	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	2.040	€78,88	€160.949,12
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	3.300	€59,72	€197.076,00

21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1		€857.702,15

STRADA D'ACCESSO ALLA DIGA

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	6.000	€51,10	€306.582,19
------	--	----	-------	--------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	40.740	€47,46	€1.933.632,56
------	--	----	--------	--------	---------------

VARIANTE STRADA SS 198

18b*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	76.020	€156,69	€11.911.340,47
24b*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade statali	mq	16.390	€746,79	€12.239.837,84
25	Indennità di esproprio per edifici presenti nell'area di invaso, case rurali, stalle, etc., vuoto per pieno	mc	3.000	€142,19	€426.570,00
26	Indennità di esproprio per aree (attività intensa)	ha	333	€24.875,02	€8.275.919,15
27	Opere di sistemazione	a corpo			€2.745.204,65
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€5.587.361,81

TOTALE €61.460.979,92

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 6
 INTERVENTO 17
 CODICE S44
 VOLUME 2 = 25 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	19.600	€2,50	€49.000,00
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	13.600	€4,13	€56.168,00
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	27.300	€12,91	€352.443,00
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	11.700	€15,49	€181.233,00
11* Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	121.000	€78,88	€9.544.480,00
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	720	€163,14	€117.460,80
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	8.100	€59,72	€483.732,00
22b Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	6,20	€71.092,87	€440.775,79

	DIGA SECONDARIA	a corpo			€284.371,50
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1		€605.000,00
STRADA D'ACCESSO ALLA DIGA					
18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	6.000	€51,10	€306.582,19
RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE					
18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	37.100	€47,46	€1.760.868,14
VARIANTE STRADA SS 198					
18b*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	68.093	€156,69	€10.669.204,83
24b*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade statali	mq	11.000	€746,79	€8.214.656,27
25	Indennità di esproprio per edifici presenti nell'area di invaso, case rurali, stalle, etc., vuoto per pieno	mc	3.000	€142,19	€426.570,00
26	Indennità di esproprio per aree (attività intensa)	ha	256	€24.875,02	€6.372.980,12

27	Opere di sistemazione	a corpo	€2.084.674,72
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo	€4.232.936,04
TOTALE			€46.562.296,40

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali
sciolti

INTERVENTO 28 - DIGA S'ALLUSIA

RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	5
- Intervento	28
- Codice	S45

1.2 - SBARRAMENTO PROPOSTO

La sezione di sbarramento è ubicata sul Rio Araxisi, in località S'Allusia, circa 3 km a nord-est dell'abitato di Asuni, a quota d'alveo 127 m s.m.

Lo sbarramento, di altezza massima sul fondo alveo di circa 70 m è in calcestruzzo del tipo a gravità ordinaria trascinabile ad asse rettilineo con salto di sci disposto al piede di valle della diga per allontanare le portate sfiorate.

La scelta è determinata dalla possibilità di fondare l'opera su una formazione di calcescisti e scisti filladici. Le caratteristiche geologiche della sede di imposta e del bacino di invaso sono illustrate nella relazione geologica.

La quota di massimo invaso è stata limitata a 194,40 m s.m. che consente di realizzare un volume utile di regolazione di 30 Mmc.

Le opere di scarico sono costituite da 3 soglie a quota 187,30, controllate da altrettante paratoie di dimensioni 6,10 x 13,00 m, al fine da limitare ad 1 m il sovrizzo sul livello massimo di regolazione in occasione della massima prevedibile piena dell'Araxisi.

Anche le opere di deviazione provvisoria delle acque, lo scarico di fondo e le opere di derivazione sono disposte in corpo diga onde renderne minimo il costo.

1.3 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLO SBARRAMENTO

Il bacino del Rio Araxisi sotteso dalla sbarramento ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	361,4 kmq
- deflusso medio annuo	48,58 Mmc
- portata media annua	1,54 mc/s
- portata di massima piena	1338 mc/s
- capacità di regolazione	30,0 Mmc

1.4 CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

L'area d'invaso, che ricade nel territorio dei Comuni di Asuni, Laconi, Samugheo, Atzara e Meana Sardo, interessa il fondo valle del Rio Araxisi di circa 6,5 km, sommergendo terreni incolti privi di insediamenti, attività o infrastrutture di rilievo.

La zona d'invaso ricade in formazioni scistose con favorevoli caratteristiche di tenuta idraulica.

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale.

- area a quota 142,00 m s.m. (massimo svaso)	12,9 ha
- area a quota 193,40 m s.m. (massima di regolazione)	115,6 ha
- area a quota 194,40 m s.m. (massimo invaso)	118,1 ha
- area a quota 196,90 m s.m. (limite d'esproprio)	124,6 ha
- volume acque morte	0,76 Mmc
- volume utile di regolazione	30 Mmc
- volume di laminazione	1,15 Mmc
- volume totale di invaso	31,9 Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1 - Diga

La morfologia della sezione di imposta e le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni in essa affioranti indirizzano la scelta sulla soluzione in calcestruzzo trascinabile del tipo a gravità ordinaria con asse rettilineo.

Gli scavi sono maggiormente approfonditi in alveo per la migliore impostazione dello sbarramento.

Gli inerti per la confezione dei calcestruzzi potranno ricavarsi dai marmi locali.

Il paramento di monte della diga è verticale, quello di valle ha una pendenza 1/0,75.

La tenuta delle fondazioni è assicurata da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

I tre conci della parte centrale della diga costituiscono lo scarico di superficie appresso descritto; in uno di questi è anche ricavato lo scarico di fondo del serbatoio; in un vano che sarà poi interessato da uno dei conci verranno fatte defluire le acque del Rio Araxisi durante la costruzione dello sbarramento.

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di circa 205 m e ciglio a quota 196,90, con un franco di 1,25 m sul livello di massimo invaso (194,40) incrementato dall'altezza della semionda (1,25).

Il volume della diga è di 205.050 mc di calcestruzzo.

1.5.2 - Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito da tre luci lunghe 13 m ciascuna disposte in fregio alla parte centrale dello sbarramento, con soglia alla quota 187,30, controllate da paratoie alte 6,10 m in modo da poter utilizzare la capacità d'invaso fino a quota 193,40.

E' stata adottata una soluzione con paratoie per ragioni economiche.

Il paramento di valle dei conci trascinabili, opportunamente delimitato da muri d'ala laterali, costituisce il canale fuggatore a scivolo al termine del quale si trova un dissipatore a risvolto (bucket) e, per maggiore sicurezza, è previsto il rivestimento dell'alveo in lastre di calcestruzzo, a difesa dalle portate scaricate, per uno sviluppo di circa 50 m.

Alla quota di massimo invaso 194,40 m s.m. con paratoie alzate defluiscono 1338 mc/s, pari alla massima prevedibile portata di piena del Rio Araxisi, attraverso le tre luci sfioranti.

1.5.3 - Scarico di fondo

E' costituito da un cunicolo a sezione variabile ricavato in uno dei conci della diga, intercettato da due paratoie piane, da m 1,40 x 2,00, con asse a quota 129,10 m.

Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 79,6 mc/s.

1.5.4 - Deviazione provvisoria

Durante la costruzione della diga le portate del Rio Araxisi defluiranno attraverso il vano di uno dei conci della diga.

Per le opere di deviazione è stato previsto un proporzionamento di circa 468 mc/s.

1.5.5 - Opere di derivazione delle acque invasate

Saranno realizzate in corpo diga mediante una tubazione in acciaio disposta nel cunicolo di accesso alla camera di manovra delle paratoie dello scarico di fondo.

L'imbocco della derivazione sarà protetto da griglie metalliche alla cui pulizia provvederà uno sgrigliatore manovrato dal coronamento della diga.

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

- tipo dello sbarramento	a gravità ordinaria in calcestruzzo
- quota più depressa dell'alveo	127,00 m s.m.
- quota coronamento	196,90 m s.m.
- quota più depressa delle fondazioni	118,30 m s.m.
- altezza della diga	78,60 m
- sviluppo del coronamento	205,00 m
- volume della diga	205.050 mc
- quota massima di regolazione	193,40 m s.m.
- quota di massimo invaso	194,40 m s.m.
- altezza di massima ritenuta	67,40 m
- quota di massimo svaso	142,00 m s.m.
- volume acque morte	0,76 Mmc
- volume utile di regolazione	30,0 Mmc
- volume di laminazione	1,15 Mmc
- volume totale di invaso	31,91 Mmc
- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	118,1 ha
- volume medio annuo affluito	48,54 Mmc
- volume medio annuo sfiorato	18,24 Mmc
- portate massime:	
scarico di superficie	1338 mc/s
scarico di fondo	79,6 mc/s
deviazione provvisoria	468 mc/s

1.7 - STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione pari a 71,4 Mmc e 30,0 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 30,0 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 26.849.247,30 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

L'Araxisi, scorre in una successione di quinte rocciose, sporgenti dai fianchi della vallata, che costringono il fiume a descrivere continue anse.

Uscito dalle vulcaniti paleozoiche, in vista di Asuni gli si presenta la formazione gotlandiana a scisti e calcari, localmente marmorizzati per metamorfismo di contatto, che restringe ulteriormente l'angusto percorso.

Poco a monte del Castello Medusa, in località S'Allusia, si verifica una situazione morfologica piuttosto inconsueta, poichè in genere ad un contrafforte emergente da un versante corrisponde una rientranza nel versante opposto. A S'Allusia, invece, due prominente rocciose si contrappongono su ambo i fianchi della valle, staccandosi dal Monte Perdellu (m 585) in sinistra e dalla Scala E s'Ebba (489) in destra. Qui l'alveo del fiume si situa già a quote inferiori a 130 e questi dislivelli di oltre 350 m danno un'idea della profondità d'incassamento del sistema vallivo.

La stretta di S'Allusia ha forma leggermente asimmetrica, con il fianco sinistro più acclive (45°) del destro (35°). Localmente viene meno l'ortogonalità della direzione degli strati con l'andamento del corso d'acqua. Anzi, la formazione gotlandiana ha qui giacitura quasi orizzontale ed essendo poco erodibile (scisti in maggior parte) ha impedito con la propria struttura l'addolcimento di almeno uno dei due versanti.

Per la frequenza delle anse in cui l'Araxisi ha modo di depositare più a monte le proprie deiezioni, malgrado la relativa vastità del bacino, il trasporto solido a S'Allusia va considerato modesto.

b) Indagini precedenti

La prima indagine geognostica nella stretta di S'Allusia risale al 1989 – 1991.

Nel 1995 sono state eseguite le prove geomeccaniche nella zona d'imposta, anch'esse su incarico del Consorzio di bonifica di II grado di Oristano, con la consulenza professionale del prof. G. Pecorini e dello scrivente. Nel 1993 è stata eseguita la Valutazione d'impatto ambientale.

c) Condizioni geologiche della sede d'imposta

La formazione scistosa presente a S'Allusia è costituita in prevalenza da scisti filladici, dalla caratteristica tessitura listata ed ondulata.

Intenso è il grado di fratturazione degli scisti, i quali appaiono frequentemente disgiunti in superficie.

In alveo è presente scarsa ghiaia sabbiosa con massi, per uno spessore emergente di un paio di metri.

Le condizioni di fondazione ammettono la costruzione di una diga in calcestruzzo.

La tenuta idraulica dovrebbe in ogni caso essere migliorata con schermo di iniezioni, il cui consumo specifico si può in via del tutto preliminare valutare in 0,3 q.li per m.

d) Tipo di diga

Il tipo di diga in calcestruzzo potrà essere a gravità massiccia. In prima approssimazione si possono prevedere scavi di fondazione abbastanza profondi, di 3-5 metri.

e) Materiali da costruzione

Non si rilevano nelle vicinanze cave per inerti. Si ritiene che possano essere utilizzati gli inerti basaltici della stessa cava che ha fornito i materiali prima per la traversa di "Pranu Antoni" e poi per la diga sul Tirso a Cantoniera, con buoni risultati. La cava è ubicata tra Fordongianus e la diga Cantoniera, ad una distanza da S'Allusia di circa 30 Km.

f) Tenuta idraulica del serbatoio

Si ritiene assicurata la tenuta idraulica nella sezione di sbarramento per l'intrinseca impermeabilità delle formazioni scistose paleozoiche in cui essa è incisa.

g) Stabilità delle sponde

Proprio la rilevante acclività dei versanti, tale da non consentire l'accumulo di falde detritiche, le sponde del serbatoio risultano costituite da roccia affiorante o quasi, ove l'instabilità eventuale è limitata a sporadiche zone della parte corticale dei pendii, affette da fenomeni disgiuntivi superficiali

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 5
 INTERVENTO 28
 CODICE S45
 VOLUME 1 = 71,40 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	30.000	€2,50	€75.000,00
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	45.800	€4,13	€189.154,00
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	22.900	€12,91	€295.639,00
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	15.500	€15,49	€240.095,00
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	460.950	€75,00	€34.571.250,00
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	568	€163,14	€92.663,52
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	16.000	€59,72	€955.520,00
22a Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di superficie	mq	237,90	€6.500,00	€1.546.350,00

22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	6,00	€71.092,87	€426.557,22
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo			€2.304.750,00

STRADA D'ACCESSO ALLA DIGA

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	21.889	€50,00	€1.094.450,00
-----	--	----	--------	--------	---------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	52.906	€50,00	€2.645.300,00
25	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	249	€4.774,66	€1.189.367,81
26	Opere di sistemazione	a corpo			€6.900.788,48
27	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€5.283.104,50

TOTALE €58.189.149,53

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 5
 INTERVENTO 28
 CODICE S45
 VOLUME 2 = 30 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	22.050	€2,50	€55.125,00
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	29.800	€4,13	€123.074,00
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	14.900	€12,91	€192.359,00
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggettamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	9.950	€15,49	€154.125,50
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	205.050	€75,00	€15.378.750,00
13 CIs per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	568	€163,14	€92.663,52
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	10.588	€59,72	€632.329,41
22a Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di superficie	mq	237,90	€6.500,00	€1.546.350,00

22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	5,60	€71.092,87	€398.120,07
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo			€1.025.250,00

STRADA D'ACCESSO ALLA DIGA

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	21.658	€50,00	€1.082.900,00
-----	--	----	--------	--------	---------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	10.458	€50,00	€522.900,00
26	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	125	€4.774,66	€594.922,64
27	Opere di sistemazione	a corpo			€3.326.704,37
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€2.544.960,85

TOTALE €28.049.694,36

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

INTERVENTO 29 - DIGA MANNU DI CUGLIERI

RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	5
- Intervento	29
- Codice	S43

1.2 - SBARRAMENTO PROPOSTO

La sezione di sbarramento è ubicata nell'ultimo tratto del Rio Mannu di Cuglieri, a valle dell'abitato di Cuglieri, nella sezione a quota d'alveo 70 m s.m. compresa tra la chiesa di S. Marco in destra e l'ovile Sanna in sinistra.

Lo sbarramento, che realizza una ritenuta massima di circa 75,5 m, è del tipo misto: una diga in materiali sciolti con manto di tenuta disposto sul paramento di monte ed una diga in calcestruzzo.

Lo scarico di superficie del serbatoio è ubicato in sponda destra. Lo scarico di fondo e l'opera di presa sono poste in sponda sinistra.

Le caratteristiche geologiche della sezione di imposta e del bacino di invaso sono illustrate nella relazione geologica.

La quota di massimo invaso è stata limitata a 145,50 m s.m. data l'esistenza di un ampio pianoro, in sponda sinistra, intorno a quota 150,2 (quota coronamento), nonché di una sella a quota 143 in sponda destra. Questo limite morfologico permette di realizzare un invaso di oltre 50 Mmc, di cui 42,82 Mmc utili di regolazione.

Le opere di scarico superficiali sono costituite da una soglia libera sfiorante disposta in corrispondenza della citata sella, lunga 95 m allo scopo di limitare il sovrizzo idrico a monte in concomitanza della massima prevedibile piena; le portate sfiorate sono convogliate in un canale fugatore che termina con un bucket rilasciando la portata di piena in una piccola valle profondamente incisa nella roccia andesitica sana.

L'opera di derivazione provvisoria è costituita da due gallerie, una in sponda destra e l'altra in sponda sinistra in prossimità della casa di guardia. Quest'ultima verrà utilizzata, successivamente alla realizzazione dello sbarramento come scarico di fondo e opera di presa.

1.3 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLO SBARRAMENTO

Il bacino del Rio Mannu di Cuglieri sotteso dallo sbarramento ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	142,76 kmq
--------------------	------------

- deflusso medio annuo	25,5 Mmc
- portata media annua	0,809 mc/s
- portata di massima piena	1070 mc/s

Si è previsto il collegamento all'invaso delle acque captate da una traversa sul Rio Tennero (T32) e da una traversa sul Rio Ferralzos (T33).

Il bacino totale allacciato ha le seguenti caratteristiche

- bacino imbrifero	54,11 kmq
- deflusso medio annuo	12,08 Mmc
- portata media annua	0,38 mc/s

1.4 - CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

L'area d'invaso, che ricade nel territorio dei Comuni Tresnuràghes, Sennariolo e Cuglieri, interessa il fondo valle del Rio Mannu di Cuglieri per uno sviluppo di circa 4,0 km.

