



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche

Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari

FOGLIO DI CONDIZIONI PER L'ESERCIZIO E LA MANUTENZIONE

DIGA DI MACCHERONIS, IN COMUNE DI TORPE' (NU) (n. arch. 688)

Concessionario: REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Gestore: ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA (ENAS)

| Redazione | Dirigente Ufficio Tecnico per le Dighe | Funzionario istruttore Direzione Dighe | Revisione | | Approvazione della Direzione Generale Dighe | | |
|--|---|--|-----------|----------------|---|------------|------------------------------------|
| | | | n. | data | prot. | data | firma |
| Ing. Mario F. Guiducci <i>f.to</i> | Ing. Guido Ferrarese Ceruti <i>f.to</i> | Ing. Paola Manni <i>f.to</i> | 0 | marzo 1997 | 3721 | 29.04.1998 | Ing. Paolo Paoliani <i>f.to</i> |
| Ing. Luigi A. Ghinami | Ing. Andrea Botti | Ing. Federica Del Gizzi | 1 | luglio 2016 | | | Ing. Angelica Catalano |

| STATO DELLE REVISIONI | |
|-----------------------|---|
| Revisione | Descrizione sintetica della revisione |
| n. 1 | 1) Aggiornamento dei dati amministrativi e dei contenuti tecnici relativi alla diga, all'invaso, al bacino afferente e all'alveo di valle 2) Variazioni della strumentazione di controllo, della frequenza delle misure e generale aggiornamento normativo e dei dati inseriti nel documento |

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|---------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 2 di 39 |

INDICE

| | |
|---|----------------|
| Art. 1. – POSIZIONE AMMINISTRATIVA | pag. 6 |
| Art. 1.1. – Costruzione delle opere originarie..... | pag. 6 |
| Art. 1.2. – Manutenzioni straordinarie e modifiche sostanziali | pag. 6 |
| Art. 2. – DATI PRINCIPALI DELLA DIGA..... | pag. 8 |
| Art. 2.1. – Caratteristiche della diga | pag. 8 |
| Art. 2.2. – Descrizione delle opere | pag. 8 |
| Art. 2.2. – Descrizione dei terreni di fondazione | pag. 13 |
| Art. 3. – DATI PRINCIPALI DEL SERBATOIO..... | pag. 15 |
| Art. 3.1. – Dati principali..... | pag. 15 |
| Art. 3.2. – Descrizione sintetica del bacino afferente all’invaso..... | pag. 16 |
| Art. 3.3. – Descrizione delle sponde dell’invaso | pag. 17 |
| Art. 3.4. – Alveo a valle: descrizione sintetica, particolari situazioni e studi disponibili | pag. 18 |
| Art. 3.5. – Notizie sull’interrimento e sua eventuale influenza sulla funzionalità delle opere di scarico..... | pag. 21 |
| Art. 4. – DATI PRINCIPALI DELLE OPERE DI SCARICO | pag. 21 |
| Art. 4.1. – Dati principali..... | pag. 21 |
| Art. 4.2. – Caratteristiche principali degli scarichi e delle opere di derivazione | pag. 22 |
| Art. 5. – ACCESSI ALLA DIGA..... | pag. 26 |
| Art. 6. – VIGILANZA E CONTROLLO | pag. 26 |
| Art. 6.1. – Vigilanza | pag. 26 |
| Art. 6.2. – Controllo: Osservazioni e misure | pag. 28 |
| Art. 6.2.1. – Numero, tipo e localizzazione delle apparecchiature di controllo | pag. 29 |
| Art. 6.2.2. – Verifiche d’esercizio sugli organi di scarico | pag. 32 |
| Art. 6.2.3. – Luoghi da assoggettare ad osservazioni dirette | pag. 33 |
| Art. 6.2.4. – Prescrizioni dei piani di manutenzione..... | pag. 34 |
| Art. 6.2.5. – Registro delle osservazioni e Registro delle manovre di esercizio degli organi di scarico | pag. 35 |
| Art. 6.2.6. – Procedure di trasmissione dati all’interno della struttura del Gestore | pag. 35 |
| Art. 6.2.7. – Procedure di trasmissione dati all’esterno della struttura del Gestore | pag. 36 |
| Art. 6.2.8. – Procedure di trasmissione dati alle Autorità competenti in materia di Protezione Civile..... | pag. 37 |
| Art. 6.2.9. – Procedure di trasmissione dei dati raccolti dalla stazione idrometrografica..... | pag. 37 |
| Art. 6.3. – Documentazione conservata presso la casa di guardia | pag. 37 |
| Art. 6.4. – Ingegnere Responsabile (art. 4, comma 7 del D.L. 8 agosto 1994 n. 507 convertito con L. 21 ottobre 1994 n. 584) | pag. 38 |
| Art. 7. – DICHIARAZIONE..... | pag. 39 |

Diffusione:

- 1) Concessionario: Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato dei Lavori Pubblici
- 2) Gestore: Ente Acque della Sardegna (ENAS)
- 3) Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
 - Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche – Roma
 - Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari
- 4) Ministero dell’Interno – Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile
- 5) Ministero dell’Interno – Ufficio territoriale del Governo: Prefettura di Nuoro
- 6) Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile
- 7) Regione Autonoma della Sardegna – Presidenza – Direzione Generale della Protezione Civile
- 8) Autorità Idraulica – c/o Direzione Generale dei Lavori Pubblici
- 9) Autorità di Bacino – c/o Direzione Generale Agenzia regionale del Distretto Idrografico della Sardegna (ADIS)

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|---------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 3 di 39 |

ALLEGATI

A) DISEGNI E SCHEMI PRINCIPALI DELLE OPERE

- A.01 Carta stradale
- A.02 Immagine satellitare dei percorsi stradali principali
- A.03 Corografia generale 1:25'000 (con sovrapposizione ad ortofoto) (mancante)
- A.04 Corografia generale 1:10'000 (con sovrapposizione ad ortofoto) (mancante)

- A.05 Corografia del bacino imbrifero sotteso
- A.06 Schema litologico del bacino imbrifero sotteso

- A.07 Immagine satellitare del serbatoio
- A.08 Planimetria generale del serbatoio
- A.09.a Planimetria del serbatoio con indicazione delle aree con pericolo di frana, come indicate nel PAI Sardegna
- A.09.b Planimetria del serbatoio con indicazione delle aree a rischio di frana come indicate nel PAI Sardegna

- A.10.a Alveo a valle della diga – Mappa del pericolo di piena, come indicata nel PAI Sardegna
- A.10.b Alveo a valle della diga – Mappa del rischio di piena, come indicata nel PAI Sardegna
- A.10.c Abitato di Torpè – Mappa del rischio di piena, come indicata nel PAI Sardegna
- A.10.d Abitato di Posada – Mappa del rischio di piena, come indicata nel PAI Sardegna

- A.11 Immagine satellitare delle opere (2013)
- A.12 Planimetria generale delle opere (mancante)

- A.13 Sbarramento originario – Carta e sezioni geologiche della stretta
- A.14.a Nuova traversa di sfioro – Carta geologica della zona d'imposta
- A.14.b Nuova traversa di sfioro – Sezioni geologiche della zona d'imposta