L'invaso occupa terreni senza alcun valore agricolo e completamente privi di costruzioni. Il serbatoio insiste sulle vulcaniti oligoceniche con copertura di lave basaltiche quaternarie.

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi relativi alla soluzione di maggiore impegno che prevede di utilizzare la massima parte possibile delle disponibilità idriche del bacino del Rio Mannu di Cuglieri.

- area a quota 96,00 m s.m. (massimo svaso)	23,24 ha
- area a quota 142,20 m s.m. (massima di regolazione)	213,92 ha
- area a quota 145,50 m s.m. (massimo invaso)	240,63 ha
- area a quota 150,20 m s.m. (limite d'esproprio)	279,80 ha
- volume acque morte	2,5 Mmc
- volume utile di regolazione	42,82 Mmc
- volume di laminazione	7,66 Mmc
- volume totale di invaso	52,98 Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1. Diga

Lo sbarramento è di tipo misto. Una diga in materiale sciolti in destra e una diga a gravità massiccia in sinistra.

La sponda destra della sezione di sbarramento è incisa interamente in brecce riolitiche laviche, molto consistenti e poco fessurate. La sponda sinistra è in tufo latiandesitico fino a circa quota 100, sormontato da circa 10 m di tufo riolitico. Questo è ricoperto da lave basaltiche.

La presenza del tufo non consente di dare per fattibile una diga in calcestruzzo. Data l'insufficiente disponibilità di materiali sciolti naturali, è stata scelta una diga di pietrame con manto di tenuta bituminoso disposto sul paramento di monte che, per adattarci alla morfologia locale e minimizzare il volume del rilevato, si presenta con asse rettilineo sulla stretta.

Gli inerti per la confezione del corpo diga possono ricavarsi dalle brecce riolitiche di San Marco e dalle parti poco bollose del tavolato basaltico.

Il paramento di monte della diga ha una pendenza 2/1 per facilitare la posa del manto di tenuta, quello di valle ha una pendenza costante dell'1,5/1, ed è interrotto ogni 15 m di dislivello da una banchina orizzontale larga 2,5 m.

La tenuta delle fondazioni è assicurata da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

Il manto di tenuta della sbarramento si imposta alla base su un muro d'unghia in calcestruzzo che, nella zona d'alveo, ha anche funzione di manufatto di deviazione delle acque in fase di costruzione dello sbarramento.

Nel corpo del muro d'unghia è ricavato il cunicolo di controllo e raccolta delle eventuali perdite del paramento e delle filtrazioni attraverso lo schermo di tenuta.

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di circa 341 m e ciglio a quota 150,20, con un franco di 3,95 m sul livello di massimo invaso (145,50) incrementato dell'altezza della semionda (0,75 m).

Il volume della diga è di 1.790.000 mc di pietrame.

La diga in calcestruzzo è ubicata sulla sponda sinistra del serbatoio al fine di contenere l'invaso sull'alto piano basaltico nel tratto che si immerge al di sotto della quota 150. La situazione geologica consente di prevedere una diga in calcestruzzo a gravità massiccia non trascinabile con una fondazione di profondità media di 3 m.

Gli inerti necessari per la confezione dei calcestruzzi della diga potranno essere forniti dalla stessa cava basaltica che fornirà gli inerti per la diga in rockfill.

La tenuta in fondazione è assicurata da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

L'andamento dello sbarramento sarà rettilineo salvo che per la parte di raccordo con lo sbarramento in materiali sciolti che avrà uno sviluppo planimetrico secondo un arco di circonferenza di raggio 40 m.

Il paramento di valle ha pendenza 1/0.75 mentre il paramento di monte è verticale.

Il piano di coronamento è a quota di 147,50 m s.l.m. salvo che per i conci di raccordo con la diga in rockfill che avranno quota variabile sino a quota 150,20 m s.l.m. ed ha uno sviluppo di 436 m.

Il volume della diga è di 32.300 mc di calcestruzzo.

1.5.2 - Scarico di superficie

L'imbocco dello scarico di superficie è ubicato in corrispondenza della sella di Su Furrighesu che si trova in sponda destra a fianco del colle San Marco.

E' costituito da una soglia fissa tracimabile lunga complessivamente 95 m, con ciglio a quota 142,20 m s.m.

Le acque sfiorano in un collettore con fondo a quota 135 m s.m. Al collettore segue un canalone largo 30 m e lungo 303 m alla cui base è realizzato un bucket che consente di allontanare e scaricare la portata di piena in una vallecola profondamente incisa nella roccia andesitica sana affiorante.

Alla quota di massimo invaso del serbatoio (145,50 m) sfiorano al di sopra della soglia dello scarico di superficie 1070 mc/s, portata di colmo della massima prevedibile piena del Rio Mannu di Cuglieri.

1.5.3 - Scarico di fondo

E' costituito da una galleria lunga 1470 m a sezione circolare, DN 3 m che aggira in sinistra il rilevato della diga in terra e sotto la diga in calcestruzzo sboccando in una valle del rio Mannu di Cuglieri a circa un chilometro dallo sbarramento.

Lo scarico di fondo è intercettato da due paratoie piane, da m 1,00 x 1,20, con asse a quota 82,50 m s.m. circa, disposte in una camera di manovra raggiungibile attraverso un pozzo posto in prossimità della casa di guardia.

Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 37,0 mc/s.

1.5.4 - Deviazione provvisoria

Durante la costruzione della diga le portate del Rio Mannu di Cuglieri saranno deviate attraverso due gallerie una del diametro di 7,4 m in sponda destra e l'altra di 3m in sponda sinistra. Quest'ultima fungerà da scarico di fondo e di derivazione delle acque invasate.

Il muro d'unghia in calcestruzzo della diga è stato previsto con ciglio a quota 84,00 e proteggerà il cantiere retrostante consentendo, prima di essere tracimato, la deviazione di 375 mc/s.

1.5.5 Opere di derivazione delle acque invasate

L'opera di presa è costituita da una in galleria situata in sponda sinistra a quota alveo di 82 m s.l.m.. prossimità della casa di guardia in sbarramento.

La derivazione delle acque potrà avvenire attraverso una bocca di presa a quota 84 m s.l.m.. L'imbocco è rivestito in calcestruzzo ed è presidiato da una griglia e da una paratoia in acciaio su ruote. Le manovre di tali apparati sono effettuate con un argano idraulico posto in una cabina in prossimità del coronamento della diga in calcestruzzo

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

- tipo dello sbarramento	Misto di pietrame con manto di tenuta e a gravita massiccia in calcestruzzo
- quota piu depressa dell'alveo	70,00 m s.m.
- quota coronamento diga in rockfill	150,20 m s.m.
- quota coronamento diga in calcestruzzo	147,50 m s.m.
- quota piu depressa delle fondazioni	66,00 m s.m.
- altezza della diga	84,20 m
- sviluppo del coronamento	777,00 m
- volume della diga in rockfill	1.790.000 mc
- volume della diga in calcestruzzo	32.300 mc
- quota massima di regolazione	142,20 m s.m.
- quota di massimo invaso	145,50 m s.m.
- altezza di massima ritenuta	75,50 m
- quota di massimo svaso	96,00 m s.m.
- volume acque morte	2,5 Mmc
- volume utile di regolazione	42,82 Mmc
- volume di laminazione	7,66 Mmc
- volume totale di invaso	52,98 Mmc
- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	240,63 ha
- volume medio annuo affluito	37,55
- volume medio annuo sfiorato	1,96 Mmc

- portate massime:	
scarico di superficie	1070 mc/s
scarico di fondo	37,0 mc/s
deviazione provvisoria	374.5 mc/s

1.7 - STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione pari a 42,82 Mmc corrispondente alla capacità massima realizzabile e 29,8 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 42,82 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 52.427.554,65 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

Il Rio Mannu di Cuglieri scorre all'interno di un canyon serpeggiante, profondo oltre 70 metri. Lo caratterizzano gli altopiani basaltici alla sommità delle due scarpate e le vulcaniti più antiche, messe allo scoperto dall'erosione sul fondo della forra.

Tra il versante destro a breccie riolitiche di San Marco, poco a valle dell'ex Cartiera, e il versante sinistro a vulcaniti più antiche, sormontate dall'altopiano lavico a quota 130-140, il canyon del Rio Mannu si presenta particolarmente angusto e contribuisce a restringere l'alveo (quota circa 65) un roccione di breccia riolitica che sporge al piede della sponda sinistra.

La stretta qui individuata assume un profilo trapezio simmetrico, con fondovalle accidentato, largo appena una trentina di metri e fianchi inclinati di circa 30 gradi.

Il trasporto solido del Rio Mannu di Cuglieri è molto limitato. Infatti, gran parte del bacino imbrifero è costituita da superfici piate, ad erosione praticamente nulla.

b) Indagini precedenti

La campagna di indagini geognostiche e geofisiche per accertare la fattibilità delle opere è stata condotta negli anni '93-'94 ed ha comportato l'esecuzione dei seguenti lavori:

- N° 23 sondaggi geognostici a rotazione e carotaggio continuo o 105 mm, per complessivi 988 m di sondaggio;
- N° 16 perforazioni a distruzione di nucleo o 86 mm per iniezioni di cemento e prove di controllo, per complessivi 800 m di foro;
- N° 172 prove di assorbimento d'acqua a tratti, a tre gradini di pressione (3 - 6 - 10 atm), distribuite in 27 fori;
- N° 22 prove di assorbimento d'acqua a caduta in 10 fori;
- Prove di assorbimento di cemento in 12 perforazioni a distruzione di nucleo, distribuite in 4 teme, con iniezioni di miscela acqua-cemento nel rapporto 1/1, per complessivi 208.61 quintali di cemento secco, pari a circa 0.35 quintali per metro lineare di foro;
- Prove di rilevato sperimentale su materiali lapidei di cava;
- Prove geotecniche di laboratorio sui materiali lapidei di cava,
- N° 7 profili sismici a rifrazione distribuiti su 38 stendimenti di lunghezza complessiva pari a 6270 m.

Le indagini e gli studi sono stati seguiti e controllati dal consulente geologo Prof Giuseppe Pecorini che ha redatto il Rapporto Geologico Conclusivo.

La campagna di indagini ha confermato il seguente quadro geologico della zona d'invaso che è risultata costituita dalle seguenti formazioni geologiche principali:

- 1 - basalti in colate, che formano soprattutto i bordi del serbatoio e il fondovalle del rio di Marafè alla confluenza col Mannu;
- 2 - trachi-fonoliti, compatte, interessate per breve tratto dal rio di Marafe, al piede della collina di S. Vittoria;
- 3 - sedimenti marini conglomeratico-arenacei, subordinatamente calcarei, interessati solo marginalmente dalla tenuta, a quote relativamente alte nella valle di Marafe;
- 4 - riodacite della collina di San Marco, massiccia e compatta, in destra, praticamente nella zona d'imposta della diga;
- 5 - tufi pomiceo-cineritici, sul fondo dell'invaso appena a monte della zona d'imposta della diga;
- 6 - ignimbriti interessate dalla ritenuta per tratti più o meno ampi, sia nel fondovalle del rio Mannu che in quello del rio di Marafe;
- 7 - andesiti e agglomerati andesitici, in giaciture massicce e di forte spessore, affioranti largamente soprattutto nel fondovalle.

I risultati delle indagini sono dettagliatamente illustrati nella relazione del Rapporto Geologico Conclusivo dal Prof. Pecorini.

c) Condizioni geologiche della sede d'invaso

Le rocce costituenti l'invaso sono impermeabili o di bassa permeabilità. Le buone caratteristiche di tenuta sono confermate, nell'insieme, anche dai sondaggi con relative prove di permeabilità.

Nonostante la presenza di detriti di pendio, spesso a blocchi di basalto, sotto forma di cumuli ai piedi di scarpate rocciose, le sponde dell'area d'invaso non sono sede di frane in atto o potenziali. Gli stessi detriti ora citati appaiono ormai stabilizzati sotto una copertura vegetazionale boschiva e arbustiva assai fitta e ben radicata. Per il resto, l'elevato grado di rocciosità del serbatoio non consente fenomeni di erosione né dissesti geologici di qualche rilevanza.

Per le sponde dell'invaso, pertanto, si può dare un giudizio di sicura stabilità, valido sia per lo stato attuale, sia per il futuro lago, anche se sottoposto alle alterne fasi di svasso e d'invaso della ritenuta.

d) La zona d'imposta della diga.

Litologicamente eterogenea, in base ai risultati delle indagini geognostiche, la zona d'imposta della diga, soprattutto a causa della presenza in fondovalle di tufi pomicei compressibili e poco affidabili nei riguardi di carichi elevati, non può ritenersi idonea ad uno sbarramento in calcestruzzo.

Pertanto, la soluzione di uno sbarramento in materiali sciolti, tipo rockfill, appare la più adatta alla stretta di San Marco anche grazie alla possibilità di reperire in zona pietrame basaltico in quantità pressoché illimitate.

Le deformazioni della roccia di fondazione sotto il carico di una diga di materiali sciolti alta 90 m sono altamente compatibili con la prevista soluzione in pietrame.

A differenza delle rioliti in sponda destra, e dei basalti in sponda sinistra, tuttavia, i tufi pomicei dovranno essere oggetto di particolare attenzione nella fascia di fondazione del cunicolo, lungo il piede del manto di tenuta della diga, nel fondovalle in sinistra della sezione d'imposta dello sbarramento.

Qui, infatti, ai sondaggi geognostici e alle prove di permeabilità il sostrato tufaceo si è presentato piuttosto argillificato in superficie, per spessori di qualche metro, e ricoperto da terriccio e ciottolami terrosi per un ulteriore spessore di 4-5 metri. Si tratta, in complesso, di una fascia lunga 150 metri circa in cui il cunicolo, di conseguenza, dovrà appoggiarsi su una fondazione speciale, preferibilmente un diaframma in calcestruzzo, profondo una decina di metri circa e di adeguata capacità portante.

e) Materiali naturali da costruzione.

Per la realizzazione dello sbarramento in rockfill non mancano in zona i materiali lapidei naturali suscettibili d'impiego e in quantità sufficienti. La scelta dei materiali, tuttavia, ha dovuto tener conto preminentemente degli eventuali danni che l'apertura di una o più cave avrebbe arrecato al paesaggio e all'ambiente. La scelta del basalto, in conseguenza, risulta obbligata e si basa, oltre che sulla idoneità, soprattutto sul fatto che questa roccia è particolarmente estesa all'interno della zona d'invaso, in aree perciò destinate ad essere sommerse dal futuro lago.

la roccia basaltica, esclusivamente in colate orizzontali o lievemente inclinate, affiora nelle sponde del Rio Mannu e del Rio di Marafè presso la confluenza dei due rii, dove raggiunge spessori compresi fra 20 e 60 metri. Proprio nello sperone roccioso che separa le due valli e nella profonda forra del rio di Marafe appena a monte della confluenza potrebbe essere aperta un'unica e grande cava, con potenzialità di circa 2 milioni di mc di basalto, ad una distanza di circa 700 metri dalla zona d'imposta dello sbarramento.

f) Scarico di superficie.

E' previsto sul versante occidentale della collina di S. Marco, in una sella con fondo a quota 143 m sul l.m., le opere di scarico ricadono in un'area costituita da un suolo limoso-sabbioso, talora argilloso-detritico, sovrapposto a un sostrato conglomeratico andesitico omogeneo e compatto.

L'opera di scarico principale, pertanto, potrà avere fondazioni dirette nell'andesite a profondità modesta.

In fase esecutiva si vaglierà l'opportunità di eseguire uno schermo di tenuta mediante iniezioni o diaframma profondo pochi metri sotto il piano di fondazione.

L'opera di scarico, al di là della soglia di sfioro, andrà ad interessare verso valle ancora un sostrato andesitico più o meno ricoperto da terreno sciolto quaternario (suoli, detriti, ecc.). In corrispondenza del sondaggio S19, la roccia andesitica, piuttosto agglomeratica, è risultata coperta da circa 8 metri di sabbie limose più o meno cementate o assai addensate d'origine eolica. Queste sabbie dovranno essere in buona parte asportate, onde permettere alle opere in calcestruzzo una solida e resistente base di appoggio ed, eventualmente, potranno essere previste adeguate paratie.

La breccia riolitica che costituisce il versante destro ed il fondovalle è una roccia molto consistente, poco fratturata, ad elementi spigolosi immersi in matrice lavica di pari tenacità.

La spalla sinistra è costituita fino a quota 100 circa da tufi latiandesitici a frammenti lavici in matrice biancastra tenera, talvolta argillificata, sormontati da circa 10 metri di tufo riolitico bianco, tenero, con frammenti di riolite lavica.

Il tufo riolitico è a sua volta coperto dalle lave basaltiche recenti, bollose, con interstrati terrosi rossicci, leggermente inclinate verso la costa, a fessurazione colonnare.

Le condizioni geomeccaniche delle fondazioni e in particolare la presenza dei tufi latiandesitici, anche argillificati, in spalla sinistra, unitamente ai tufi riolitici ed ai basalti con intercalazioni terrose, non consentono la progettazione di uno sbarramento rigido. La tenuta idraulica in fondazione è buona: sia le rocce poco fessurate, sia i tufi di ambo i tipi sono poco permeabili; più permeabili i basalti fessurati e bollosi.

g) Tenuta idraulica del serbatoio

E' escluso che si possano verificare perdite significative attraverso le brecce riolitiche, le quali risultano assai scarsamente fessurate. Altrettanto può dirsi delle formazioni tufacee. Le uniche filtrazioni ci potranno sviluppare all'interno dei banchi basaltici fessurati, posti alla sommità della spalla sinistra e non si può escludere fin d'ora che non si renda necessario estendere lateralmente lo schermo di iniezioni per tutto lo spessore di tale copertura lavica.

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA INTERVENTO		5	29		
CODICE		S43			
VOLUME 1 = 42,82 Mmc					
VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)	
1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	44.800	€2,50	€112.000,00
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	8.400	€12,91	€108.444,00
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	64.000	€15,49	€991.360,00
8*	Formazione di rilevato in pietrame (Rock-fill) proveniente da cava di prestito con curva granulometrica prefissata dalla Direzione Lavori come pure il grado di compattazione, compreso il filtro e la sistemazione a mano, la preparazione del paramento di monte per la posa per il manto di impermeabilizzazione, la strada di coronamento e la protezioni	mc	1.790.000	€7,79	€13.944.100,00
16	Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	34.454	€81,10	€2.794.178,85
11*	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	52.752	€68,93	€3.636.195,36

DIGA IN CALCESTRUZZO

1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	13.800	€2,50	€34.500,00
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiacca di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	4.600	€15,49	€71.254,00
11*	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	32.300	€68,93	€2.226.439,00
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	27.500	€59,72	€1.642.300,00

SCARICO DI SUPERFICIE

1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	106.693	€2,50	€266.732,50
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	25.660	€12,91	€331.270,60
13bis*	Cls c.s ma debolmente armato per scarico di superficie, canale di scarico e vasca di dissipazione	mc	32.265	€108,82	€3.511.022,89

SCARICO DI FONDO E PRESA

4	Scavo in galleria o sotterraneo o pozzo con tutti gli oneri di cui ai numeri precedenti compreso le armature anche a cassa chiusa, il marinaggio, l'uso continuo di pompe, i provvedimenti protettivi conseguenti a venute di gas, l'impiego di centine metalliche, la ventilazione, la illuminazione	mc	30.600	€92,96	€2.844.576,00
14	Cls per c.a., compreso ferro e casseforme, posto in opera in galleria	mc	7.450	€249,55	€1.859.147,50
15	Cls per galleria spruzzato (spritz beton)	mc	2.483	€189,58	€470.727,14
	Realizzazione galleria finita del diametro 3000 mm	ml	1.474	€2.800,00	€4.127.200,00
22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	2,40	€71.092,87	€170.622,89
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23 (**)	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture	a corpo	1		€1.235.500,00

STRADA D'ACCESSO DIGA

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	29.220	€29,63	€865.914,15
------	--	----	--------	--------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	5.480	€171,57	€940.187,06
24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	270	€374,74	€101.180,85

STRADA D'ACCESSO SCARICO DI FONDO

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	8.000	€171,57	€1.372.535,86
26	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	279,8	€4.774,66	€1.335.949,87
27	Opere di sistemazione	a corpo			€2.836.096,62
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€4.809.659,51
				TOTALE	€53.018.254,65

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 5
INTERVENTO 29

CODICE S43
VOLUME 2 =29,80 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	39.000	€2,50	€97.500,00
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	7.700	€12,91	€99.407,00
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	55.700	€15,49	€862.793,00
8* Formazione di rilevato in pietrame (Rock-fill) proveniente da cava di prestito con curva granulometrica prefissata dalla Direzione Lavori come pure il grado di compattazione, compreso il filtro e la sistemazione a mano, la preparazione del paramento di monte per la posa per il manto di impermeabilizzazione, la strada di coronamento e la protezioni	mc	1.346.000	€7,79	€10.485.340,00
16 Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	29.288	€81,10	€2.375.232,88
11* Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	48.356	€68,93	€3.333.179,08

DIGA IN CALCESTRUZZO

1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	7.200	€2,50	€18.000,00
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	2.400	€15,49	€37.176,00
11*	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	12.980	€68,93	€894.711,40
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	17.800	€59,72	€1.063.016,00

SCARICO DI SUPERFICIE

1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	95.912	€2,50	€239.780,00
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	25.660	€12,91	€331.270,60
13bis*	Cls c.s ma debolmente armato per scarico di superficie, canale di scarico e vasca di dissipazione	mc	29.725	€108,82	€3.234.707,15

SCARICO DI FONDO E PRESA

4	Scavo in galleria o sotterraneo o pozzo con tutti gli oneri di cui ai numeri precedenti compreso le armature anche a cassa chiusa, il marinaggio, l'uso continuo di pompe, i provvedimenti protettivi conseguenti a venute di gas, l'impiego di centine metalliche, la ventilazione, la illuminazione	mc	29.800	€92,96	€2.770.208,00
14	Cls per c.a., compreso ferro e casseforme, posto in opera in galleria	mc	7.250	€249,55	€1.809.237,50
15	Cls per galleria spruzzato (spritz beton)	mc	2.100	€189,58	€398.118,00
	Realizzazione galleria finita del diametro 3000 mm	ml	1.474	€2.800,00	€4.127.200,00
22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	1,80	€71.092,87	€127.967,17
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23 (**)	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture	a corpo	1		€872.500,00

STRADA D'ACCESSO DIGA

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	30.558	€29,63	€905.564,84
------	--	----	--------	--------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	5.600	€171,57	€960.775,10
24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	270	€374,74	€101.180,85

STRADA D'ACCESSO SCARICO DI FONDO

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	8.000	€171,57	€1.372.535,86
26	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	223,50	€4.774,66	€1.067.136,51
27	Opere di sistemazione	a corpo			€2.258.839,97
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€4.012.503,69
				TOTALE	€44.235.040,58

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

INTERVENTO 39 - DIGA MONTE PERDOSU

RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	6
- Intervento	39
- Codice	S38

1.2 - SBARRAMENTO PROPOSTO

La sezione di sbarramento è ubicata sul Fiume Flumendosa nella gola di Monte Perdosu a quota d'alveo 28,00 m s.m.

Lo sbarramento, di altezza massima sul fondo alveo di circa 48 m è in calcestruzzo del tipo a gravità ordinaria trascinabile, con vasca di smorzamento delle portate sfiorate disposta al piede di valle della diga.

La scelta è determinata dalla possibilità di fondare l'opera su formazioni di porfiroidi, grovacche e conglomerati scistosi.

Le caratteristiche geologiche della sede di imposta e del bacino di invaso sono illustrate nella relazione geologica.

La quota di massimo invaso è stata limitata a 72,80 m s.m. che consentono di realizzare un volume utile di regolazione di 78,91 Mmc.

Le opere di scarico superficiali sono costituite da sette soglie a quota 62,80 controllate da altrettante paratoie di dimensioni 15 x 7 m, al fine di limitare ad 3 m il sovrizzo sul livello di massima regolazione in concomitanza della massima prevedibile piena. Tale soluzione sebbene più onerosa rispetto alla adozione di soglie libere sfioranti consente, per la capacità di regolazione adottata, di limitare la quota di massimo invaso al limite compatibile con lo sviluppo del centro abitato di Ballao presente in coda al serbatoio.

Anche le opere di deviazione provvisoria delle acque, lo scarico di fondo e le opere di derivazione sono disposte in corpo diga onde renderne minimo il costo.

1.3 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLO SBARRAMENTO

Il bacino totale del Fiume Flumendosa sotteso dallo sbarramento ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	1744.0 kmq
- deflusso medio annuo	65,47 Mmc
- portata media annua	2,07 mc/s
- portata di massima piena	7894 mc/s

Il bacino al netto di quello sotteso dagli sbarramenti di Nuraghe Arrubiu, Mulargia e Flumineddu a Capanna Silicheri, ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	560.8 kmq
- deflusso medio annuo	65,47 Mmc
- portata media annua	2,07 mc/s
- portata di massima piena	7894 mc/s
- capacità di regolazione	78,91 Mmc

1.4 - CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

L'area d'invaso, che ricade nel territorio dei Comuni di Ballao, S.Nicolò Gerrei, S.Vito, Armungia e Villasalto, interessa il fondo valle del Fiume Flumendosa per uno sviluppo di quasi 12 km. Il lago si presenta allungato verso Ballao, a nord-ovest dello sbarramento, con un ramo di circa 3 km lungo il confluyente Rio S'Acqua Callenti. L'area è scarsamente abitata e coltivata.

Il serbatoio si sviluppa in prevalenti scisti pelitici poco stabili.

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale.

- area a quota 42,00 m s. m. (massimo svaso)	75,3 ha
- area a quota 69,80 m s. M. (massima di regolazione)	549,22 ha
- area a quota 72,80 m s.m. (massimo invaso)	623,54 ha
- area a quota 76,00 m s.m. (limite d'esproprio)	705,0 ha
- volume acque morte	3,7 Mmc
- volume utile di regolazione	78,91 Mmc
- volume di laminazione	17,59 Mmc
- volume totale di invaso	100,02 Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1 - Diga

La morfologia della sezione di imposta e le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni in essa affioranti indirizzano la scelta sulla soluzione in calcestruzzo trascinabile del tipo a gravità ordinaria.

Gli scavi sono profondi per impostare lo sbarramento sulla roccia sana.

Gli inerti per la confezione dei calcestruzzi potranno ricavarsi dalle alluvioni di fondovalle integrate da calcari reperibili a breve distanza dalla diga.

Il paramento di monte della diga è verticale, quello di valle ha una pendenza 1/0,76.

La tenuta delle fondazioni è assicurata da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

I sette conci della parte centrale della diga costituiscono lo scarico di superficie appresso descritto; in due di questi sono anche ricavati gli scarichi di fondo del serbatoio; in un vano che sarà poi interessato dai conci verranno fatte defluire le acque del Fiume Flumendosa durante la costruzione dello sbarramento.

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di circa 270 m e ciglio a quota 76,00, con un franco di 2,70 m sul livello di massimo invaso (72,80) incrementato dall'altezza della semionda (0,5).

Il volume della diga è di 305.100 mc di calcestruzzo.

1.5.2 - Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito da sette luci lunghe 15,00 m ciascuna disposte in fregio alla parte centrale dello sbarramento, con soglia alla quota 62,80 m, controllate da paratoie alte 7 m, in modo da poter utilizzare la capacità di invaso fino a quota 72,80 m s. m.

Il paramento di valle dei conci trascinabili, delimitato da muri d'ala laterali, costituisce il canale fagotore a valle delle luci di sfioro.

Al piede dello scivolo è ubicata la vasca di dissipazione incassata di 6,70 m rispetto alla quota d'alveo a valle.

Alla quota di massimo invaso 75,80 m s.m. defluiscono 7894 mc/s, pari alla massima prevedibile portata di piena del Fiume Flumendosa, attraverso le sei luci sfioranti.

1.5.3 - Scarico di fondo

E' costituito da due cunicoli a sezione variabile ricavati in due dei conci della diga, ciascuno intercettato da due paratoie piane, da m 1,80 x 2,40, con asse a quota 24,4 m.

Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 301 mc/s.

1.5.4 - Deviazione provvisoria

Durante la costruzione della diga le portate del Fiume Flumendosa defluiranno attraverso il vano di uno dei conci della diga.

Per le opere di deviazione è stato previsto un dimensionamento di circa 2763 mc/s.

1.5.5 - Opere di derivazione delle acque invasate

Saranno realizzate in corpo diga mediante una tubazione in acciaio disposta nel cunicolo di accesso alla camera di manovra delle paratoie dello scarico di fondo.

L'imbocco della derivazione sarà protetto da griglie metalliche alla cui pulizia provvederà uno sgrigliatore manovrato dal coronamento della diga.

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

- tipo dello sbarramento	a gravità ordinaria in calcestruzzo
- quota più depressa dell'alveo	28,00 m s.m.
- quota coronamento	76,00 m s.m.
- quota più depressa delle fondazioni	18,00 m s.m.
- altezza della diga	58,00 m
- sviluppo del coronamento	270,00 m
- volume della diga	328.644 mc
- quota massima di regolazione	69,80 m s.m.
- quota di massimo invaso	72,80 m s.m.
- altezza di massima ritenuta	44,80 m
- quota di massimo svaso	42,00 m s.m.
- volume acque morte	3,70 Mmc
- volume utile di regolazione	78,91 Mmc
- volume di laminazione	17,59 Mmc
- volume totale di invaso	100,20 Mmc
- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	623,54 ha
- volume medio annuo affluito	65,47 Mmc
- volume medio annuo sfiorato	55,52 Mmc
- portate massime:	
scarico di superficie	7894 mc/s
scarico di fondo	301 mc/s

deviazione provvisoria

3763 mc/s

1.7 - STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione pari a 78,91 Mmc e 50,0 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 78,91 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 70.318.245 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

La gola di M. Perdosu presenta un fondovalle alluvionale largo un centinaio di metri e ripidi fianchi rocciosi, che nella sezione di sbarramento, di forma trapezia leggermente asimmetrica, inclinano di 35° sulla destra e di 40° sulla sinistra.

Al piede di quest'ultima spalla il pendio è peraltro più dolce per la presenza di falde detritiche.

Il bacino imbrifero del medio Flumendosa, a valle delle dighe esistenti, si sviluppa essenzialmente in scisti paleozoici, specialmente pelitici, non del tutto stabili e scarsi fenomeni erosivi.

b) Indagini precedenti

Negli anni 1962 e soprattutto 1976-77 sono state fatte indagini geognostiche e geofisiche in una sezione di sbarramento situata 400 m a valle della confluenza del Rio Arricelu. I sondaggi furono 48, unitamente ad un cunicolo e ad 8 trincee.

I risultati delle indagini, abbastanza esaurienti tranne che per le prove di cementazione, sono stati oggetto di relazione geologica provvisoria del Prof. Giuseppe Pecorini, corredata da carte geologiche e profili.

In essa viene giudicata fattibile una diga a gravità massiccia, con scavi di fondazione profondi in media una diecina di metri e 12 m al massimo in alveo.

Come inerti vengono indicati i calcari devoniani di Niu Crobu e in subordine le alluvioni.

Viene inoltre giudicata idonea alla realizzazione di uno scarico di superficie supplementare, in trincea, la sella di Arcu Arricelu.

c) Condizioni geologiche della sede d'imposta

La formazione presente è costituita da prevalenti porfiroidi, da grovacche e da conglomerati scistosi. Particolare importanza rivestono i materiali sciolti, per il loro considerevole spessore. La coltre alluvionale di sabbia ghiaiosa è presente con una potenza di circa 6 m, che salgono a 11-12 a ridosso della riva destra, cioè verso l'esterno della leggera curva descritta dalla valle.

Con la riva destra in erosione, si sono depositati e conservati al piede della sponda opposta saltuari conii di detrito di falda, leggermente cementato, di spessore variabile da 6 a 15 m.

Il porfiroide è molto consistente, attraversato da giunti prevalentemente paralleli all'asse vallivo.

La tenuta idraulica della sede di sbarramento è insufficiente al di sopra di 23-28 m~ di profondità, dove le prove d'acqua hanno fatto registrare assorbimenti in massima parte superiori alle 5 U.L., mentre più in basso gli assorbimenti sono risultati costantemente nulli.

In fondovalle, tenuto conto dello spessore della coltre alluvionale, la tenuta naturale si raggiunge a 12-15 m dalla superficie del subalveo roccioso.

Le condizioni geologiche suesposte consentono la progettazione di una diga in calcestruzzo, previ profondi scavi, mediamente dell'ordine dei 10 m.

d) Tipo di diga

E' realizzabile una diga a gravità massiccia ad asse rettilineo, fondata a 10-14 m di profondità in alveo ed a 10 m mediamente sulle spalle, Lo schermo di tenuta sarà approfondito per una trentina di metri su tutto il perimetro d'imposta e richiederà un consumo dell'ordine di 1 q.le/m²

e) Materiali da costruzione

Il materiale da costruzione, presente nel bacino d'invaso in quantità illimitate, è rappresentato dalle alluvioni sabbio-ghiaiose con blocchi.

La qualità di questo materiale è mediocre nelle applicazioni come inerte per calcestruzzi, a causa dell'abbondanza di frammenti scistosi e lamellari.

Ad integrazione delle frazioni alluvionali si impiegherebbe il materiale calcareo di cava, estratto nella valle del Rio s'Acqua Callenti all'altezza di Niu Crobu, cioè a distanza di circa 2 Km dalla diga.

f) Tenuta idraulica del serbatoio

Il Flumendosa è profondamente incassato nella formazione gotlandiana a prevalenti scisti pelitici, nonchè in porfiroidi ed in emergenze anticlinali della serie arenaceo-sciristosa dell'Ordoviciano.