- A.15.a Sbarramento originario – planimetria (mancante)
- A.15.b Sbarramento originario – prospetto di monte (mancante)
- A.15.c Sbarramento originario – prospetto di valle (mancante)
- A.15.d Sbarramento originario – profilo in asse diga con cunicoli e pozzi (mancante)
- A.15.e Sbarramento originario – sezione trasversale tipo dei conci già sopraelevati
- A.15.f Sbarramento originario – sezione trasversale tipo dei conci sfioranti capitozzati

- A.16.a Sfiatore di alleggerimento – pianta e sezione trasversale – situazione attuale (mancante)
- A.16.b Sfiatore di alleggerimento – pianta e sezione trasversale – situazione a fine lavori

- A.17.a.1 Nuovo scarico di superficie – traversa di sfioro e muri laterali – planimetria – configurazione attuale
- A.17.a.2 Nuovo scarico di superficie – traversa di sfioro e muri laterali – planimetria – configurazione a fine lavori
- A.17.b Nuovo scarico di superficie – traversa di sfioro – sezione longitudinale in asse al cunicolo
- A.17.c Nuovo scarico di superficie – traversa di sfioro – sezione trasversale con paratoia e dettagli (mancante)

- A.18.a Nuovo scarico di superficie – canale di scarico – planimetria
- A.18.b Nuovo scarico di superficie – canale di scarico – sezione longitudinale
- A.18.c Nuovo scarico di superficie – canale di scarico – sezioni trasversali

- A.19.a Avandiga provvisoria – planimetria (mancante)
- A.19.b Avandiga provvisoria – sezioni trasversali (mancante)

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|---------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 4 di 39 |

- A.20.a Scarico di fondo – planimetria (mancante)
- A.20.b Scarico di fondo – profilo e sezioni tipo (mancante)
- A.20.c Scarico di fondo – imbocco e sbocco (mancante)
- A.20.d Scarico di fondo – pozzo di manovra e camera delle paratoie (mancante)

- A.21.a Opera di derivazione – planimetria (mancante)
- A.21.b Opera di derivazione – profilo e sezioni tipo (mancante)
- A.21.c Opera di derivazione – imbocco e sbocco (mancante)
- A.21.d Opera di derivazione – pozzo di manovra e camera delle valvole (mancante)

- A.22 Diagramma aree – volumi

- A.23 Sfiatore libero capitolato – scala di deflusso
- A.24.a Sfiatore di alleggerimento (situazione attuale) – scala di deflusso
- A.24.b Sfiatore di alleggerimento (situazione a fine lavori) – scala di deflusso
- A.25 Scarico di fondo – scala di deflusso
- A.26 Nuovo scarico di superficie – scala di deflusso

- A.27 Diagramma di vuotamento del serbatoio

- A.28 Schema della collimazione elettro-ottica sullo sbarramento originario (mancante)
- A.29.a Schema della collimazione elettro-ottica sull'avandiga provvisoria (mancante)
- A.29.b Schema della livellazione geometrica sull'avandiga provvisoria (mancante)
- A.30 Sezione longitudinale dello sbarramento originario con indicazione della strumentazione di misura (mancante)

- A.31 Mappa di inondazione per manovra degli scarichi (mancante)
- A.32.a Mappa di inondazione per collasso dello sbarramento originario (mancante)
- A.32.b Mappa di inondazione per collasso del nuovo scarico di superficie in sinistra (mancante)

- A.33 Ubicazione dei cartelli monitori (mancante)
- A.34 Ubicazione della stazione idrometrica (mancante)

B) DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

C) PIANO DI MANUTENZIONE

| | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|---------|
| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 5 di 39 |



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche

Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari

FOGLIO DI CONDIZIONI PER L'ESERCIZIO E LA MANUTENZIONE DELLA DIGA DI MACCHERONIS – n. arch. 688)

alla cui osservanza sono vincolati il Concessionario e il Gestore

Concessionario: Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato dei Lavori Pubblici
Viale Trento, 69 – 09123 CAGLIARI – p.e.c.: lavori.pubblici@pec.regione.sardegna.it

Gestore: Ente Acque della Sardegna (ENAS)
Via Mameli, 88 – 09123 CAGLIARI – p.e.c.: protocollogenerale@pec.enas.sardegna.it

Utilizzazione del serbatoio: regolazione pluriennale del fiume Posada per uso irriguo ed idropotabile

Corso d'acqua: fiume Posada

Bacino principale: fiume Posada

Amministrazione competente per il Servizio di piena: Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato dei Lavori Pubblici – Servizio Territoriale Opere Idrauliche di Nuoro (STOINU)

Località: Maccheronis

Comune: Torpè

Provincia: Nuoro

Coordinate geografiche (rispetto al sistema di riferimento WGS84) della linea mediana del coronamento::

| | | | | | | |
|------------------------------|------------|---------------|---|-------------|--------------|---|
| Punto centrale | latitudine | 40° 38' 19,8" | N | longitudine | 9° 36' 28" | E |
| Estremità in spalla destra | latitudine | 40° 38' 16" | N | longitudine | 9° 36' 30" | E |
| Estremità in spalla sinistra | latitudine | 40° 38' 23,5" | N | longitudine | 9° 36' 27,5" | E |

Classificazione sismica del sito:

Progetto esecutivo originario: sito non sismico – S = 2

D.M. 14.01.2008 – NTC:

| | | | |
|-----------------|-----------------|--------------|----------------|
| T_R [anni] | a_g [g/10] | F_0 [-] | T_C^* [s] |
| 475 | 0,500 | 2,88 | 0,340 |

Classificazione sismica ai sensi del recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274: Zona 4

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|---------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 6 di 39 |

Art. 1. – POSIZIONE AMMINISTRATIVA

Art. 1.1. – Costruzione delle opere principali

- decreto di concessione derivazione
d'acqua..... non esistente (titolare della concessione è la stessa Regione Autonoma della Sardegna ⁽¹⁾)
- progetto di massima in data 27.07.1952
- progetto esecutivo in data 30.12.1954
- varianti al progetto esecutivo disposte in sede di approvazione del progetto
- parere del Consiglio Superiore LL.PP. voto della IV Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 215 del 21.07.1955
- foglio di condizioni per la costruzione..... reg.to a Nuoro il 26.11.1957 al n. 743/1, Vol. 121, Mod. II
- data di consegna dei lavori..... 1.08.1956
- data di ultimazione dei lavori..... 9.01.1960
- data di inizio degli invasi sperimentali 17.06.1964
- certificato di collaudo art. 14 D.P.R.
1.11.1959 n. 1363..... 18.08.1967
- certificato di collaudo statico R.D.L.
1939, n. 2229..... non reperito

Art. 1.2. – Manutenzioni straordinarie e modifiche sostanziali

Lavori di ampliamento del serbatoio e ripristino dello schermo di tenuta e dei drenaggi:

- progetto preliminare di ampliamento
del serbatoio e ripristino dello schermo
di tenuta e dei drenaggi ottobre 1999, trasmesso con nota del Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale n. 5975 del 20.09.2000
 - parere S.N.D. – U.P. Cagliari..... nota n. 1751 del 20.10.2000
- * * * * *
- progetto esecutivo di manutenzione
straordinaria e ripristino dello schermo
di tenuta e dei drenaggi gennaio 2001, trasmesso con nota del Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale n. 5550 del 10.07.2001
 - approvazione S.N.D. nota n. SDI/5827/UCCE del 19.09.2001
 - data di consegna dei lavori..... 24.10.2002
 - data di ultimazione dei lavori..... 15.06.2005

⁽¹⁾ Legge Regionale 6 dicembre 2006, n. 19, “Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici”, art. 18 – Soggetto gestore del sistema idrico multisettoriale regionale, comma 3: “La titolarità delle reti e delle infrastrutture e la titolarità delle concessioni ad esse inerenti rimane in capo alla Regione, mentre la relativa gestione è attribuita all’ERIS [oggi ENAS, ndr]”.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|---------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 7 di 39 |

* * * * *

* * * * *

- progetto definitivo di ampliamento del serbatoio..... ottobre 2003, trasmesso con nota del Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale n. 427 del 20.01.2004
- parere del Consiglio Superiore LL.PP. voto della IV Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 133 dell'8.07.2004
- approvazione R.I.D. nota n. RID/5579/UCCE del 26.08.2004
- progetto esecutivo in data giugno–settembre 2005
- foglio di condizioni per la costruzione..... febbraio 2006; sottoscritto il 21.04.2006
- data di consegna dei lavori..... consegna provvisoria in data 21.04.2006; consegna definitiva in data 15.05.2007
- data di ultimazione dei lavori..... lavori non ultimati; interrotti dal settembre 2013

Progetto stralcio del muro di chiusura in sponda sinistra:

- progetto esecutivo in data marzo 2015, trasmesso con nota del Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale n. 9532 dell'8.05.2015
- aggiornamenti / integrazioni trasmessi con note del CBSC n. 5437 del 16.11.2015 e n. 846 del 17.02.2016
- approvazione D.G. Dighe..... note n. 12926 del 25.06.2015 e n. 24958 del 7.12.2015
- data di consegna dei lavori..... 11.09.2015
- data di ultimazione dei lavori..... 21.03.2016
- certificato di collaudo statico Legge 1086/1971 1.07.2016
- certificato di collaudo tecnico amministrativo 22.09.2016

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|---------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 8 di 39 |

Art. 2. – DATI PRINCIPALI DELLA DIGA

Art. 2.1. – Caratteristiche della diga ⁽²⁾

| | Prima dei lavori | Dopo i lavori | Attuale | |
|--|--|----------------------|----------------------|----------------|
| – Altezza della diga (ai sensi del D.M. 24.03.1982)..... | 46,00 | 47,00 | 47,00 | m |
| – Altezza della diga (ai sensi della L. 584/1994)..... | 31,00 | 32,00 | 32,00 | m |
| – Altezza di massima ritenuta (D.M. 24.03.1982)..... | 32,50 ⁽³⁾ | 32,50 ⁽³⁾ | 32,50 ⁽³⁾ | m |
| – Quota coronamento | 48,04 | 49,04 | 49,04 | m s.l.m. |
| – Franco (ai sensi del D.M. 24.03.1982)..... | 1,54 | 2,54 ⁽⁴⁾ | 2,54 ⁽⁴⁾ | m |
| – Franco netto (ai sensi del D.M. 24.03.1982)..... | 1,04 | 2,04 ⁽⁴⁾ | 2,04 ⁽⁴⁾ | m |
| – Sviluppo del coronamento | 336,00 | 338,55 | | m |
| – Volume della diga | 95'700 | 106'000 | | m ³ |
| – Grado di sismicità assunto nel progetto | S = 2 | S = 6 | | |
| – Classifica ai sensi del D.M. 24.03.1982..... | Diga muraria a gravità ordinaria – Aa1 | | | |

Art. 2.2. – Descrizione delle opere

– Diga principale

La diga di Maccheronis è del tipo a gravità massiccia in calcestruzzo, con andamento planimetrico lievemente arcuato. La sezione corrente è riferibile ad un triangolo fondamentale con vertice a quota 46,50 m s.l.m. e apertura totale di 0,74 (0,04 verso monte e 0,70 verso valle).

La diga presenta 24 conci di costruzione, numerati da I a XXIV. Originariamente i 14 conci centrali, i nn. VI–XIX, erano tracimabili con profilo Scimemi, per una lunghezza complessiva della soglia libera di 198 m, al netto delle pile. Al di sopra dello sfioratore era stata realizzata una passerella di collegamento delle sponde, della larghezza di 3,0 m.

⁽²⁾ Sono qui riportati, nell'ordine:

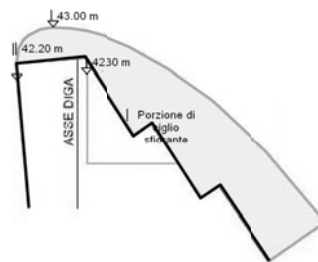
- i dati relativi alla diga nelle condizioni originarie, prima dei lavori di ampliamento del serbatoio;
- i dati relativi alla situazione futura, per quanto prevedibili sulla base del progetto dei lavori di ampliamento del serbatoio (definitivo approvato: ottobre 2003, esecutivo: giugno–settembre 2005);
- i dati relativi alla situazione attuale (luglio 2016), a lavori interrotti.

⁽³⁾ Valore calcolato con riferimento ad una quota alveo di 14,00 m s.l.m.

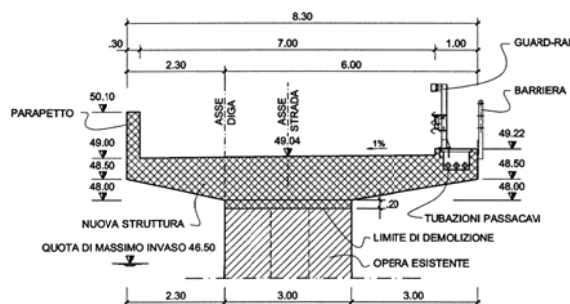
⁽⁴⁾ I valori del franco e del franco netto a fine lavori e nella situazione a lavori interrotti derivano dall'ipotesi che in entrambi i casi (e dunque anche nella situazione attuale) possa assumersi come quota di massimo invaso 46,50 m s.l.m., e che sia corretto il valore della massima semiampiezza d'onda alla quota 46,50 m s.l.m. (0,50 m) stimato in occasione della redazione del F.C.E.M. precedente (1997).

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|---------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 9 di 39 |

Nell'ambito del progetto di ampliamento del serbatoio, i cui lavori sono attualmente interrotti, è previsto il sopraelevamento di 1 metro del piano di coronamento e l'occlusione delle luci di sfioro della diga principale, in modo da rendere l'intero sbarramento originario non tracimabile. A questo fine, nei conci tracimabili si è provveduto alla demolizione della passerella superiore e delle pile su cui questa poggiava, e alla demolizione parziale della soglia di sfioro, che presenta attualmente un profilo scalettato con soglia a quota 42,30 m s.l.m. (70 cm sotto la quota della soglia di sfioro originaria, che si trovava a 43,00 m s.l.m.). La lunghezza complessiva della soglia, a seguito della demolizione delle pile che sostenevano la passerella di coronamento, risulta attualmente di 212 m.