Le uniche possibilità di perdita dal serbatoio potrebbero verificarsi verso il Flumendosa stesso, attraverso la serie gotlandiana in destra ed attraverso il complesso dei porfiroidi in sinistra. Gli scisti pelitici gotlandiani, tuttavia, sono evidentemente impermeabili, anche perché contorti e fagliati, e le lenti calcaree in essi interstratificate mancano di continuità per poter rappresentare vie di percolazione a lungo raggio. Sono pertanto da escludere travenazioni di alcun genere dal bacino d'invaso.

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 6
 INTERVENTO 39
 CODICE S38
 VOLUME 1 = 78.91 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	39.261	€2,50	€98.152,50
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	126.536	€4,13	€522.591,65
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	157.466	€12,91	€2.032.891,35
3b* Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	23.767	€15,49	€368.150,83
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	328.644	€65,51	€21.529.463,66
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	4.988	€163,14	€813.660,75

20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	8.243	€59,72	€492.274,35
22a	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di superficie	mq	735,00	€6.500,00	€4.777.500,00
22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	8,64	€71.092,87	€614.242,40
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, a corpo impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di				€1.643.219,63
STRADA D' ACCESSO					
18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	1.080	€44,71	€48.285,50
RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE					
18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	60.800	€49,67	€3.019.853,39
VARIANTE SS					
18b*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	35.276	€102,35	€3.610.582,84
24b*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade statali	mq	10.530	€924,25	€9.732.312,36
26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	705	€8.352,01	€5.888.000,01
27	Opere di sistemazione	a corpo			€8.355.336,62

28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo	€6.392.567,78
----	--------------------------------------	---------	---------------

TOTALE €70.318.245,61

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 6
 INTERVENTO 39
 CODICE S38
 VOLUME 2 = 50 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	37.619	€2,50	€94.046,25
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	119.760	€4,13	€494.608,80
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	59.880	€12,91	€773.050,80
3b* Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	22.455	€15,49	€347.827,95
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	285.932	€65,51	€18.731.401,98
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	4.988	€163,14	€813.660,75

20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	7.794	€59,72	€465.451,71
22a	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di superficie	mq	735,00	€6.500,00	€4.777.500,00
22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	11,34	€71.092,87	€806.193,15
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, a corpo impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di				€1.429.659,75
STRADA D' ACCESSO					
18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	1.080	€44,71	€48.285,50
RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE					
18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	49.760	€49,67	€2.471.511,59
VARIANTE SS					
18b*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	35.276	€102,35	€3.610.582,84
24b*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade statali	mq	10.530	€924,25	€9.732.312,36
26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	533	€8.352,01	€4.454.377,49

27	Opere di sistemazione	a corpo	€7.432.043,71
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo	€5.686.167,46

TOTALE €62.547.842,08

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali
sciolti

INTERVENTO 01 – DIGA MONTE EXI

RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	2
- Intervento	O.1
- Codice	S49

1.2 - SBARRAMENTO PROPOSTO

L'invaso di S. Maddalena a Monte Exi è ubicato sul Rio Arridori, affluente di destra del Cixerri, nei pressi di Villamassargia.

La sezione di sbarramento dell'invaso ha l'alveo a quota 160,50 m s.m. e sponde alte fino a 330 m s.m. in destra a Genne Feuras e 321 m s.m. in sinistra a Punta Concheattu.

Lo sbarramento, di altezza massima sul fondo alveo di circa 57,3 m è stato previsto a gravità massiccia dopo aver scartato la possibilità di realizzare una diga in materiali sciolti per la difficoltà di reperire materiali idonei.

La quota di massimo invaso assoluto è fissata a 215,80 m s.m. A tale quota corrisponde una capacità complessiva di 12,46 Mmc con un volume utile di regolazione pari a 10,5 Mmc.

Lo scarico di superficie è costituito da soglia libera sfiorante disposta sui conci centrali, scarico di fondo e opere di presa sono costituiti da condotte metalliche annegate in corpo diga.

Anche le opere di deviazione provvisoria delle acque, lo scarico di fondo e le opere di derivazione sono disposte in corpo diga onde renderne minimo il costo.

1.3 -CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLO SBARRAMENTO

Il bacino sotteso ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	7,0	kmq
- deflusso medio annuo	0,56	Mmc
- portata media annua	0,018	mc/s
- portata di massima piena	228	mc/s
- capacità di regolazione	10,50	Mmc

Si è previsto il collegamento all'invaso di S. Maria Maddalena a M. Exi delle acque captate da una traversa sul Rio Cixerri a Villamassargia (T57) e da una traversa sul Rio Arriali (T59).

Il bacino totale allacciato (al netto del bacino sotteso dall'invaso di Punta Gennarta) ha le seguenti caratteristiche

- bacino imbrifero	71,9	kmq
- deflusso medio annuo	8,31	Mmc
- portata media annua	0,263	mc/s

1.4 - CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale.

- area a quota 175,00 m c.m. (massimo svaso)	1,3	ha
- area a quota 213,10 m c.m. (massima di regolazione)	70,2	ha
- area a quota 215,80 m s.m. (massimo invasore)	77,6	ha
- area a quota 217,80 m s.m. (limite d'esproprio)	83,2	ha
- volume acque morte	0,03	Mmc
- volume utile di regolazione	10,5	Mmc
- volume di laminazione	1,93	Mmc
- volume totale di invasore	12,46	Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1 - Diga

La morfologia della sezione di imposta e le caratteristiche delle formazioni in essa affioranti hanno suggerito la scelta di uno sbarramento a gravità massiccia in calcestruzzo del tipo tracimabile con andamento planimetrico rettilineo.

La tenuta in fondazione è assicurata da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

Gli inerti per il calcestruzzo sono reperibili nella cava di Barbusi, a 12 km di distanza, e sul versante meridionale del M. Ollastu.

Il paramento di valle ha pendenza 1/0.75 mentre il paramento di monte è verticale.

I due conci centrali della diga costituiscono lo scarico di superficie.

Al piede del paramento di valle è ubicato un dispositivo di dissipazione del tipo "a culla arrotondata".

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di circa 246 m e ciglio a quota 217,80, con un franco di 1,40 m sul livello di massimo invaso (215,80) incrementato dell'altezza della semionda (0,60 m).

Il volume della diga è di 132.300 mc di calcestruzzo.

1.5.2 - Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito da due soglie tracimabili disposte sui conci centrali.

Il paramento di valle dei conci tracimabili, opportunamente delimitato da muri d'ala laterali, costituisce il canale fugatore a scivolo al termine del quale si trova un dissipatore a risvolto (bucket) e, per maggiore sicurezza, è previsto il rivestimento dell'alveo in lastre di calcestruzzo, a difesa dalle portate scaricate, per uno sviluppo di circa 40 m.

Le due luci, di 14 m ciascuna, sono in grado di smaltire una portata di 228,00 mc/s con livello del serbatoio alla quota di massimo invaso.

1.5.3 - Scarico di fondo

Lo scarico di fondo è realizzato in corpo diga, nel concio centrale tracimabile, con un cunicolo a sezione variabile intercettato da due paratoie piane da m 0,8 x 1,4 con asse a quota 159,55 m s.m. circa.

Lo sbocco dello scarico di fondo avviene a valle del bucket su un canale rivestito.

Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 29,0 mc/s.

1.5.4 - Deviazione provvisoria

Durante la costruzione dell'opera le portate del Rio Arridori defluiranno attraverso il vano, lasciato libero, di uno dei conci della diga. Per le opere di deviazione è stato previsto un proporzionamento di circa 80 mc/s.

1.5.5 - Opere di derivazione delle acque invasate

Saranno realizzate in corpo diga mediante una tubazioni in acciaio annegate in corpo diga.

L'imbocco della derivazione sarà protetto da griglie metalliche.

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

- tipo dello sbarramento	a gravità ordinaria in calcestruzzo
- quota più depressa dell'alveo	160,50 m s.m.
- quota coronamento	217,80 m s.m.
- quota più depressa delle fondazioni	152,70 m s.m.
- altezza della diga	65,10 m
- sviluppo del coronamento	246,00 m
- volume della diga	132.300 mc
- quota massima di regolazione	213,10 m c.m.
- quota di massimo invaso	215,80 m s.m.
- altezza di massima ritenuta	55,30 m
- quota di massimo svaso	175,00 m c.m.
- volume acque morte	0,03 Mmc
- volume utile di regolazione	10,5 Mmc
- volume di laminazione	1,93 Mmc
- volume totale di invaso	12,46 Mmc
- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	77,6 ha
- volume medio annuo affluito	8,31 Mmc
- volume medio annuo sfiorato	Mmc
- portate massime:	
scarico di superficie	228 mc/s
scarico di fondo	29,0 mc/s
deviazione provvisoria	80 mc/s

1.7 - STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione pari a 10,5 Mmc e 5,3 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 10,5 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 20.801.879,33 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

Nella stretta del Rio il fondovalle, praticamente privo di ripiano alluvionale, si situa a quota 160 circa ed i fianchi vallivi salgono con pendenza del 60% in sinistra e del 45 % in destra. Malgrado le acclività medio basse ed i vasti dissodamenti effettuati intorno alla varice per piantagioni di eucaliptus, peraltro idraulicamente ben sistemate, il trasporto solido dal bacino imbrifero è trascurabile.

b) Indagini precedenti

Nel 1969 è stata svolta una prima campagna di indagini mediante sondaggi, con prove d'acqua ed iniezioni, nonché sismica di superficie e in foro. I risultati delle indagini sono stati oggetto di relazione geologico-tecnica del 31/7/70 a firma dei Proff. Carmelo Maxia e Giuseppe Pecorini, corredata dalle carte geologiche dell'intero bacino e della stretta.

Le ultime indagini risalgono al 1991 e sono consistite nell'esecuzione di:

- n. 7 sondaggi geognostici a rotazione e a carotaggio continuo 101 mm, per complessivi m 257 circa di foro.
- n. 5 perforazioni a distruzione di nucleo, per complessivi m 175 di foro.
- Prove di assorbimento d'acqua e misure di livelli idrici in foro.
- Scavo di n. 4 trincee.
- n. 2 prove di carico su piastra all'aperto, con martinetto e dispositivo di contrasto a tiranti.

c) Condizioni geologiche della sede d'imposta

La formazione cambriana è rappresentata da arenarie fini e siltiti, micacee e scistose, grigie con patine ferruginose, in strati verticali o quasi, diretti quasi parallelamente all'asse-diga.

Rilevante è la sottigliezza dei singoli strati. La sismica di superficie lungo-banco ha fatto registrare velocità di 3,3-4,4 Km/s a 5-10 m dal piano di campagna. I tiri di velocità, lungo banco ed obliqui, valori di 3-3,5 Km/s e anche meno. Le percentuali di ricupero al carotaggio devono essere considerate molto soddisfacenti, considerata la verticalità degli strati.

La sezione si presta pertanto alla costruzione di una diga in calcestruzzo.

La tenuta idraulica della sezione di sbarramento è assicurata naturalmente dalla favorevole disposizione dei piani di stratificazione, tale da rendere superflua la progettazione di un vero e proprio schermo di iniezioni, che comunque potrà essere realizzato con ampia spaziatura fra i fori.

Le prove Lugeon, infatti, vanno interpretate tenendo conto del fatto che la maggior parte degli assorbimenti si è necessariamente prodotta nella direzione della stratificazione non in direzione monte-valle. Del resto, di regola non si sono registrati valori superiori a 1 U.L. al di sotto dei 5 o 10 metri di profondità, fatto che rende sufficienti le iniezioni di cucitura della struttura alle fondazioni per garantire la tenuta di queste.

d) Tipo di diga

La verticalità e sottigliezza degli strati comportano una relativa deformabilità delle fondazioni sotto carichi verticali. Si prevede una struttura in calcestruzzo a gravità, immorsata per circa 5 metri nella roccia.

e) Materiali da costruzione

Non sono reperibili inerti per calcestruzzo nelle immediate vicinanze della diga.

Calcari cambriani sono approvvigionabili a Barbusi, ma la distanza di 13-14 Km pare eccessiva; altri si trovano a Ovest di Villamassargia nel Monte Ollastus, a 3 Km dalla diga, ma qui l'apertura di una cava potrebbe compromettere il funzionamento della grossa sorgente di Capodacqua. Sembra pertanto più confacente fare ricorso ai calcari o alle dolomie dei dintorni di Monte Funtana, serviti da strade, che distano circa 2 Km dalla diga in direzione SE, sempre che siano già autorizzate.

f) Tenuta idraulica del serbatoio

Il serbatoio è interamente contenuto nelle arenarie e siltiti del Cambriano, praticamente impermeabili già a pochi metri di profondità.

Ben incassato su tre lati, il serbatoio è separato dalla piana del Cixerri da diaframmi rocciosi impenetrabili, grazie alla ortogonalità degli strati rispetto ai percorsi di filtrazione più diretti.

g) Stabilità delle sponde

Le sponde del bacino d'invaso non sono molto acclivi; inoltre, è stata loro data una buona sistemazione idraulico-forestale. Di conseguenza, non sono da temere significativi fenomeni di instabilità in occasione dell'esercizio del lago artificiale.

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 2
 INTERVENTO O.1
 CODICE S49
 VOLUME 1 = 10,5 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	9.800	€2,50	€24.500,00
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	14.800	€4,13	€61.124,00
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	29.600	€12,91	€382.136,00
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggettamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	7.400	€15,49	€114.626,00
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	131.800	€78,88	€10.396.384,00
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	320	€163,14	€52.204,80
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	8.520	€59,72	€508.814,40
22b Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	2,24	€71.092,87	€159.248,03
21 Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00

23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1	€0,00	€659.000,00
----	---	---------	---	-------	-------------

STRADA D'ACCESSO ALLA DIGA

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	18.620	€52,89	€984.811,80
------	--	----	--------	--------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	21.000	€52,89	€1.110.690,00
------	--	----	--------	--------	---------------

26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	83	€8.352,01	€694.887,23
----	---	----	----	-----------	-------------

27	Opere di sistemazione	a corpo			€3.383.213,13
----	-----------------------	---------	--	--	---------------

28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€1.891.079,94
----	--------------------------------------	---------	--	--	---------------

	TOTALE		€20.801.879,33
--	--------	--	----------------

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 2
 INTERVENTO O.1
 CODICE S49
 VOLUME 2 = 5,3 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	7.500	€2,50	€18.750,00
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	11.400	€4,13	€47.082,00
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	22.800	€12,91	€294.348,00
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	5.700	€15,49	€88.293,00
11* Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	88.700	€78,88	€6.996.656,00
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	320	€163,14	€52.204,80
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	6.750	€59,72	€403.110,00
22b Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	1,20	€71.092,87	€85.311,44
21 Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23 Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1		€443.500,00

STRADA D'ACCESSO ALLA DIGA

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	12.565	€52,89	€664.562,85
------	--	----	--------	--------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	19.460	€52,89	€1.029.239,40
26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	57	€8.352,01	€479.405,37
27	Opere di sistemazione	a corpo			€2.393.993,79
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€1.337.561,67

TOTALE €14.713.178,32

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

INTERVENTO 02 - DIGA CALAMBRU

RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	4
- Intervento	O. 2
- Codice	S52

1.2 - SBARRAMENTO PROPOSTO

La sezione di sbarramento è ubicata sul Rio Calambro, nella stretta valliva formata dalle pendici di Pala 'e Sassu in destra e quelle di Su Peccadu in sinistra, a quota d'alveo 358 m s.m.

Lo sbarramento, che realizza una ritenuta massima di circa 56,20 m, è del tipo di pietrame con manto di tenuta disposto sul paramento di monte. Lo scarico di superficie del serbatoio, lo scarico di fondo, l'opera di presa e le opere di deviazione provvisoria sono ubicati in sponda destra.

La scelta di uno sbarramento in materiali sciolti è determinata dalle caratteristiche geomeccaniche delle formazioni: sono presenti soprattutto tufi teneri che, in fondovalle, sono ricoperti a una consistente coltre alluvionale.

E' stata proposta una diga in pietrame, anzichè in terra, perchè l'altezza della diga supera il limite regolamentare per uno sbarramento omogeneo impermeabile per il quale sarebbe disponibile in loco materiale da costruzione idoneo.

Del buon pietrame può tuttavia essere ricavato a non grande distanza.

Le caratteristiche geologiche della sezione di imposta e del bacino di invaso sono illustrate nella relazione geologica.

La quota di massimo invaso è stata fissata a 395,50 m s.m. potendosi realizzare un volume utile di regolazione di 51,5 Mmc.

Questa quota supera quella di una insellature, quella Bucca 'e Aidu in sinistra (quota 386 m s.m.).

In corrispondenza di detta sella è stata prevista una diga secondaria, di altezza massima di 18,0 m del tipo di terra omogenee impermeabili, costruita con le sabbie fini limose e limo argilloso locali.

Le opere di scarico superficiali sono costituite da una soglia libera sfiorante lunga 90 m, allo scopo di limitare il sovrizzo idrico a monte in concomitanza della massima prevedibile piena; le portate sfiorate sono raccolte in un collettore e quindi addotte nella vasca di

smorzamento a valle dello sbarramento principale attraverso un canalone all'aperto ricavato in sponda destra.

Anche le opere di deviazione provvisoria delle acque, lo scarico di fondo e le opere di derivazione sono disposte in destra dello sbarramento principale e si avvalgono di un'unica galleria, onde renderne minimo il costo.

1.3 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEI BACINI SOTTESI DALLA UTILIZZAZIONE

Il bacino diretto del Rio Calambro sotteso dallo sbarramento ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	44,4	kmq
- deflusso medio annuo	4,49	Mmc
- portata media annua	0,14	mc/s
- portata di massima piena	758	mc/s
- capacità di regolazione	51,5	Mmc

Il bacino allacciato del Rio Mannu di Ozieri (T54) sotteso a Palazzo Tribides ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	111,50	kmq
- deflusso medio annuo	13,24	Mmc
- portata media annua	0,42	mc/s

1.4 - CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

L'area d'invaso, che ricade nel territorio del Comune di Bonorva, interessa il fondo valle del Rio Calambro per uno sviluppo di circa 3 km.

Il serbatoio sommerge un'ampia varice di terreni coltivati e tratti di viabilità. La maggiore opposizione per la realizzazione del serbatoio proviene però dai proprietari della sorgente di acqua minerale S. Lucia, distante circa 2 km dallo sbarramento principale.

Immediatamente a monte della sezione di sbarramento è stata di fatto riscontrata la presenza di una faglia che si estende verso Ovest S.O. sino alla piana di S. Lucia e verso Est N.E. fino alle propaggini più settentrionali del Pranu Mannu.

Gli studi eseguiti fanno escludere perdite di apprezzabile entità delle acque di invaso, mentre segnalano la possibilità di inquinamento delle sorgenti minerali dello stabilimento di S. Lucia. Al fine di eliminare detta interferenza è stata prevista in progetto la impermeabilizzazione della zona dell'invaso interessata dalla faglia.

La zona d'invaso ricade in vulcaniti oligoceniche con fondovalle alluvionale. Le condizioni geologiche della stretta, considerati soprattutto il rilevante spessore delle alluvioni ed i bassi valori delle velocità sismiche, fanno sospettare un'argillificazione dei tufi con relativi problemi di aumento di compressibilità, che richiedono un importante intervento di stabilizzazione tramite chiodature.

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale.

- area a quota 364,00 m s.m. (massimo svaso)	36,2	ha
- area a quota 392,80 m s.m. (massima di regolazione)	330,1	ha
- area a quota 395,50 m s.m. (massimo invaso)	359,1	ha
- area a quota 400,00 m s.m. (limite d'esproprio)	396,4	ha
- volume acque morte	1,0	Mmc
- volume utile di regolazione	51,5	Mmc
- volume di laminazione	3,69	Mmc
- volume totale di invaso	56,19	Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1 – Diga

La sezione di sbarramento è di forma trapezoidale simmetrica in tufi di tipo trachitico, chiari, teneri, poco fessurati.

In fondovalle, le alluvioni sono rappresentate da sabbie fini con argilla in superficie e da sabbie rosse in alveo. Lo spessore rivelato dalle indagini sarebbe di 10 m ma al ponte esistente 230 m a valle della diga il tufo affiora in alveo.

Le caratteristiche geomeccaniche delle fondazioni non consentono l'adozione di una diga a gravità in calcestruzzo.

Data l'altezza dello sbarramento, superiore al limite consentito per una diga omogenea impermeabile per la quale esisterebbe localmente materiale da costruzione in abbondanza, la diga principale è stata prevista di pietrame con manto di tenuta sul paramento di monte.

Gli inerti per la confezione del corpo diga possono ricavarsi dai basalti di Cuiaru, ad una distanza di circa 4 km.

Il paramento di monte della diga ha una pendenza 2/1 per facilitare la posa del manto di tenuta, quello di valle ha una pendenza costante dell'1,5/1, ed è interrotto ogni 15 m da una banchina orizzontale larga 2,5 m.

La tenuta delle fondazioni è assicurata da un taglione sotto il muro d'unghia della diga e da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

Il manto di tenuta dello sbarramento si imposta alla base sul citato muro d'unghia in calcestruzzo che, nella zona d'alveo, ha anche funzione di manufatto di deviazione delle acque in fase di costruzione dello sbarramento.

Nel corpo del muro d'unghia è ricavato il cunicolo di controllo e raccolta delle eventuali perdite del paramento e delle filtrazioni attraverso lo schermo di tenuta.

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di circa 240 m e ciglio a quota 400,00, con un franco di 3,60 m sul livello di massimo invaso (395,50) incrementato dell'altezza della semionda (0,90 m).

E' inoltre prevista una diga secondaria in sponda sinistra in corrispondenza della sella di Bucca 'e Aidu (q.386 m s.m), ha il coronamento a quota 400,00 m s.m.

Data la modesta altezza, la diga secondaria è stata prevista del tipo di terra omogenee impermeabile, utilizzando per la sua costruzione le sabbie fini limose e limo-argillose del bacino d'invaso.

Il volume della diga principale è di 491.224 mc di pietrame; quello delle diga secondaria di 109.950 mc di terra.

1.5.2 - Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito da una soglia fissa trascinabile lunga 90 m, con ciglio a quota 392,80 ubicata in sponda destra a ridosso dello sbarramento principale. Non è stata utilizzata la sella di Badde Mela, in sponda destra dello sbarramento, per ubicare lo scarico di superficie per ragioni di ricettività dell'alveo.

Le acque sfiorano in un collettore con fondo a quota 382,80 m s.m., la cui ristretta sezione terminale ha funzione di controllo, localizzando il passaggio del regime idraulico da corrente lenta a corrente veloce.

Al collettore segue un ripido canalone largo 15 m e lungo 220 m alla cui base è disposta la vasca di dissipazione dell'energia delle acque scaricate.

La vasca, larga 35 m e lunga 55 m, è incassata di 6,50 m rispetto alla soglia terminale.

Alla quota di massimo invaso del serbatoio (395,50 m) sfiorano al di sopra della soglia dello scarico di superficie 758 mc/s, portata di colmo della massima prevedibile piena del Rio Calambru.

1.5.3 - Scarico di fondo

E' costituito da una galleria lunga 480 m a sezione circolare, Ø 7 m, che aggira in destra il rilevato della diga sboccando nella vasca di dissipazione dello scarico di superficie anzidescritta.

Lo scarico di fondo è intercettato da due paratoie piane, da m 1,30 x 1,60 con asse a quota 357 circa, disposte in una camera di manovra raggiungibile attraverso un pozzo con accesso dal piazzale in destra diga.

Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 314,7 mc/s.

1.5.4 - Deviazione provvisoria

Durante la costruzione della diga le portate del Rio Calambru saranno deviate attraverso la galleria dello scarico di fondo.

Il muro d'unghia in calcestruzzo della diga è stato previsto con ciglio a quota 369,00 e proteggerà il cantiere retrostante consentendo, prima di essere tracimato, la deviazione di 265 mc/s.

1.5.5 - Opere di derivazione delle acque invasate

Sono costituite da una tubazione in acciaio disposta sotto la galleria dello scarico di fondo, inglobata nel rivestimento in calcestruzzo.

La derivazione delle acque potrà avvenire attraverso una bocca di presa nella galleria di detto scarico subito a monte delle paratoie di intercettazione (*).

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

tipo dello sbarramento principale	di pietrame con manto di tenuta
- quota più depressa dell'alveo	358,00 m s.m.
- quota coronamento	400,00 m s.m.
- quota più depressa delle fondazioni	353,00 m s.m.
- altezza della diga	42,00 m
- sviluppo del coronamento	240,00 m
- volume della diga principale	491.224 Mmc
- quota massima di regolazione	392,50 m s.m.
- quota di massimo invaso	395,50 m s.m.
- altezza di massima ritenuta	37,5 m
- quota di massimo svaso	364,00 m s.m.
- volume acque morte	1,0 Mmc

- volume utile di regolazione	51,5	Mmc
- volume di laminazione	3,69	Mmc
- volume totale di invaso	56,19	Mmc

(*)

Il livello di massimo svasso praticamente lambisce il cielo della galleria dello scarico di fondo. Dovendo poter regolare il serbatoio fino a quote così basse, la bocca di presa non è stata prevista sull'imbocco dello scarico, come nel progetto di prefattibilità di altri serbatoi.

- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	359,13 ha
- volume medio annuo affluito	13,44 Mmc
- volume medio annuo sfiorato	0,5 Mmc
- portate massime:	
scarico di superficie	758 mc/s
scarico di fondo	314,7 mc/s
deviazione provvisoria	265,5 mc/s

1.7 - STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione pari a 51,5 Mmc e 27,9 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 51,5 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 53.122.478 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

Il profilo della stretta del Rio Calambru è trapezio e leggermente asimmetrico, con fianco destro inclinato di circa 25° e fianco sinistro un po' più acclive e reso localmente più ripido dall'affiorare di una bancata lavica dai tufi.

Il bacino d'invaso si bipartisce nelle varici di più antica escavazione, di Frailes e di Bucca 'e Aidu.

Il trasporto solido del Rio Calambru, interamente ospitato in vulcaniti oligoceniche, è trascurabile, sia per la saldezza delle formazioni incise, sia per la densa forestazione delle pendici

b) Indagini precedenti

Per molti anni il serbatoio del Calambru a Mamui, unitamente a quello del Buttule a Tribides, è stato oggetto di indagini geognostiche, promosse dal Consorzio di Bonifica di San Saturnino.

Nel 1984 è stata eseguita anche una campagna di prospezioni sismiche.

c) Condizioni geologiche della sede d'imposta

La formazione a vulcaniti presente è costituita in prevalenza da tufi latiandesitici di colore chiaro, teneri, poco fratturati.

A mezza costa si inserisce nei tufi una analoga bancata lavica orizzontale, di circa 30 m di spessore.

La permeabilità dei tufi è bassa in fondovalle, fino a 30-35 m dalla superficie; è oltre il limite di accettabilità in sinistra; migliore in destra. Le lave sono più permeabili.

Le succitate condizioni geologiche della stretta non sembrano favorevoli alla progettazione di una sia pur modesta diga in calcestruzzo, considerati soprattutto il rilevante spessore delle alluvioni ed i bassi valori delle velocità sismiche, che fanno sospettare un'argillificazione dei tufi che ne aumenterebbe la compressibilità.

d) Tipo di diga

E' da prevedere uno sbarramento in materiali sciolti, dotato di diaframma subalveo e schermo di iniezioni.

e) Materiali da costruzione

Le sabbie fini limose e limo-argillose che fiancheggiano il Calambro e rivestono il fondo del bacino d'invaso potrebbero essere impiegate come terre impermeabili per rilevato omogeneo. La loro estrazione non lascerebbe tracce, in quanto le cave di prestito verrebbero sommerse dal serbatoio.

Per pietrame da rockfill si può fare ricorso al basalto del Monte Cuiaru, a circa 4 Km di distanza.

f) Tenuta idraulica del serbatoio

I tratti di sponda in cui, a seconda dei livelli d'invaso, si riscontrano più o meno brevi percorsi di filtrazione di eventuali perdite dal serbatoio si trovano nell'intorno delle selle di Bucca e Aidu e di Badde Mela.

Si tratta in di sponde in tufi, la cui impermeabilità è pressochè garantita. Il problema principale connesso con la tenuta idraulica del serbatoio è tuttavia un altro. A poca distanza dalla stretta e a poco più di 1 Km dalla sella di Bucca e Aidu' esiste la sorgente di acqua minerale "Santa Lucia", a quota 379, con annesso stabilimento di imbottigliamento.

Attraverso l'invaso, con direzione E-SW, passa nelle vulcaniti una faglia che interessa anche la zona della sorgente. Nel sottosuolo della sezione d'imposta della diga, in corrispondenza di un livello lavico fessurato e permeabile, c'è acqua tiepida in pressione, in verosimile connessione con la faglia e di composizione analoga a quella dell'acqua minerale. In queste condizioni idrogeologiche è tutt'altro che da escludere una sia pur minima possibilità di interferenza tra il serbatoio e la sorgente S. Lucia.

g) Stabilità delle sponde

I fianchi dei rilievi che determinano la stretta di Mamui sono rivestiti a tratti da una potente coltre detritica a componente argillosa, che potrebbe mobilitarsi in occasione dell'esercizio del serbatoio.

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 4
 INTERVENTO O2
 CODICE S52
 VOLUME 1 = 51,5 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	144.224	€2,50	€360.560,63
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	7.591	€12,91	€97.996,58
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	26.976	€15,49	€417.858,24
8* Formazione di rilevato in pietrame (Rock-fill) proveniente da cava di prestito con curva granulometrica prefissata dalla Direzione Lavori come pure il grado di compattazione, compreso il filtro e la sistemazione a mano, la preparazione del paramento di monte per la posa per il manto di impermeabilizzazione, la strada di coronamento e le protezioni	mc	491.224	€8,38	€4.114.520,47
16 Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	14.639	€81,10	€1.187.206,68
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	53.982	€61,97	€3.345.289,33

20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	11.200	€59,72	€668.864,00
SCARICO DI SUPERFICIE E VASCA DI DISSIPAZIONE					
1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	79.500	€2,50	€198.750,00
13	Cls per c.a. compreso ferro e cassoforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	36.242	€206,00	€7.465.877,75
SCARICO DI FONDO E PRESA					
4	Scavo in galleria o sotterraneo o pozzo con tutti gli oneri di cui ai numeri precedenti compreso le armature anche a cassa chiusa, il marinaggio, l'uso continuo di pompe, i provvedimenti protettivi conseguenti a venute di gas, l'impiego di centine metalliche, la ventilazione, la illuminazione	mc	26.390	€92,96	€2.453.214,40
14	Cls per c.a., compreso ferro e casseforme, posto in opera in galleria	mc	6.686	€249,55	€1.668.570,16
15	Cls per galleria spruzzato (sprit beton)	mc	2.229	€189,58	€422.530,60
22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	4,16	€71.092,87	€295.746,34
DIGHE SECONDARIE					
1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	53.040	€2,50	€132.600,00
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	2.640	€12,91	€34.082,40

3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggettamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	14.950	15,49	€231.575,50
6*	Formazione di argini e rilevati con materiali alluvionali provenienti da cave di prestito anche frantumati con caratteristiche geometriche e granulometriche opportunamente studiate, compresa la compattazione, la sistemazione dei paramenti di valle con terra e roccia sistemato a mano, la strada di coronamento e le protezioni	mc	109.954	9,298123521	€1.022.369,13
16	Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	6.054	€81,10	€491.015,90
13	Cls per c.a. compreso ferro e cassoforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	7.082	€163,14	€1.155.324,85
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	6.600	€59,72	€394.152,00
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1		€419.090,55

STRADA D' ACCESSO

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	18.704	€114,16	€2.135.242,79
------	--	----	--------	---------	---------------

24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	1.280	€279,45	€357.702,18
------	--	----	-------	---------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	31.800	€39,92	€1.269.523,36
------	--	----	--------	--------	---------------

VARIANTE SS

18b*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade provinciali e statali	mq	47.282	€67,33	€3.183.277,55
------	---	----	--------	--------	---------------

24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	238	€621,87	€147.693,79
------	--	----	-----	---------	-------------

25	Indennità di esproprio per edifici presenti nell'area di invaso, case rurali, stalle, etc., vuoto per pieno	mc	3.600	€142,19	€511.884,00
----	---	----	-------	---------	-------------

26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	396	€8.352,01	€3.310.736,76
----	---	----	-----	-----------	---------------

27	Opere di sistemazione	a corpo			€10.420.745,99
----	-----------------------	---------	--	--	----------------

28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€4.829.316,19
----	--------------------------------------	---------	--	--	---------------

TOTALE					€53.122.478,13
--------	--	--	--	--	----------------

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 4
 INTERVENTO O2
 CODICE S52
 VOLUME 2 = 27.9 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	110.694	€2,50	€276.735,00
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	5.826	€12,91	€75.213,66
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	20.281	€15,49	€314.152,69
8* Formazione di rilevato in pietrame (Rock-fill) proveniente da cava di prestito con curva granulometrica prefissata dalla Direzione Lavori come pure il grado di compattazione, compreso il filtro e la sistemazione a mano, la preparazione del paramento di monte per la posa per il manto di impermeabilizzazione, la strada di coronamento e le protezioni	mc	287.769	€8,38	€2.410.370,89
16 Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	11.628	€81,10	€943.030,80
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	46.222	€61,97	€2.864.403,99
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	9.590	€59,72	€572.714,80

SCARICO DI SUPERFICIE E VASCA DI DISSIPAZIONE

1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	72.110	€2,50	€180.275,00
13	Cls per c.a. compreso ferro e cassoforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	32.085	€206,00	€6.609.510,00