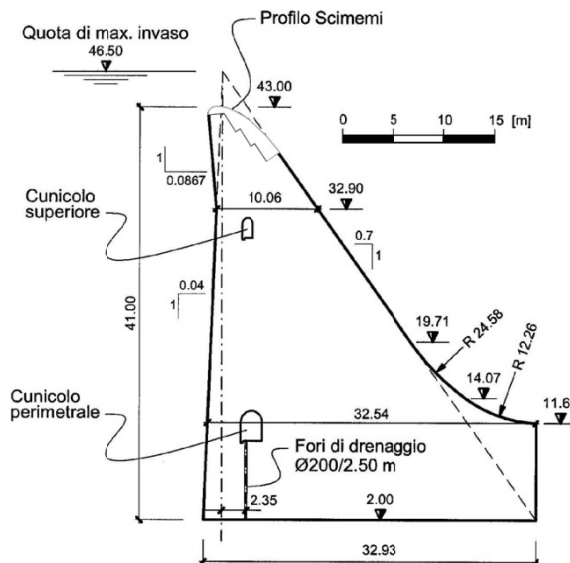


Nei conci emergenti (I-IV e XX-XXIV) la prevista sopraelevazione è già intervenuta. Il piano di coronamento è stato elevato alla quota 49,04 m s.l.m., contro i 48,04 m s.l.m. della diga originaria. Nel contempo, la larghezza complessiva del coronamento è stata portata da 3,00 a 8,30 m, dei quali 7,00 m previsti per la carreggiata e 1,30 m per il marciapiede ed il parapetto di monte.



Nel concio n. V, ossia tra l'ultimo concio emergente in spalla destra (IV) e il primo tracimabile (VI), è ubicato uno sfioratore di alleggerimento con soglia a quota 40,50 m s.l.m. e 10 m di luce, munito di paratoia a settore con altezza di ritenuta di 2,50 m, e filo superiore alla quota di massima regolazione originaria (43,00 m s.l.m.). Nell'ambito degli interventi contemplati nel progetto di ampliamento del serbatoio è prevista la sostituzione della paratoia a settore originaria con una paratoia a ventola con altezza di ritenuta di 6 m. Attualmente lo scarico di alleggerimento si trova ancora nella configurazione originaria, come pure il coronamento del concio n. V, sul quale ancora non è stato eseguito l'intervento di sopraelevazione ed allargamento.

Nel corpo diga esistono due cunicoli praticabili: il cunicolo superiore, con piano di calpestio a quota 30 m s.l.m., è tracciato tra i conci V e XX; il cunicolo perimetrale, che corre alcuni metri al di sopra della superficie di fondazione, è tracciato tra i conci X e XVII. Il cunicolo superiore è accessibile da due ingressi situati sul paramento di valle, alle estremità dei conci V e XX; il cunicolo perimetrale da un ingresso sul paramento di valle in corrispondenza del concio X. I due cunicoli sono collegati tra loro mediante discenderie a pozzo, ubicate alle estremità del cunicolo perimetrale, nei conci X e XVII.



La tenuta dei giunti di costruzione è affidata:

- sul paramento di monte (giunti 11-15), ad una coppia di lamierini di rame sagomati a "Z": il primo a 30 cm dal paramento, il secondo (interrotto a 32,50 m s.l.m. previa saldatura al primo) a 50 cm dallo stesso paramento;

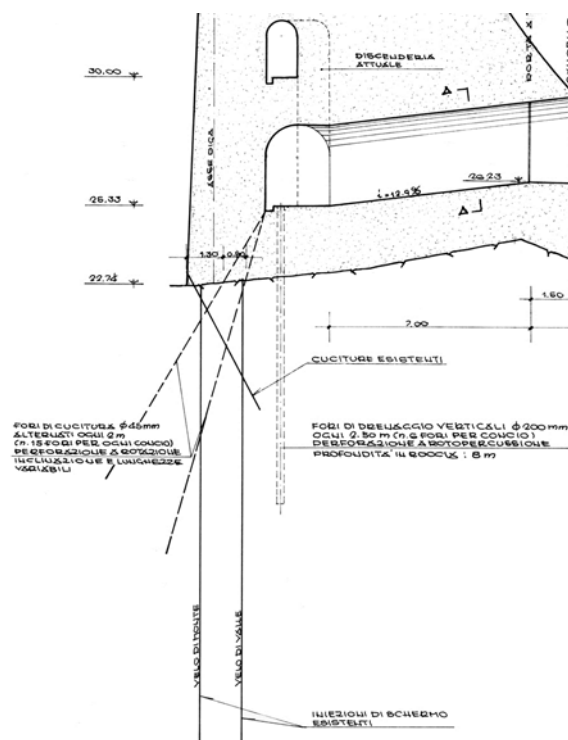
| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 10 di 39 |

- sul paramento di monte (giunti 1–10 e 16–23), a travi coprigiunto a sezione pentagonale, con retrostante lamierino di rame sagomato a “Z”, estese fino alla quota di massimo invasivo (elementi non tracimabili) o fino alla sommità del raccordo circolare della soglia (elementi tracimabili);
- sul paramento di valle (giunti 5–19) (conci tracimabili), ad un lamierino di rame sagomato a “Z”, ad una profondità di 25 cm rispetto al paramento stesso.

In corrispondenza di ogni giunto tra i conci esiste un pozzo di ispezione da 800 mm, tangente ai cunicoli praticabili, utilizzato anche come sbocco di drenaggi orizzontali delle riprese dei getti (drenaggi disposti a circa 60 cm dal paramento di monte).

Lungo il cunicolo perimetrale sono presenti 40 canne di drenaggio verticali di recente realizzazione (anni 2002–2005), ciascuna del diametro di 200 mm, perforate ad interasse di 2,50 m l’una dall’altra. Uno schermo impermeabile, integrato da iniezioni di cucitura del contatto roccia–calcestruzzo, assicura la tenuta profonda.

Le iniezioni di cucitura originarie, realizzate all’epoca della costruzione della diga, vennero eseguite dal paramento di monte (interasse di circa 1,5 m e inclinazione tale da intersecare le iniezioni di schermo) e dal paramento di valle (conci XI, XII, XIV con interasse di 2,5 m; conci XV, XVI e XVI con interasse di 5 m), tutte per una profondità in roccia di circa 5 m. Inoltre, in corrispondenza dell’unghia di valle dei conci centrali (da XII a XVI), venne eseguito un ulteriore schermo di iniezioni con fori ad interasse di 5 m, fino a profondità dell’ordine di 20 m. In sponda sinistra (lungo la strada per Concas, a partire dall’estremità dello sbarramento originario), venne accertata la presenza di roccia sana a quota inferiore a quella di massimo invasivo. Fu così realizzato uno specifico schermo di iniezioni, integrato con un muro di contenimento delle acque di circa 50 metri di lunghezza, con ciglio a quota 48,00 m s.l.m. e fondazione su roccia sana.



Le iniezioni di cucitura eseguite dal piede del paramento di monte all’epoca della costruzione della diga sono state integrate negli anni 2002–2005 con ulteriori iniezioni entro fori Ø45 mm praticati dal piede di monte del cunicolo perimetrale ad interasse di 2 m.