SCARICO DI FONDO E PRESA

4	Scavo in galleria o sotterraneo o pozzo con tutti gli oneri di cui ai numeri precedenti compreso le armature anche a cassa chiusa, il marinaggio, l'uso continuo di pompe, i provvedimenti protettivi conseguenti a venute di gas, l'impiego di centine metalliche, la ventilazione, la illuminazione	mc	30.030	€92,96	€2.791.588,80
14	Cls per c.a., compreso ferro e casseforme, posto in opera in galleria	mc	8.274	€249,55	€2.064.776,70
15	Cls per galleria spruzzato (sprit beton)	mc	2.758	€189,58	€522.861,64
22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	2,60	€71.092,87	€184.841,46

DIGHE SECONDARIE

1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	30.288	€2,50	€75.720,00
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	2.000	€12,91	€25.820,00
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggettamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	7.729	15,49	€119.722,21
6*	Formazione di argini e rilevati con materiali alluvionali provenienti da cave di prestito anche frantumati con caratteristiche geometriche e granulometriche opportunamente studiate, compresa la compattazione, la sistemazione dei paramenti di valle con terra e roccia sistemato a mano, la strada di coronamento e le protezioni	mc	26.250	9,298123521	€244.079,93

16	Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	3.816	€81,10	€309.439,48
13	Cls per c.a. compreso ferro e cassoforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	5.365	€163,14	€875.246,10
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	5.000	€59,72	€298.600,00
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1		€238.615,07

STRADA D' ACCESSO

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	18.704	€114,16	€2.135.242,79
------	--	----	--------	---------	---------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	31.800	€39,92	€1.269.523,36
------	--	----	--------	--------	---------------

VARIANTE STRADALE

18b*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade provinciali e statali	mq	42.361	€67,33	€2.851.965,97
24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	238	€621,87	€147.693,79
25	Indennità di esproprio per edifici presenti nell'area di invasione, case rurali, stalle, etc., vuoto per pieno	mc	3.600	€142,19	€511.884,00

26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	315	€8.352,01	€2.633.889,87
27	Opere di sistemazione	a corpo			€6.889.256,30
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€3.881.633,43

TOTALE €42.697.967,73

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

INTERVENTO 03 - DIGA CONTRA RUJA

RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	5
- Intervento	O. 3
- Codice	S51

1.2 - SBARRAMENTO PROPOSTO

La sezione di sbarramento è prevista sul Rio Mannu, in contrada Contra Ruja ove la valle, subito dopo la confluenza del Rio Pischine, si stringe notevolmente assumendo caratteristiche morfologiche alquanto favorevoli.

Essa risulta circa 4 km a sud di Benetutti tra i rilievi piuttosto acclivi di Mundrigu e Sa Cantoniera (in destra) e di Contra Amedaris (in sinistra).

La quota di massimo invaso è stata limitata a quota 363,75 m s.m. per la presenza, sulle quote più alte, di terreni molto permeabili, sia sulla sponda destra che sulla sponda sinistra, che richiederebbero onerosi interventi di impermeabilizzazione.

Tale limitazione di quota consente di regolare i deflussi del Rio Mannu e del bacino allacciato.

Lo sbarramento è previsto del tipo in materiali sciolti con manto di tenuta sul paramento di monte, avente altezza massima di 53 m.

La scelta di tale tipologia deriva dai risultati delle indagini geofisiche e geognostiche eseguite nella zona dello sbarramento dalle quali risulta sconsigliabile l'impostazione di uno sbarramento di tipo rigido (maggiori dettagli sono riportati nella relazione geologica).

La quota di massimo invaso è fissata a quota 363,75 m s.m. alla quale corrisponde una capacità complessiva di 31,8 Mmc e un volume utile di regolazione di 25,0 Mmc.

Lo scarico di superficie, ubicato in sponda sinistra, è costituito da uno sfioratore a becco d'anatra e da un canale fugatore delle portate di piena che termina con un adeguato dispositivo di dissipazione.

Anche le opere di deviazione provvisoria delle acque, lo scarico di fondo e le opere di derivazione sono disposte in sinistra e si avvalgono di un'unica galleria, onde renderne minimo il costo.

1.3 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLO SBARRAMENTO

Il bacino sotteso ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	91,7	kmq
- deflusso medio annuo	9,68	Mmc
- portata media annua	0,31	mc/s
- portata di massima piena	1197	mc/s
- capacità di regolazione	31,8	Mmc

L'invaso del Rio Mannu a Contra Ruja conterrà anche i deflussi provenienti dal limitrofo bacino del Rio Minore, allacciato al primo.

Le caratteristiche del bacino del Rio Minore (T56) alla sezione di presa sono:

- bacino imbrifero	25,7	kmq
- deflusso medio annuo	2,53	Mmc
- portata media annua	0,08	mc/s

L'utilizzazione complessiva comporta dunque:

- bacino complessivo	117,4	kmq
- deflusso medio annuo	12,21	Mmc
- portata media annua	0,39	mc/s

1.4 - CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

L'area d'invaso ricade interamente nel Comune di Benetutti e non interessa centri abitati né insediamenti di interesse storico o archeologico.

La tenuta è assicurata dalla natura delle rocce interessate, e la stabilità delle sponde è ovunque buona.

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale.

- area a quota 326,00 m s.m. (massimo svaso)	28,0 ha
- area a quota 361,00 m s.m. (massima di regolazione)	174,0 ha
- area a quota 363,75 m s.m. (massimo invasore)	192,0 ha

- area a quota 358,00 m s.m. (limite d'esproprio)	200,0 ha
- volume acque morte	1,8 Mmc
- volume utile di regolazione	25,0 Mmc
- volume di laminazione	5,0 Mmc
- volume totale di invaso	31,8 Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1 – Diga

Lo sbarramento proposto è del tipo in materiali sciolti (rockfill) con manto di tenuta sul paramento di monte.

L'asse della diga risulta leggermente arcuato verso l'invaso per ottenere un migliore adattamento alla morfologia locale.

Per il corpo diga si prevede l'impiego di materiale granitico, il manto di tenuta sarà da realizzare con conglomerato bituminoso.

L'approvvigionamento del pietrame è previsto dalla zona di cava a sud di C. Mulas Cherchi a circa due chilometri dallo sbarramento.

Per la tenuta in fondazione si eseguirà un cunicolo al piede del manto dal quale si realizzerà un esteso schermo di iniezioni prolungato per lunghi tratti sia in destra che in sinistra.

Lo scarico di superficie è costituito da uno sfioratore situato in sinistra, a lato del rilevato di sbarramento; lo scarico di fondo è in galleria, anch'esso in sinistra.

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di 365 m e ciglio a quota 368.00, con un franco di 3,50 m sul livello di massimo invaso (363.75), incrementato dell'altezza della semionda.

Il volume della diga è di 1.200.000 mc di pietrame.

1.5.2 - Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è ubicato in sponda sinistra, a fianco dello sbarramento, ed è costituito da una soglia libera a "becco d'anatra" che versa in un canale collettore.

Segue un canale fugatore all'aperto che si sviluppa con tracciato rettilineo lungo la sponda e termina con una adeguata vasca di dissipazione, incassata di 10,50 m rispetto alla quota d'alveo.

La soglia sfiorante, con ciglio alla quota di ritenuta normale 361,00 m s.m. ha uno sviluppo di circa 140 m.

Il canale con larghezza al fondo di 20 m ha uno sviluppo di 332 m.

L'opera è dimensionata per scaricare, con sovrizzo di 2,75 m, una portata di piena prevista con colmo a 1197 mc/s.

1.5.3 - Scarico di fondo

Lo scarico di fondo, anch'esso ubicato in sponda sinistra, è costituito da una galleria circolare DN 4,80 m in leggera pendenza per uno sviluppo di circa 600 m.

La galleria è provvista di un imbocco a pipa con ciglio a quota 320,00 m s.m. ed immette nella stessa vasca di dissipazione dello scarico di superficie.

L'intercettazione è assicurata da due paratoie piane da 0,7 x 1,40 m alloggiate in apposito pozzo.

Durante la costruzione dello sbarramento, la galleria di fondo, senza l'installazione delle paratoie, verrà utilizzata per la deviazione provvisoria dei deflussi. Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 21,2 mc/s.

1.5.4 Deviazione provvisoria

Durante la costruzione dello sbarramento la funzione di avandiga sarà esercitata dal cunicolo perimetrale della diga, che in zona alveo assume la conformazione di un robusto muro di ritenuta con ciglio a quota 320 m s.m. e altezza massima di 15 m.

Le portate verranno fatte defluire dalla galleria di fondo che consentirà la deviazione di 420 mc/s.

1.5.5 - Opere di derivazione delle acque invasate

Si può ipotizzare che l'opera di presa è costituita da una condotta d'acciaio annegata nel getto di calcestruzzo sotto l'arco rovescio della galleria dello scarico di fondo.

La bocca di presa potrà essere prevista sopra l'imbocco dello scarico di fondo oppure direttamente nella galleria subito a monte delle paratoie dello stesso scarico di fondo.

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

- tipo dello sbarramento	di pietrame con manto di tenuta
- quota più depressa dell'alveo	320,00 m s.m.

- quota coronamento	368,00 m s.m.
- quota più depressa delle fondazioni	315,00 m s.m.
- altezza della diga	53,00 m
- sviluppo del coronamento	365,00 m
- volume della diga	1.200.000 mc
- quota massima di regolazione	361,00 m s.m.
- quota di massimo invaso	363,75 m s.m.
- altezza di massima ritenuta	43,75 m
- quota di massimo svaso	326,00 m s.m.
- volume acque morte	1,8 Mmc
- volume utile di regolazione	25,0 Mmc
- volume di laminazione	5,0 Mmc
- volume totale di invaso	31,8 Mmc
- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	192,0 ha
- volume medio annuo affluito	12,08 Mmc
- volume medio annuo sfiorato	5,11 Mmc
- portate massime:	
scarico di superficie	1197 mc/s
scarico di fondo	150 mc/s
deviazione provvisoria	21,2 mc/s

1.7 - STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione di 25,0 Mmc e 12,5 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 25,0 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 41.570.477,94 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

La stretta valliva di del Rio Mannu di Benetutti a Contra Ruja ha profilo simmetrico e triangolare, con fondo valle di ampiezza molto limitata a quota 305 circa e fianchi inclinati di una quindicina di gradi, forte è il contrasto morfologico tra il versante sinistro, rivestito da blocchi granitici, un tempo circoscritti da fasce di arenizzazione ed ora isolati o dislocati, e quello destro, dove il pendio mostra emergenze granitiche solo verso il piede, mentre più in alto è liscio e privo di affioramenti fin quasi alla sommità, ricoperta da formazioni trachandesitiche. La disparità morfologica fra i versanti è di origine litologica, essendo quello destro costituito verso l'alto anche da tufi piroclastici teneri, che sormontano depositi ghiaiosi e limosi pre-vulcanici di vario spessore, anche di decine di metri, adagiati su granito in parte arenizzato.

La portata solida del Rio Mannu, malgrado la diffusa arenizzazione del predominante granito, è irrilevante grazie alla maturità delle forme del rilievo, alla limitata acclività dei pendii ed alla diffusa forestazione.

b) Indagini precedenti

Negli anni 1962-64, 1973-75 e 1979-80 sono state eseguite indagini geologiche e geofisiche in tre diverse sezioni della stretta.

I risultati delle ultime indagini, con l'assistenza dello scrivente, abbastanza esaurienti, sono stati oggetto di relazione geologica del dicembre 1983, a firma del Prof. Giuseppe Pecorini.

c) Condizioni geologiche della sede d'imposta

Il granito, in spalla destra, ha grana medio-grossa, con feldspati centimetrici. La copertura alluvionale sabbio-ghiaiosa, con grandi massi, ha spessore di pochi metri. Sotto di essa il granito ha fatto registrare velocità sismiche da 4,1 a 4,5 Km/s, denotando peraltro la presenza di una discontinuità (faglia direttrice del tratto vallivo) caratterizzata da velocità di 1,4-2 Km/s.

Lo stato di fratturazione e l'arenizzazione, guidata dalle litoclasti verticali dirette EW e NS, cioè anche ortogonali all'asse-diga, rendono il granito leggermente permeabile, con assorbimenti d'acqua per lo più compresi fra 1 e 3 U.L.

Le cementazioni sperimentali hanno richiesto bassi consumi (in media 0,5 q.li/m), ma fornito esito insoddisfacente per la ristrettezza delle vie di percolazione.

Sono state pertanto consigliate le iniezioni chimiche.

In spalla destra, i depositi ghiaiosi pre-vulcanici, di scettamente cementati, appaiono a quota 346 circa e cessano verso quota 374, dove sono ricoperti prima da tufi pomicei, poi da lave latandesitiche fessurate. Il complesso vulcanitico si presenta fortemente inclinato verso l'interno della spalla e verso monte, abbassandosi pertanto anche al di sotto del livello di

massimo invaso. La sua tenuta idraulica è tuttavia discreta, essendo i tufi impermeabili e le lave dotate di buona compattezza e generalmente capaci di assorbimenti inferiori all'unità Lugeon.

I conglomerati della sezione d'imposta supporteranno battenti di pochi metri. Sono pertanto affidabili dal punto di vista della tenuta idraulica.

d) Tipo di diga

Non è esclusa la possibilità di progettare una diga in calcestruzzo, tenuto conto delle seguenti considerazioni:

che le alluvioni di fondovalle ed i blocchi superficiali dei versanti andrebbero comunque rimossi dalle fondazioni;

che il conglomerato in spalla destra che sarebbe necessario sbancare non è molto potente e si adagia su un substrato granitico suborizzontale;

che inoltre l'arenizzazione probabilmente si approfondisce solo in corrispondenza delle principali fratture e della faglia di fondovalle, a cavallo delle quali, adeguatamente sottoscavate ed intasate, sarebbe possibile fondare conci su base armata;

che, infine, l'onere dello scarico di superficie risulterebbe notevole in caso di diga non trascinabile.

Uno sbarramento in rockfill, l'unico tipo immaginabile in considerazione dei materiali sciolti disponibili, richiede infatti un lungo canale fugatore per le acque di sfioro, stanti gli andamenti "a rientrare" delle vallecicole più prossime e l'erodibilità del granito parzialmente arenizzato.

In ogni caso, allo stato attuale delle conoscenze, la progettazione di una diga in rockfill è più prudentiale. La diga richiederà comunque scavi della profondità media di 5 metri e la realizzazione di un velo di iniezioni chimiche.

e) Materiali da costruzione

L'inerte per calcestruzzi ed il pietrame per rockfill Potranno venir estratti dalle pendici sovrastanti Casa Mulas Cherchi. La cava disterebbe circa 2 Km dalla diga.

f) Tenuta idraulica del serbatoio

I percorsi di filtrazione attraverso fasce arenizzate o fratturate del granito, anche in corrispondenza delle zone più depresse del perimetro d'invaso, sembrano sufficientemente estesi per rendere insignificanti le perdite.

g) Stabilità delle sponde

Non è escluso che qualche catasta di massi granitici possa rendersi instabile per effetto degli invasi e degli svassi.

Si tratterà comunque di fenomeni che interesseranno masse di limitata cubatura. Per il resto, non sono prevedibili distacchi di più ampie proporzioni, considerata anche la moderata acclività dei pendii bagnati dal serbatoio.

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 5
 INTERVENTO 0.3
 CODICE S51
 VOLUME 1 = 25 Mmc

	VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	350.000	€2,50	€875.000,00
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	18.000	€12,91	€232.380,00
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggettamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	53.200	€15,49	€824.068,00
8	Formazione di rilevato in pietrame (Rock-fill) proveniente da cava di prestito con curva granulometrica prefissata dalla Direzione Lavori come pure il grado di compattazione, compreso il filtro e la sistemazione a mano, la preparazione del paramento di monte per la posa per il manto di impermeabilizzazione, la strada di coronamento e le protezioni	mc	1.200.000	€7,49	€8.988.000,00
11	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	30.000	€61,97	€1.859.100,00
16	Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	31.000	€81,10	€2.514.100,00
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	16.000	€59,72	€955.520,00

SCARICO DI SUPERFICIE

1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	135.000	€2,50	€337.500,00
---	--	----	---------	-------	-------------

13bis	Cls c.s ma debolmente armato per scarico di superficie, canale di scarico e vasca di dissipazione	mc	31.000	€145,05	€4.496.550,00
-------	---	----	--------	---------	---------------

SCARICO DI FONDO E PRESA

4	Scavo in galleria o sotterraneo o pozzo con tutti gli oneri di cui ai numeri precedenti compreso le armature anche a cassa chiusa, il marinaggio, l'uso continuo di pompe, i provvedimenti protettivi conseguenti a venute di gas, l'impiego di centine metalliche, la ventilazione, la illuminazione	mc	19.900	€92,96	€1.849.904,00
---	---	----	--------	--------	---------------

14	Cls per c.a., compreso ferro e casseforme, posto in opera in galleria	mc	6.650	€249,55	€1.659.507,50
----	---	----	-------	---------	---------------

15	Cls per galleria spruzzato (spritzz beton)	mc	1.950	€189,58	€369.681,00
----	--	----	-------	---------	-------------

22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	2,00	€71.092,87	€142.185,74
-----	--	----	------	------------	-------------

21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
----	---------------------------------	----	-------	---------	-------------

23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1		€720.000,00
----	---	---------	---	--	-------------

STRADA D'ACCESSO ALLA DIGA

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	10.495	€37,92	€397.974,19
-----	--	----	--------	--------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	29.562	€37,92	€1.120.991,04
-----	--	----	--------	--------	---------------

26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	227	€8.352,01	€1.895.906,27
----	---	----	-----	-----------	---------------

ALLACIAMENTO RIO MINORE

	Opere di presa	a corpo	1	€758,32	€758,32
1	(Canale di derivazione). Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	24.000	€2,50	€60.000,00
13	Cls per c.a. compreso ferro e cassoforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	8.500	€163,14	€1.386.690,00
27	Opere di sistemazione	a corpo			€4.659.746,41
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€3.484.972,25
				TOTALE	€39.209.694,72

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 5
 INTERVENTO 0.3
 CODICE S51
 VOLUME 2 = 12,5 Mmc

	VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	264.000	€2,50	€660.000,00
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	17.000	€12,91	€219.470,00
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggettamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	40.000	€15,49	€619.600,00
8	Formazione di rilevato in pietrame (Rock-fill) proveniente da cava di prestito con curva granulometrica prefissata dalla Direzione Lavori come pure il grado di compattazione, compreso il filtro e la sistemazione a mano, la preparazione del paramento di monte per la posa per il manto di impermeabilizzazione, la strada di coronamento e la protezioni	mc	650.000	€7,49	€4.868.500,00
11	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	27.000	€61,97	€1.673.190,00
16	Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	22.600	€81,10	€1.832.860,00
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	14.200	€59,72	€848.024,00

SCARICO DI SUPERFICIE

1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	135.000	€2,50	€337.500,00
13bis	Cls c.s ma debolmente armato per scarico di superficie, canale di scarico e vasca di dissipazione	mc	31.000	€145,05	€4.496.550,00

SCARICO DI FONDO E PRESA

4	Scavo in galleria o sotterraneo o pozzo con tutti gli oneri di cui ai numeri precedenti compreso le armature anche a cassa chiusa, il marinaggio, l'uso continuo di pompe, i provvedimenti protettivi conseguenti a venute di gas, l'impiego di centine metalliche, la ventilazione, la illuminazione	mc	19.900	€92,96	€1.849.904,00
14	Cls per c.a., compreso ferro e casseforme, posto in opera in galleria	mc	6.650	€249,55	€1.659.507,50
15	Cls per galleria spruzzato (sprit beton)	mc	1.950	€189,58	€369.681,00
22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	1,00	€71.092,87	€71.092,87
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1		€390.000,00

STRADA D'ACCESSO ALLA DIGA

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	9.884	€50,00	€494.200,00
-----	--	----	-------	--------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	24.898	€37,92	€1.244.920,00
25	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	175	€8.352,01	€1.461.601,75

ALLACIAMENTO RIO MINORE

	Opere di presa	a corpo	1	€758,32	€758,32
1	(Canale di derivazione). Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	24.000	€2,50	€60.000,00
13	Cls per c.a. compreso ferro e cassoforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	8.500	€163,14	€1.386.690,00
26	Opere di sistemazione	a corpo			€3.738.481,42
27	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€2.800.169,09
				TOTALE	€31.461.859,94

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

INTERVENTO 04 - DIGA OLLASTU

RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	6
- Intervento	O. 4
- Codice	S50

1.2 SBARRAMENTO PROPOSTO

La sezione di sbarramento è ubicata sul Rio Ollastu, immediatamente a monte della confluenza col Rio Picocca.

Lo sbarramento, di altezza massima sul fondo alveo di circa 69 m è in calcestruzzo del tipo a gravità ordinaria trascinabile, con vasca di smorzamento delle portate sfiorate disposta al piede di valle della diga.

Le caratteristiche geologiche della sede di imposta e del bacino di invaso sono illustrate nella relazione geologica.

La quota di massimo invaso è stata fissata a 108,00 m s.m., sufficiente per realizzare un invaso di oltre 70 Mmc, di cui 67,6 Mmc utili di regolazione.

Le opere di scarico superficiali sono costituite da tre soglie libere sfioranti di sviluppo tale da limitare a 9,2 m il tirante idrico di sfioro in concomitanza della massima prevedibile piena.

Anche le opere di deviazione provvisoria delle acque, lo scarico di fondo e le opere di derivazione sono disposte in corpo diga onde renderne minimo il costo.

1.3 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLO SBARRAMENTO

Il bacino del Rio Ollastu sotteso dallo sbarramento ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	119,93 kmq
- deflusso medio annuo	7,57 Mmc
- portata media annua	0,241 mc/s
- portata di massima piena	1424,0 mc/s
- capacità di regolazione	67,6 Mmc

Si è previsto il collegamento all'invaso di Ollastu delle acque captate da una traversa sul Rio Cannas a Bruncu S'Ilixedda (T60),

Il bacino totale allacciato ha le seguenti caratteristiche

- bacino imbrifero	184,55 kmq
- deflusso medio annuo	19,41 Mmc
- portata media annua	0,615 mc/s

1.4 - CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

L'area d'invaso, che ricade nel territorio dei Comuni di Burcei e S.Vito, interessa il Rio Ollastu per uno sviluppo di circa 8 km.

Il serbatoio insiste sul granito, con molti filoni di porfido e porfiriti, con scarse alluvioni attuali, limitate soprattutto al basso Ollastu, ma con falde detritiche conoidi e terrazzi alluvionali antichi sulle sponde, di stabilità non sempre assicurata.

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale.

- area a quota 53,00 m s.m. (massimo svaso)	23,32 ha
- area a quota 107,00 m s.m. (massima di regolazione)	268,10 ha
- area a quota 108,00 m c. (massimo invaso)	283,90 ha
- area a quota 110,50 m s.m. (limite d'esproprio)	289,00 ha
- volume acque morte	1,20 Mmc
- volume utile di regolazione	67,60 Mmc
- volume di laminazione	2,65 Mmc
- volume totale di invaso	71,45 Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1 - Diga

La morfologia della sezione di imposta e le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni in essa affioranti indirizzano la scelta sulla soluzione in calcestruzzo trascinabile del tipo a gravità ordinaria.

Gli inerti per la confezione dei calcestruzzi potranno ricavarsi da una vicina cava di graniti.

Il paramento di monte della diga è verticale, quello di valle ha una pendenza 1/0,75.

La tenuta delle fondazioni è assicurata da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

I tre conci della parte centrale della diga costituiscono lo scarico di superficie appresso descritto; in quello di sinistra è anche ricavato lo scarico di fondo del serbatoio, in un vano che sarà poi interessato da uno dei conci verranno fatte defluire le acque del Rio Ollastu durante la costruzione dello sbarramento.

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di circa 410 m e ciglio a quota 110,50 con un franco di 1,50 sul livello di massimo invaso (118,00) incrementato dall'altezza della semionda (1,00).

Il volume della diga è di 407.000 mc di calcestruzzo.

1.5.2 - Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito da cinque luci lunghe 16,00 m ciascuna disposte in fregio alla parte centrale dello sbarramento.

Il paramento di valle dei conci trascinabili, delimitato da muri d'ala laterali, costituisce il canale fuggatore a valle delle luci di sfioro.

Al piede dello scivolo è ubicata la vasca di dissipazione incassata di 9,5 m rispetto alla quota d'alveo valle.

Alla quota di massimo invaso 118,00 m s.m. defluiscono 1424 mc/s, pari alla massima prevedibile portata di piena del Rio Ollastu, attraverso le tre luci sfioranti.

1.5.3 - Scarico di fondo

È costituito da un cunicolo a sezione variabile ricavato in uno dei conci della diga, intercettato da due paratoie piane, da m 1,5 x 2,00, con asse a quota 44 m.

Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 258,19 mc/s.

1.5.4 - Deviazione provvisoria

Durante la costruzione della diga le portate del Rio Ollastu defluiranno attraverso il vano di uno dei conci della diga.

Per le opere di deviazione è stato previsto un dimensionamento per circa 674,1 mc/s.

1.5.5 - Opere di derivazione delle acque invasate

Saranno realizzate in corpo diga mediante una tubazione in acciaio disposta nel cunicolo di accesso alla camera di manovra delle paratoie dello scarico di fondo.

L'imbocco della derivazione sarà protetto da griglie metalliche alla cui pulizia provvederà uno sgrigliatore manovrato dal coronamento della diga.

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

- tipo dello sbarramento	a gravità ordinaria in calcestruzzo	
- quota più depressa dell'alveo	41,00	m s.m.
- quota coronamento	110,5	m s.m.
- quota più depressa delle fondazioni	35,30	m s.m.
- altezza della diga	69,50	m s.m.
- sviluppo del coronamento	415,00	m
- volume della diga	407.000	mc
- quota massima di regolazione	107,00	m s.m.
- quota di massimo invaso	108,00	m s.m.
- altezza di massima ritenuta	67,00	m
- quota di massimo svaso	53,00	m s.m.
- volume acque morte	1,20	Mmc
- volume utile di regolazione	67,60	Mmc
- volume di laminazione	2,65	Mmc
- volume totale di invaso	71,45	Mmc
- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	283,90	ha
- volume medio annuo affluito	19,41	Mmc
- volume medio annuo sfiorato	1,90	Mmc
- portate massime:		
scarico di superficie	1424	mc/s
scarico di fondo	258,19	mc/s
deviazione provvisoria	674,1	mc/s

1.7 STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione pari a 67,6 Mmc e 30,0 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 67,6 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 46.911.460 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

Il bacino imbrifero è prevalentemente arenaceo-scistoso. Il trasporto solido, con le vecchie discariche minerarie e le antiche deiezioni torrentizie può essere non trascurabile.

Il fondovalle è abbastanza largo e, alla sezione di sbarramento, presenta un profilo trapezio simmetrico.

b) Indagini precedenti

Su incarico dell'Ente Autonomo Flumendosa, con consulenza geologica dello scrivente e del prof. G. Pecorini, nel 1979 sono stati eseguiti numerosi sondaggi, unitamente a cunicoli e trincee nelle due spalle.

c) Condizioni geologiche della sezione d'imposta

La roccia è rappresentata da metamorfiti paleozoiche ricoperte da una coltre alluvionale sabbiosa ciottolosa.

Le indagini non furono soddisfacenti, in quanto soprattutto nella sponda sinistra la roccia del substrato si era rilevata alterata per almeno una decina di metri di profondità.

Gli scavi di fondazione potranno essere limitati in linea di massima a 6-7 m in fondovalle e da 5 a 10 m, mediamente 7-9 in spalla destra, mentre in spalla sinistra potranno risultare di oltre 15 metri in media.

d) Tipo di diga

La diga sarà del tipo a gravità massiccia, ad asse rettilineo. Le fondazioni richiederanno scavi di discreta entità sulle spalle, particolarmente nella spalla sinistra. Lo schermo di iniezioni cementizie non sarà particolarmente impegnativo e richiederà un consumo dell'ordine di 0,15 q.li per m.

e) Materiali da costruzione

Considerata la mediocre qualità delle alluvioni del Rio Ollastu, prevalentemente costituite da materiale scistoso, dovrà essere individuata una cava di prestito. La più vicina potrebbe essere presso S. Priamo, previa verifica di idoneità.

f) Tenuta idraulica del serbatoio

Il sistema idrografico del rio Ollastu è profondamente incassato e di conseguenza non sono possibili perdite dal serbatoio verso incisioni vallive contermini di pari profondità.

g) Stabilità delle sponde

Il problema della stabilità delle sponde dell'invaso riguarda soprattutto le alluvioni antiche pensili della valle dell'Ollastu. Non sono infatti prevedibili rilasci di cornubianiti, mentre non è difficile stabilizzare le pietraie dell'Ollastu, all'occorrenza.

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 6
 INTERVENTO O4
 CODICE S50
 VOLUME 1 = 67.6 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	22.857	€2,50	€57.142,50
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	36.718	€4,13	€151.643,28
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	36.718	€12,91	€474.022,93
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggettamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	14.687	€15,49	€227.501,63
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	407.035	€65,00	€26.457.249,10
13 Cls per c.a. compreso ferro e cassoforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	605	€163,14	€98.699,70
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	14.605	€59,72	€872.210,60
22a Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di superficie	mq	204,45	€6.500,00	€1.328.925,00

22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	6,00	€71.092,87	€426.557,22
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo			€2.035.173,01

STRADA D' ACCESSO

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	3.882	€50,00	€194.100,00
-----	--	----	-------	--------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	48.405	€50,00	€2.420.250,00
26	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	289	€4.774,66	€1.379.876,74
27	Opere di sistemazione	a corpo			€5.475.376,76
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€4.197.788,85

TOTALE €46.175.677,30

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 6
 INTERVENTO O4
 CODICE S50
 VOLUME 2 = 30.0 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	17.204	€2,50	€43.008,75
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	25.018	€4,13	€103.322,28
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	25.018	€12,91	€322.975,93
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggettamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	10.007	€15,49	€155.008,43
11 Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	216.858	€65,00	€14.095.750,08
13 Cls per c.a. compreso ferro e cassoforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	605	€163,14	€98.699,70
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	12.375	€59,72	€739.050,48
22a Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di superficie	mq	204,45	€6.500,00	€1.328.925,00

22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	6,40	€71.092,87	€454.994,37
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo			€1.084.288,47

STRADA D' ACCESSO

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	3.882	€50,00	€194.100,00
-----	--	----	-------	--------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	29.946	€50,00	€1.497.300,00
26	Indennità di esproprio per aree (attività nulla)	ha	193	€4.774,66	€921.509,38
27	Opere di sistemazione	a corpo			€3.212.713,93
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€2.463.080,68

TOTALE €27.093.887,47

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

INTERVENTO 05 - DIGA VIGNOLA

RELAZIONE TECNICA

1.1 - DATI GENERALI DEL SERBATOIO

- Sistema	3
- Intervento	O.5
- Codice	S48

1.2 - SBARRAMENTO PROPOSTO

La sezione di sbarramento è ubicata sul Rio Vignola, in località Stazzi La Balestra circa 1,5 km a Sud di Monte Giuncana, a quota d'alveo 272 m s m.

Lo sbarramento, di altezza massima sul fondo alveo di circa 44 m è stato previsto in calcestruzzo del tipo a gravità ordinaria trascinabile ad asse rettilineo con salto di sci disposto al piede di valle della diga per allontanare le portate sfiorate.

La scelta del tipo di diga è determinata dalla morfologia della sezione di sbarramento e soprattutto dalla possibilità di fondare l'opera su una formazione granitica. Per la presenza in coda al serbatoio di una sella a quota 305 circa, è richiesta la costruzione di una diga secondaria.

Questa sarà in rockfill fondata su granito arenizzato.

Le caratteristiche geologiche della sede di imposta e del bacino di invaso sono illustrate nella relazione geologica.

La quota di massimo invaso è 314,40 m s.m., capace di realizzare a questa quota un volume utile di regolazione di 27,2 Mmc.

Le opere di scarico superficiali sono costituite da soglie libere sfioranti in ciglio al corpo diga principale in corrispondenza all'alveo.

Anche le opere di deviazione provvisoria delle acque, lo scarico di fondo e le opere di derivazione sono disposte in corpo diga onde renderne minimo il costo.

1.3 - CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO SOTTESO DALLO SBARRAMENTO

Il bacino del Rio Vignola sotteso dallo sbarramento ha le seguenti caratteristiche:

- bacino imbrifero	83,8 kmq
- deflusso medio annuo	13,68 Mmc
- portata media annua	0,434 mc/s
- portata di massima piena	1129 mc/s

- capacità di regolazione 27,2 Mmc

1.4 - CARATTERISTICHE DEL SERBATOIO

L'area d'invaso, che ricade nel territorio dei Comuni di Trinità d'Agultu e Vignola, Aggius e S. Francesco d'Aglientu, interessa il fondo valle del Rio Vignola per uno sviluppo di circa 3 km. Il serbatoio a monte della gola sbarrata riempie una ampia varice di terreni di modesto pregio e circa 4 km di strada locale.

Dalle curve caratteristiche dell'invaso (aree e volumi), rappresentate nei diagrammi riportati negli elaborati grafici descrittivi, si ricavano i seguenti valori significativi nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale.

- area a quota 287,50 m s.m. (massimo svaso)	30,1 ha
- area a quota 308,90 m s.m. (massima di regolazione)	217,8 ha
- area a quota 314,40 m s.m. (massimo invaso)	255,1 ha
- area a quota 316,40 m s.m. (limite d'esproprio)	268,3 ha
- volume acque morte	1,1 Mmc
- volume utile di regolazione	27,2 Mmc
- volume di laminazione	13,03 Mmc
- volume totale di invaso	41,33 Mmc

1.5 - CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO

1.5.1 - Diga

La morfologia della sezione principale di imposta e le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni granitiche in essa affioranti indirizzano la scelta sulla soluzione del tipo a gravità ordinaria in calcestruzzo trascinabile ad asse rettilineo.