Sulla soglia sfiorante dei conci tracimanti venne originariamente steso un manto di usura, con calcestruzzo dosato a 270 kg/m³, a fronte di un dosaggio ordinario di cemento di 220 kg/m³. Nel 1987 la soglia sfiorante fu oggetto di specifici lavori di manutenzione, con demolizione e ricostituzione del calcestruzzo corticale e ripresa dei giunti di costruzione (cordone di mastice bituminoso in prosecuzione del lamierino di rame, ad una profondità di circa 10 cm per uno sviluppo di 7 m, con coprigiunto cementizio). Contestualmente, venne anche eseguito un trattamento di impermeabilizzazione del paramento di monte dei conci centrali (X–XVI, al di sopra di quota 20,00 m s.l.m.), con applicazione di rete elettrosaldata e realizzazione di intonaco cementizio fibrorinforzato.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 11 di 39 |

– Traversa di scarico in sinistra

Il progetto di ampliamento del serbatoio prevede l'occlusione delle originarie luci di sfioro in corpo diga e la realizzazione di un nuovo sfioratore, munito di paratoie, al di fuori dello sbarramento, in una sella naturale a sinistra della diga principale. Il nuovo sfioratore è costituito da una traversa in calcestruzzo con soglia a quota 35,50 m s.l.m., sovrastata da quattro pile in calcestruzzo armato formanti tre luci di scarico di 15 metri ciascuna, provviste di altrettante paratoie a settore a comando oleodinamico aventi 11,18 metri di altezza, soglia di battuta a quota 35,32 m s.l.m. e filo superiore a quota 46,50 m s.l.m.. Alle tre luci suddette segue uno scivolo e poi un canale di scarico rivestito in calcestruzzo a sezione trapezia, con larghezza di base di 40 m e scarpa delle pareti di 1/8. Questo termina con due salti di sci con angolo di uscita rispetto all'orizzontale di 16°, provvisti di deflettori. Le pareti ed il fondo del canale, ove sono realizzati dei giunti di costruzione e dilatazione, sono in cemento armato. In destra e in sinistra della nuova traversa di scarico sono realizzati due muri di chiusura longitudinali con sommità alla quota 49,22 m s.l.m.

I perni delle tre paratoie a settore installate sulla nuova traversa di scarico sono vincolati alle pile della traversa mediante delle piastre esterne posteriori che scaricano sulle pile gli sforzi trasmessi dalle paratoie grazie all'intervento di cavi post-tesi inseriti nelle pile medesime. Gli ancoraggi dei cavi, costituiti da trefoli in acciaio, all'estremità di monte sono alloggiati in nicchie ricavate all'interno delle pile.

All'interno della traversa di scarico è realizzato un cunicolo longitudinale di ispezione e drenaggio con piano di calpestio a quota 30,00 m s.l.m., nel quale recapita un sistema di drenaggi verticali Ø200 mm realizzati ad interasse di 2,50 m che si immergono nella roccia di fondazione per una lunghezza di 6 m. L'accesso al cunicolo è costituito da un pozzo verticale realizzato in adiacenza alla pila destra della traversa. Il pozzo, attualmente, non è ancora dotato di scale.

Lo schermo di tenuta, ad oggi non ancora realizzato, sarà costituito da iniezioni in fori subverticali Ø50 mm praticati dal piede del paramento di monte della traversa, con interasse di 2 m e profondità in roccia di 6 m. Ulteriori iniezioni di impermeabilizzazione sono previste, lateralmente alla traversa, dalle due estremità del cunicolo di ispezione e lungo il piede dei muri di chiusura destro e sinistro.

Il progetto di ampliamento del serbatoio prevede che la traversa di scarico in sinistra sia preceduta a monte da un canale di invito a sezione trapezia con fondo orizzontale a quota 30 m s.l.m. scavato in roccia senza rivestimento, delimitato in destra e sinistra da muri convergenti a pianta curvilinea. Lo scavo del canale e l'elevazione dei muri laterali avranno luogo dopo la demolizione dell'avandiga provvisoria di cui al punto successivo.

– Avandiga provvisoria

Il progetto di ampliamento del serbatoio prevede che il nuovo scarico di superficie sia realizzato in quattro fasi principali:

- 1) – costruzione di un'avandiga provvisoria;
- 2) – scavo e realizzazione delle opere;
- 3) – demolizione dell'avandiga;
- 4) – esecuzione del canale d'imbocco.

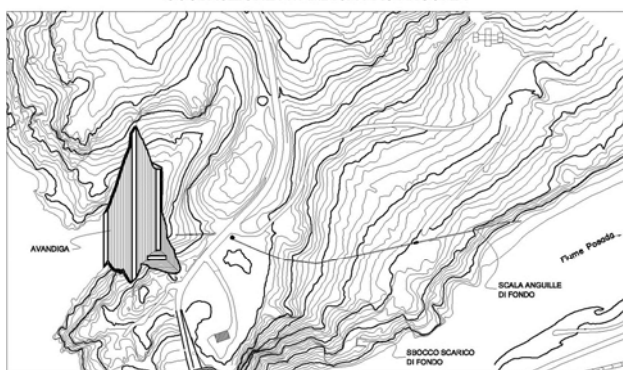
Nello stato attuale dei lavori, può considerarsi conclusa la fase 2).

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 12 di 39 |

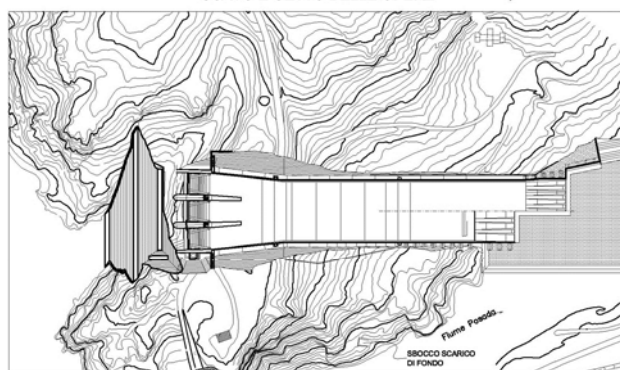
L'avandiga provvisoria è costituita da un rilevato in materiali sciolti impermeabilizzato a monte con un rivestimento in PVC poggiante su un supporto di gunite. L'ammorsamento del rivestimento al piede del paramento di monte è realizzato mediante un taglione in c.a. nel quale è annegato il lembo inferiore del rivestimento in PVC. Sul paramento di monte, al di sopra del rivestimento in PVC, sono stati collocati dei cordoli di appesantimento in calcestruzzo che corrono lungo le direttrici di maggiore pendenza. In sommità il rivestimento è ammorsato al di sotto del getto di calcestruzzo che forma il piano di coronamento.

Il coronamento dell'avandiga è posto a quota 44,00 m s.l.m.. Lungo l'estremità di monte del coronamento medesimo era originariamente collocato un muro di protezione, dell'altezza di 0,80 m, formato con gabbioni riempiti di pietrame. Il muro fu distrutto dalla tracimazione dell'avandiga avvenuta nel corso della piena del novembre 2013, e non più ricostruito. A seguito della tracimazione fu anche erosa la porzione di valle del rilevato dell'avandiga, limitatamente alla parte sporgente dal piano di coronamento in calcestruzzo. La parte erosa e dilavata dalla piena è stata successivamente risarcita, fino a una quota prossima a quella di coronamento.