E' prevista l'esecuzione di scavi poco profondi.

Gli inerti per la confezione dei calcestruzzi possono ricavarsi dal granito locale.

Il paramento di monte della diga principale è verticale, quello di valle ha una pendenza 1/0,75.

La tenuta delle fondazioni sarà eventualmente migliorata da uno schermo di impermeabilizzazione realizzato con iniezioni di miscele cementizie.

I tre conci della diga in corrispondenza del fondovalle costituiscono lo scarico di superficie appresso descritto; in uno di questi è anche ricavato lo scarico di fondo del serbatoio, mentre nel vano interessato dai conci centrali verranno fatte defluire le acque del Rio Vignola durante la costruzione dello sbarramento.

Il coronamento della diga ha uno sviluppo di circa 157 m e ciglio a quota 316,40, con un franco di 1,00 m sul livello di massimo invaso (314,40) incrementato dall'altezza della semionda (1,00).

Per la diga secondaria, fondata sul granito arenizzato, è invece prevista una soluzione in rockfill, per la cui costruzione sarà ancora utilizzato il granito locale.

Il volume della diga principale è di 58.600 mc di calcestruzzo; il volume della diga secondaria è di 51.100 mc di pietrame.

1.5.2 - Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito da tre luci disposte in fregio alla parte dello sbarramento principale in corrispondenza dell'alveo.

Il paramento di valle dei conci trascinabili, delimitato da muri d'ala laterali, costituisce il canale fuggatore a valle delle luci di sfioro.

Al piede dello scivolo è prevista una culla incorporata nella struttura principale, per allontanare le acque sfiorate dal piede di valle della diga.

Alla quota di massimo invaso 314,50 m s.m. attraverso le tre luci di sfioro defluiscono 1129 mc/s, pari alla massima prevedibile portata di piena del Rio Vignola.

1.5.3 - Scarico di fondo

E' costituito da un cunicolo a sezione variabile ricavato in uno dei conci della diga principale, intercettato da due paratoie piane, da m 1,60 x 2,20, con asse a quota 71,3 m.

Con invaso alla quota massima di regolazione la portata dello scarico risulta di circa 168,6 mc/s,

1.5.4 - Deviazione provvisoria

Durante la costruzione della diga le portate del Rio Vignola defluiranno attraverso il vano di uno dei conci della diga.

Per le opere di deviazione è stato previsto un proporzionamento per circa 419 mc/s.

1.5.5 - Opere di derivazione delle acque invasate

Saranno realizzate in corpo diga mediante una tubazione in acciaio disposta nel cunicolo di accesso alla camera di manovra delle paratoie dello scarico di fondo.

L'imbocco della derivazione sarà protetto da griglie metalliche alla cui pulizia provvederà uno sgrigliatore manovrato dal coronamento della diga.

1.6 - RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO E DELLA UTILIZZAZIONE

- tipo dello sbarramento principale:	a gravità ordinaria in calcestruzzo
- tipo dello sbarramento secondario:	di pietrame con manto di tenuta
- quota più depressa dell'alveo	272,00 m s.m.
- quota coronamento	316,40 m s.m.
- quota più depressa delle fondazioni	269,00 m s.m.
- altezza della diga	47,4 m
- sviluppo del coronamento	157,00 m
- volume della diga principale	58.600 mc
- quota massima di regolazione	308,90 m s.m.
- quota di massimo invaso	314,50 m s.m.
- altezza di massima ritenuta	36,90 m
- quota di massimo svaso	287,50 m s.m.
- volume acque morte	1,0 Mmc
- volume utile di regolazione	27,2 Mmc
- volume-di laminazione	12,4 Mmc
- volume totale di invaso	42,5 Mmc
- area del serbatoio alla quota di massimo invaso	255,1 ha
- volume medio annuo affluito	13,68 Mmc
- volume medio annuo sfiorato	4,88 Mmc
- portate massime:	
scarico di superficie	1129 mc/s
scarico di fondo	71,3 mc/s
deviazione provvisoria	419 mc/s

1.6 - STIMA APPROSSIMATA DEI COSTI

I costi del serbatoio sono stati calcolati per i valori di volume utile di regolazione pari a 27,2 Mmc e 19,7 Mmc.

La stima del costo di costruzione della diga per una capacità utile di 27,2 Mmc, nella ipotesi di dimensionamento fornita dalla proposta progettuale, è di circa 18.711.410,78 €

APPENDICE 1 - RAPPORTO GEOLOGICO DI PREFATTIBILITÀ

a) Morfologia

La valle del Vignola si apre in una vasta varice in granito arenizzato, immediatamente a monte della gola granitica della “Balestra”, nella quale confluiscono importanti affluenti: il Canale San Biagio da Est, la Vena della Trotta da Sud-Ovest, il Rio Curognu da Nord, mentre il Vignola proviene da Sud e prosegue in tale direzione dopo aver seguito un tratto della direttrice verso Ovest del Canale San Biagio.

L'esistenza della varice è dovuta all'intersezione di due fasce di disturbo tettonico di portata regionale: la linea di Canale San Biagio, diretta all'incirca E-W, e la linea di Rio Curognu, diretta all'incirca N-S, che si prolungano la prima per almeno 10 Km e la seconda per oltre 7.

Conseguenza del passaggio di queste linee tettoniche è la fratturazione intensa del granito entro strisce di terreno della larghezza di centinaia di metri, lungo le quali non emergono affioramenti rocciosi e il granito è tettonizzato e profondamente arenizzato, la superficie del suolo è depressa e sede di corsi d'acqua rettilinei e di valli pensili di-ritte.

La varice è pertanto limitata da selle in granito arenizzato, all'occorrenza sbarrabili con strutture secondarie: la sella di Cannigione (m 304 ed una selletta poco più a Sud (m 312), collocate lungo la linea di disturbo di Canale San Biagio; la sella a Nord degli Stazzi La Balestra (m 322).

Il dosso degli Stazzi (m 333) in destra Vignola e l'antistante massiccio di Scala de li Cavaddi sono invece preservati dalla tettonizzazione e la stretta vi assume forma triangolare pressoché simmetrica, con inclinazione in spalla destra di 37° ed in spalla sinistra di 33°, con alveo largo 5 m a quota 274.

Il trasporto solido, pur considerata la diffusa arenizzazione del granito e tenuto conto dell'estesa forestazione del bacino, interamente in granito, è di entità trascurabile.

b) Indagini precedenti

Nell'anno 1978 sono state eseguite le prime indagini geognostiche e geofisiche nella stretta della Balestra e nella sella di Cannigione. Esse sono state oggetto di relazione geologico-tecnica, corredata da carte geologiche e profili, a firma del Prof. Michele Deriu.

Nel 1984 è stato redatto lo Studio geologico – tecnico a firma del Prof. F. Calvino

Le ultime indagini, dell'anno del 1998 - 2002, sono state eseguite su incarico del Consorzio di bonifica del Vignola, con la consulenza professionale dello scrivente. In quanto il SERVIZIO NAZIONALE DIGHE, dopo aver esaminato il progetto esecutivo (settembre 1989) della diga sul Rio Vignola e opere di adduzione “ha evidenziato la necessità di taluni approfondimenti della fase progettuale” che riguardano vari punti del progetto. Le ultime indagini hanno ottemperato alle richieste suddette.

c) Condizioni geologiche della sede d'imposta

Il granito della "Balestra" si presenta in massima parte a grana media, con corpi allungati di microgranito e qualche filoncello aplitico.

Le non fitte fratture seguono tre principali sistemi:

- 1) subverticale e ortogonale all'asse vallivo;
- 2) subverticale e parallelo all'asse vallivo;
- 3) da orizzontale a inclinato di 10-15° verso la destra.

I depositi alluvionali sono praticamente assenti nel fondovalle della sede d'imposta della diga.

Risulta ammissibile una diga in calcestruzzo, con scavi di fondazione di pochi metri e schermo di iniezioni, non strettamente necessario, realizzato mediante fori inclinati piuttosto radi.

Nella diga secondaria di Cannigione, come nel vicino arginello, la fondazione in granito arenizzato consente la costruzione di uno sbarramento in materiali sciolti, munito di schermo di tenuta a mezzo di iniezioni cementizie.

d) Tipi di dighe;

La diga principale della Balestra sarà del tipo a gravità massiccia, ad asse rettilineo. Gli scavi di fondazione saranno di 2 m in sinistra ed in alveo, mediamente di 3 in destra. Per il velo di iniezioni si prevede un consumo di cemento di 5 Kg/mq. La diga secondaria sarà realizzata in rockfill, su fondazioni superficiali, e dotata di velo di iniezioni cementizie di profondità pari a 1,5 volte il battente esterno, con un consumo valutabile in 0,3 q.li/m

e) Materiali da costruzione

L'inerte per il calcestruzzo e per il rilevato in rock-fill verrà estratto da cave di prestito in granito vicine ai luoghi d'impiego.

f) Tenuta idraulica del serbatoio

Le uniche perdite immaginabili dal serbatoio si potrebbero verificare lungo le fasce di arenizzazione del granito che fanno capo ad insellature presso il perimetro d'invaso. Le misure di permeabilità eseguite hanno fatto tuttavia registrare valori massimi di alcune unità Lugeon. Conseguentemente, trattandosi in genere di percorsi di filtrazione di alcune centinaia di metri, non sono da nutrire timori di perdite significative.

g) Stabilità delle sponde

Poichè alla generalizzata tettonizzazione delle sponde dell'invaso si accompagna la presenza di declivi dotati di pendenza moderata, non sono da temere fenomeni di dissesto nei versanti in conseguenza dell'esercizio del serbatoio.

APPENDICE 2 – STIMA DEI COSTI

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 3
INTERVENTO 05
CODICE S48
VOLUME 1 = 27,2 Mmc

	VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	11.650	2,50	29.125,00
2	Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	4.500	€4,13	€18.585,00
3	Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	13.400	€12,91	€172.994,00
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	5.100	€15,49	€78.999,00
11*	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	58.600	€65,51	€3.838.886,00
13	Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	440	€163,14	€71.781,60
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	4.780	€59,72	€285.461,60
22b	Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	7,04	€71.092,87	€500.493,80

DIGA SECONDARIA

1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	17.250	€2,50	€43.125,00
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	11.500	€15,49	€178.135,00
8	Formazione di rilevato in pietrame (Rock-fill) proveniente da cava di prestito con curva granulometrica prefissata dalla Direzione Lavori come pure il grado di compattazione , compreso il filtro e la sistemazione a mano, la preparazione del paramento di monte per la posa per il manto di impermeabilizzazione , la strada di coronamento e le protezioni	mc	51.100	€7,15	€365.190,59
16	Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	5.500	€81,10	€446.050,00
11*	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	3.620	€65,51	€237.139,65
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	3.700	€59,72	€220.964,00
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1		€311.099,50

STRADA D' ACCESSO DIGA

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	10.542	€45,86	€483.456,12
------	--	----	--------	--------	-------------

STRADA DI ACCESSO DIGA SECONDARIA

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	9.368	€69,93	€655.104,24
------	--	----	-------	--------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	27.624	€83,10	€2.295.554,40
24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	245	€1.451,92	€355.430,02

VARIANTE STRADA COMUNALE

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	33.600	€71,65	€2.407.440,00
26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	268,30	€8.352,01	€2.240.844,28
27	Opere di sistemazione	a corpo			€1.395.354,63
28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€1.701.037,34

TOTALE €18.711.410,78

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti

COSTI OPERE DI INVASO

SISTEMA 3
INTERVENTO O5
CODICE S48
VOLUME 2 = 19.7 Mmc

VOCE DI ELENCO	Unità	Quantità	Costo Unit. (€)	COSTO (€)
1 Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	10.300	2,50	25.750,00
2 Scavo di fondazione in terreno di qualsiasi consistenza esclusa roccia da mina in presenza di acqua e compreso trasporto a qualsiasi distanza anche a rilevato con cernita dei materiali non utilizzabili	mc	3.900	€4,13	€16.107,00
3 Scavo di fondazione in roccia da mina con tutti gli oneri di cui al numero precedente, escluso scavo dell'ultimo tratto di fondazione senza impiego di esplosivi e regolarizzazione del piano di impronta diga	mc	11.800	€12,91	€152.338,00
3b Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	4.500	€15,49	€69.705,00
11* Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	48.500	€65,51	€3.177.235,00
13 Cls per c.a. compreso ferro e casseforme, gettato all'aperto o in cunicolo a qualsiasi altezza o profondità	mc	440	€163,14	€71.781,60
20a Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiego di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	3.700	€59,72	€220.964,00
22b Paratoie complete di guide, tubi aerofori, meccanismi idraulici per il movimento, telecomandi, ecc. per scarico di fondo (compresa blindatura, ecc.)	mq	5,30	€71.092,87	€376.792,21

DIGA SECONDARIA

1	Scavo di sbancamento, splateamento e simili in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compreso trasporto e scarico a qualsiasi distanza anche a rilevato	mc	6.500	€2,50	€16.250,00
3b	Rifinitura e regolarizzazione del piano di fondazione della diga, asportando a mazza e punta, con martelli demolitori, con palanchino e con qualsiasi altro mezzo, esclusi gli esplosivi, gli elementi non perfettamente stabili, pulendo accuratamente con getti di acqua a forte pressione la superficie di fondazione e sigillando con boiaccia di cemento le fessure, compreso aggotamento e allontanamento del materiale di risulta	mq	4.300	€15,49	€66.607,00
8	Formazione di rilevato in pietrame (Rock-fill) proveniente da cava di prestito con curva granulometrica prefissata dalla Direzione Lavoricome pure il grado di compattazione , compreso il filtro e la sistemazione a mano, la preparazione del paramento di monte per la posa per il manto di impermeabilizzazione , la strada di coronamento e la protezioni	mc	15.200	€7,15	€108.628,12
16	Rivestimento impermeabilizzante del paramento di monte dei rilevati costituito da conglomerato bituminoso posto su idoneo sottofondo (di spessore pari a 80 cm) o da membrana polimerica su idoneo sottofondo ed opportunamente protetta	mq	1.700	€81,10	€137.870,00
11*	Calcestruzzo per corpo diga confezionato secondo le prescrizioni della Direzione Lavori compresi tutti gli oneri per le riprese dei getti e comunque prescritti nei capitolati speciali, con inerti frantumati da rocce prelevate dalle cave di prestito nel raggio di 3 Km dallo sbarramento compresa la fornitura di cemento, additivi e casseforme	mc	2.315	€65,51	€151.679,89
20a	Perforazioni per iniezioni eseguite a rotazione o a percussione comunque inclinate, all'aperto o in cunicolo o in galleria in terreno di qualunque natura e consistenza anche con l'impiegon di corona di diamante ed iniezioni di cemento (interasse 120 a quinconcio)	mq	2.900	€59,72	€173.188,00
21	Casa di guardia vuoto per pieno	mc	2.000	€189,58	€379.160,00
23	Strumenti di misura, impianto di illuminazione, impianti telefonici, idrici e vari e opere varie di rifiniture (**)	a corpo	1		€254.076,85

STRADA DI ACCESSO DIGA

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	9.800	€45,86	€449.428,00
------	--	----	-------	--------	-------------

STRADA DI ACCESSO DIGA SECONDARIA

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	8.400	€69,93	€587.412,00
------	--	----	-------	--------	-------------

RIPRISTINO VIABILITA' ESISTENTE

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	21.400	€83,10	€1.778.340,00
------	--	----	--------	--------	---------------

24a*	Realizzazione di ponti e viadotti, a una o più luci, in c.a. e c.a.p. compresa bitumatura, guard-rails e ogni altro onere per la sistemazione completa per strade comunali e provinciali	mq	245	€1.451,92	€355.430,02
------	--	----	-----	-----------	-------------

VARIANTE STRADA COMUNALE

18a*	Formazione di strade compreso scavo, formazione di base e bitumatura, di spessore non inferiore a 15-20 cm di conglomerato bituminoso compresa formazione di cunette, protezione e guard-rails, tombini piccoli ponticelli e quanto altro occorre, per strade vicinali, comunali e di penetrazione	mq	27.440	€71,65	€1.966.076,00
------	--	----	--------	--------	---------------

26	Indennità di esproprio per aree (attività limitata)	ha	244,18	€8.352,01	€2.039.393,80
----	---	----	--------	-----------	---------------

27	Opere di sistemazione	a corpo			€1.207.124,40
----	-----------------------	---------	--	--	---------------

28	Opere di mitigazione e compensazione	a corpo			€1.378.133,69
----	--------------------------------------	---------	--	--	---------------

TOTALE €15.159.470,58

(**) €5,00 al mc di sbarramento per dighe in CLS

(**) €0,60 al mc di sbarramento per dighe in materiali sciolti