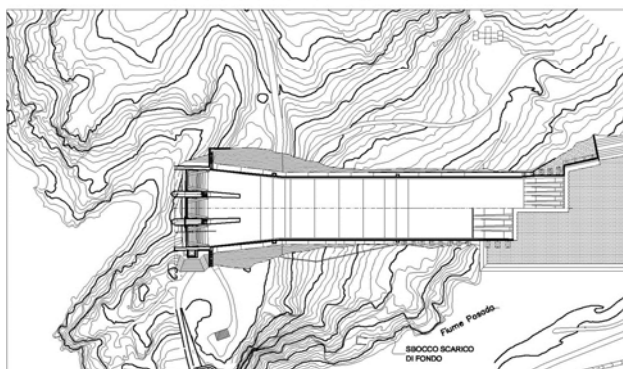
FASE 1
COSTRUZIONE AVANDIGA PROVVISORIA



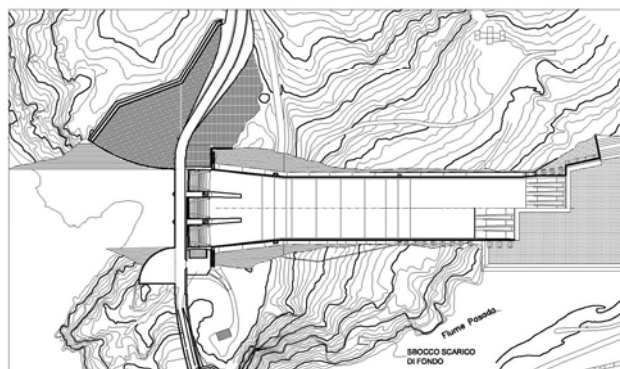
FASE 2
SCAVO E GETTO DELLE OPERE



FASE 3
DEMOLIZIONE AVANDIGA PROVVISORIA



FASE 4
ESECUZIONE DEL CANALE DI IMBOCCO
RAMPA DI ACCESSO ALLA DIGA
SISTEMAZIONE FINALE



| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 13 di 39 |

Art. 2.3. – Descrizione dei terreni di fondazione

– Diga principale

La stretta in cui è impostata la diga è una incisione scavata dal fiume Posada in uno dei piccoli dorsi rocciosi che costituiscono le pendici sud-occidentali della cupola granitica, a forma ellissoidica, chiamata appunto *Maccheronis*. In virtù delle differenti caratteristiche petrografiche delle rocce affioranti sulle due sponde (formazione granitica in sinistra, migmatiti e scisti in destra) la stretta presenta un profilo asimmetrico, con spalla sinistra più acclive rispetto alla destra.

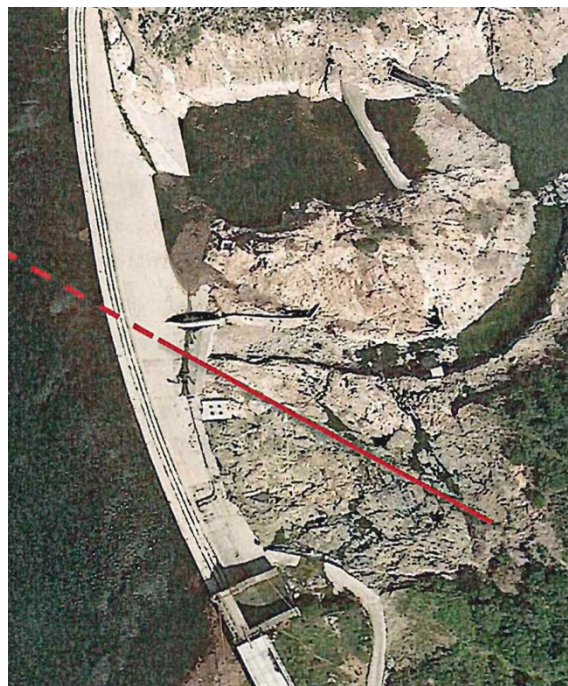
Dal punto di vista petrografico, nella maggior parte della zona d'imposta (sponda sinistra e fondo alveo) affiorano graniti con filoni lamprofirici ⁽⁵⁾ e sottili dicchi di quarzo e pegmatiti ⁽⁶⁾, mentre nella restante parte (sponda destra) affiorano micascisti passanti a “gneiss d'iniezione” al contatto con i graniti. Il passaggio dai graniti ai micascisti non è netto, ma attraversa una vasta zona di contatto dove scisti e graniti sono intimamente legati e compenetrati, per cui tale contatto è di tipo “magmatico”, e non tettonico.

Un importante elemento strutturale caratterizza l'ammasso roccioso di fondazione: trattasi di un filone basico della larghezza di 1,5m ÷ 2m con giacitura subverticale, che attraversa l'imposta della diga con direzione NW-SE interessando il piede di valle tra i conchi 11 e 12. Detto filone ha, nel complesso, caratteristiche tecniche più scadenti rispetto alla roccia incassante; infatti, a tratti è molto fratturato o degradato e con locali livelli argillificati.

Dagli atti di collaudo risulta che in fase di preparazione del piano di fondazione il filone fu prima svuotato e poi riempito con calcestruzzo, e successivamente cucito al sottostante ammasso sano mediante iniezioni cementizie.

L'ammasso granitico appare in superficie più o meno intensamente fratturato, privo di degradazioni meccaniche come milonitizzazioni e cataclasizzazioni. Dagli atti di collaudo risulta che le suddette caratteristiche dei graniti non furono del tutto confermate dagli scavi di fondazione, soprattutto in corrispondenza della cava per gli inerti, dove l'ammasso roccioso si presentava a tratti fortemente fratturato ed alterato.

Alcune particolarità morfologiche, come un'incisione ben evidente in sponda destra immediatamente a valle diga a circa 20 m s.l.m. di direzione all'incirca Est-Ovest, sono interpretabili come alvei pensili



⁽⁵⁾ Lamprofiri: rocce filoniane, porfiriche generalmente di colore scuro, prevalentemente di composizione basica con meno silice rispetto alla massa eruttiva principale e ricche per lo più di mica nera e anfiboli.

⁽⁶⁾ Pegmatiti: rocce filoniane che si trovano sia all'interno sia alla periferia di intrusioni granitiche, caratterizzate da struttura a grana grossa, talora gigantesca, e dalla presenza di minerali rari o poco comuni (berillo, topazio, tormalina, corindone, columbite ecc.).

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 14 di 39 |

abbandonati, ipotesi questa suffragata dalla presenza di marmitte ⁽⁷⁾ fluviali sul fondo delle incisioni. Peraltro proprio durante lo scotico del materiale alluvionale (spessore stimato sulla base dei sondaggi eseguiti durante le fasi progettuali tra 8,0 m e 12,7 m), sul fondo alveo furono rinvenute diverse e profonde marmitte; per la più profonda fu accertata la quota di 6,78 m sotto il livello del mare (considerato che la quota del punto più depresso in fondazione è di 2 m s.l.m., la marmitta più profonda presentava un'altezza di circa 9 m). Durante le fasi di preparazione del piano di fondazione le marmitte presenti sulla superficie d'impasto furono svuotate del materiale alluvionale e riempite di calcestruzzo.

– Traversa di scarico e muro di chiusura in sinistra

Il nuovo scarico di superficie (traversa e canale fagatore) e il muro in sinistra di chiusura sono stati fondati interamente (previo scotico della parte superficiale più allentata e fratturata) su ammasso roccioso granitico. Si tratta di rocce granitoidi attribuibili al Batolite Ercinico Sardo messe in posto nel Carbonifero superiore – Permiano, localmente ricoperte da un modestissimo spessore (< 1 m) di detriti colluviali, prodotti della degradazione fisica e alterazione chimica del substrato roccioso. Frequenti sono i filoni microgranitici e/o porfirici, spesso con giacitura suborizzontale, e filoni di quarzo centimetrici o decimetrici con giaciture coincidenti con i principali sistemi di fratture. Localmente la formazione granitica è attraversata anche da filoni basici di colore bruno scuro fortemente fratturati ed alterati, dello spessore massimo di circa 2 m e giacitura generalmente subverticale ⁽⁸⁾. I principali sistemi di frattura hanno direzioni NE–SW e NW–SE con inclinazione subverticale che, in associazione ai piani di fratturazione suborizzontale, determinano la suddivisione dell'ammasso roccioso in blocchi o prismi regolari. Proprio in corrispondenza delle fasce più fratturate sono più spinti i fenomeni di degradazione meccanica ed alterazione chimica.

⁽⁷⁾ Marmitte: incavature subcilindriche scavate nelle rocce dall'acqua in movimento vorticoso; si trovano nel letto di fiumi e torrenti. L'acqua prende facilmente moto rotatorio, formando vortici, specialmente dove l'alveo è irregolare o molto inclinato, come ai piedi delle cascate.

⁽⁸⁾ Nel corso degli scavi per la costruzione della traversa, il rinvenimento di un filone medio–basico in sinistra, in prossimità del muro di chiusura e della soglia sfiorante del nuovo scaricatore di superficie, ne ha richiesto la completa asportazione fino alla scoperta di fronti rocciosi di qualità adeguata e il successivo riempimento con calcestruzzo dei volumi liberati dal materiale degradato.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 15 di 39 |

Art. 3. – DATI PRINCIPALI DEL SERBATOIO, DEL BACINO E DELL'ALVEO A VALLE

Art. 3.1. – Dati principali ⁽⁹⁾

| | Prima dei lavori | Dopo i lavori | Attuale | |
|--|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------|
| – quota di massimo invaso | 46,50 ⁽¹⁰⁾ | 46,50 ⁽¹¹⁾ | 46,50 ⁽⁴⁾ | m s.l.m. |
| – quota massima di regolazione | 43,00 | 46,00 | 42,30 | m s.l.m. |
| – quota minima di regolazione | 27,90 | 27,90 | 27,90 | m s.l.m. |
| – superficie dello specchio liquido: | | | | |
| – alla quota di massimo invaso | 3,59 | 3,59 | 3,59 | km ² |
| – alla quota massima di regolazione | 2,85 | 3,49 | 2,71 | km ² |
| – alla quota minima di regolazione | 0,61 | 0,61 | 0,61 | km ² |
| – volume totale di invaso (D.M. 24.3.1982) | 38,07 | 38,07 | 38,07 | Mm ³ |
| – volume di invaso (L.584/1994) | 26,80 | 36,30 | 24,85 | Mm ³ |
| – volume utile di regolazione | 23,95 | 33,45 | 22,00 | Mm ³ |
| – volume di laminazione | 11,27 | 1,77 | 13,22 | Mm ³ |
| – superficie del bacino imbrifero sotteso | | | 615 | km ² |
| – superficie dei bacini imbriferi allacciati | | | 0 | km ² |
| – portata di massima piena di progetto | | | 2670 ⁽¹²⁾ | m ³ /s |
| – tempo di ritorno | | | non considerato ⁽¹³⁾ | |

⁽⁹⁾ N.B.: Le superfici dello specchio liquido e i volumi di invaso riportati in questa sezione sono stati ricavati dalle curve delle superfici e dei volumi aggiornate dall'ENAS (relativamente alle quote del terreno comprese fra 36,20 e 50,00 m s.l.m.) sulla base di un rilievo aerofotogrammetrico eseguito in data 22 gennaio 2016. Le curve aggiornate sono ben approssimate dalle espressioni analitiche

$$S = -1,3463(h-14)^4 + 94,077(h-14)^3 + 1530,6(h-14)^2 + 7717(h-14)$$

$$V = -1,3463/5(h-14)^5 + 94,077/4(h-14)^4 + 1530,6/3(h-14)^3 + 7717/2(h-14)^2$$

nelle quali:

h è il livello d'invaso, espresso in m s.l.m.;

S è la superficie dello specchio liquido, espressa in m²;

V è il volume di invaso, espresso in m³.

⁽¹⁰⁾ Corrispondente ad una portata di efflusso, dallo sfioratore libero originario, di 2643 m³/s [cfr Relazione di collaudo, 18 agosto 1967, pag. 104].

⁽¹¹⁾ Corrispondente ad una portata di efflusso, dalla nuova traversa di scarico in sinistra, di 3250 m³/s [cfr Progetto esecutivo per l'ampliamento del serbatoio, giugno 2005, Allegato 1 – Relazione tecnica generale, pag. 23].

⁽¹²⁾ Calcolata in base ai contributi al colmo del Cedrina aggiornati al 1951, incrementati del 10% per tenere conto della minore permeabilità del bacino del Posada [cfr Relazione di collaudo, 18 agosto 1967, pagg. 4 e 13].

⁽¹³⁾ La portata di progetto fu stimata come “portata di piena catastrofica”, senza associarvi un tempo di ritorno [cfr Relazione di collaudo, 18 agosto 1967, pag. 46].

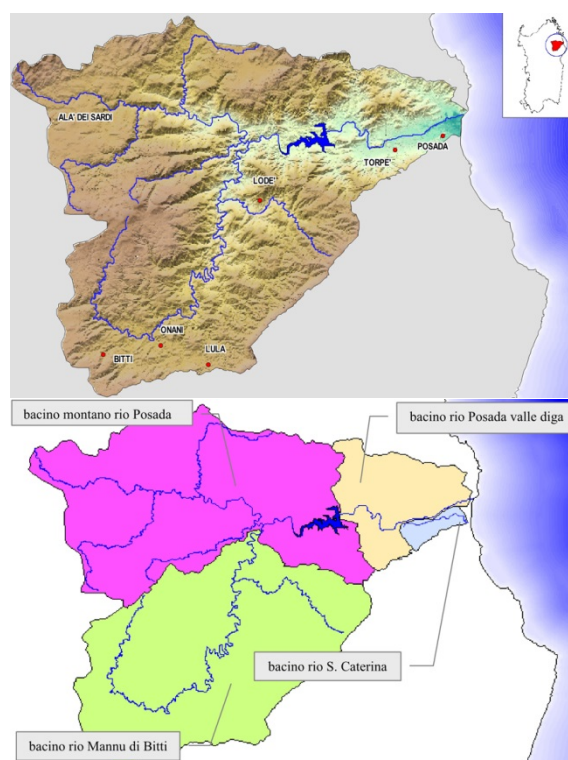
| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 16 di 39 |

| | | |
|--|-------------------------------|-------------------|
| – portata di massima piena stimata con rivalutazione idrologica (progetto definitivo per l’ampliamento del serbatoio – ottobre 2003) | 3600 | m ³ /s |
| – tempo di ritorno..... | 1000 | anni |
| – portata di massima piena stimata con rivalutazione idrologica (ENAS – Università di Cagliari D.I.C.A.A.R. – revisione giugno 2016) | da verificare ⁽¹⁴⁾ | |
| – tempo di ritorno..... | 1000 | anni |
| – portata massima transitabile in alveo contenuta nella fascia di pertinenza fluviale... | 1000 ⁽¹⁵⁾ | m ³ /s |
| – portata di deflusso minimo vitale..... | non definita | |

Art. 3.2. – Descrizione sintetica del bacino afferente all’invaso

Tra i fiumi che sfociano nella costa orientale della Sardegna, il fiume Posada è una delle unità idrografiche più importanti. Il suo bacino si trova a cavallo tra la provincia di Sassari e la provincia di Nuoro, impostato tra la catena del Monte Albo a Sud e i Monti di Bitti e di Alà dei Sardi ad Ovest. Il suo spartiacque si snoda attraverso una serie di picchi di notevole altezza, come Punta Caterina (1227 m), Punta di Senalonga (1077 m) e Punta Pianedda (985 m).

Il bacino del Posada, alla foce di Orvile, ha un’estensione di 680 km², e sviluppo dell’asta principale di 88 km. La parte montana, sottesa dalla diga di Maccheronis, ha un’estensione complessiva di circa 615 km², ed è costituita dall’unione di due grandi sottobacini indipendenti: quello del rio Mannu di Bitti, di 302 km², che drena tutta la parte meridionale del territorio, e quello dell’Alto Posada, che a monte della confluenza col rio Mannu di Bitti drena una superficie di 238 km².

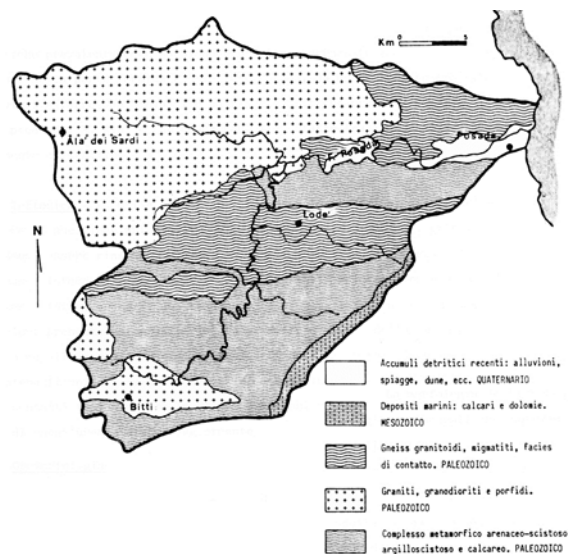


⁽¹⁴⁾ La Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato dei Lavori Pubblici, nel presentare con nota n. 42123 del 24.10.2016 lo studio ENAS – Università di Cagliari che aggiornava il valore della portata di massima di piena per la diga di Maccheronis, ha riferito come su questo siano previsti ulteriori approfondimenti da parte dell’Autorità del Distretto Idrografico della Sardegna.

⁽¹⁵⁾ La relazione tecnica giugno 2005 presentata dal Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale, individua in realtà come massima portata transitabile in alveo 1100 m³/s. Nelle conclusioni viene tuttavia precisato che “*I calcoli di verifica evidenziano un sormonto della struttura arginale in destra idraulica, a protezione dell’abitato di Torpè, alla Sez. 128, già con una portata di 1100 m³/s. Con la stessa portata si sono verificati sormonti alla Sez. 82, subito a valle del viadotto della S.S. 131 DCN*”. Sembra perciò ragionevole, nell’ottica di individuare una portata che transiti in alveo senza determinare esondazioni, assumere come massima portata transitabile in alveo 1000 m³/s. E’ opportuno precisare che la tipologia fusibile, non rivestita, dell’argine in sponda sinistra, fa sì che portate dell’ordine dei 1000 m³/s siano contenute tra gli argini solo a condizione che non perdurino a lungo.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 17 di 39 |

Dal punto di vista litologico, il bacino sotteso dalla diga è interamente costituito, se si eccettua una modesta fascia di formazioni calcaree mesozoiche (catena del Monte Albo), dalle rocce cristalline paleozoiche: il settore settentrionale e parte di quello sud-occidentale (Monti di Bitti) sono occupati dalle rocce granitiche ascrivibili al ciclo ercinico, mentre sulla restante area, che è poi quella di maggiore estensione, affiorano tipi litologici che presentano vari gradi di metamorfismo. I terreni sono sostanzialmente impermeabili, con forti dislivelli fra gli altopiani e la rete idrografica principale, e conseguente carattere torrentizio del fiume.



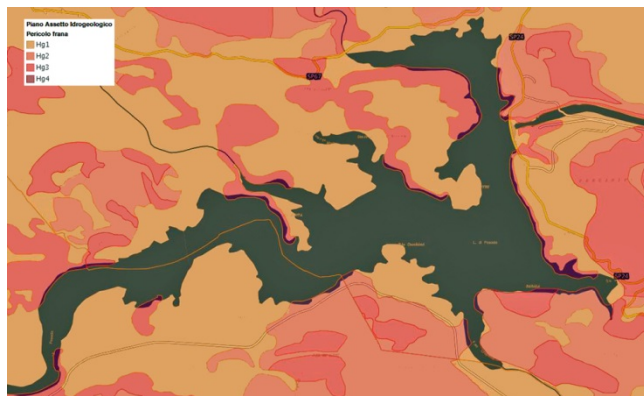
Ulteriori parametri caratteristici relativi al bacino del Posada a Maccheronis sono indicati nel seguente prospetto:

| | | |
|-----------------------------------|-------|----------|
| Lunghezza asta principale | 74,5 | km |
| Quota sezione di chiusura | 32,0 | m s.l.m. |
| Altezza media del bacino | 516,5 | m s.l.m. |
| Pendenza media del bacino | 0,164 | |
| Pendenza media dell'asta fluviale | 0,005 | |

Art. 3.3. – Descrizione delle sponde dell'invaso

Le sponde dell'invaso sono costituite da terreni acclivi generalmente stabili, prevalentemente rocciosi, con modesta copertura detritica e scarsa vegetazione. Non vi sono, lungo le sponde, insediamenti abitativi.

Il PAI Sardegna segnala alcuni tratti di sponda caratterizzati da pericolosità di frana anche elevata (Hg3, in rosa più carico sulla mappa), ma il corrispondente rischio di frana, in considerazione degli effettivi elementi a rischio e della rispettiva vulnerabilità, rimane contenuto al livello "medio" Rg2⁽¹⁶⁾.



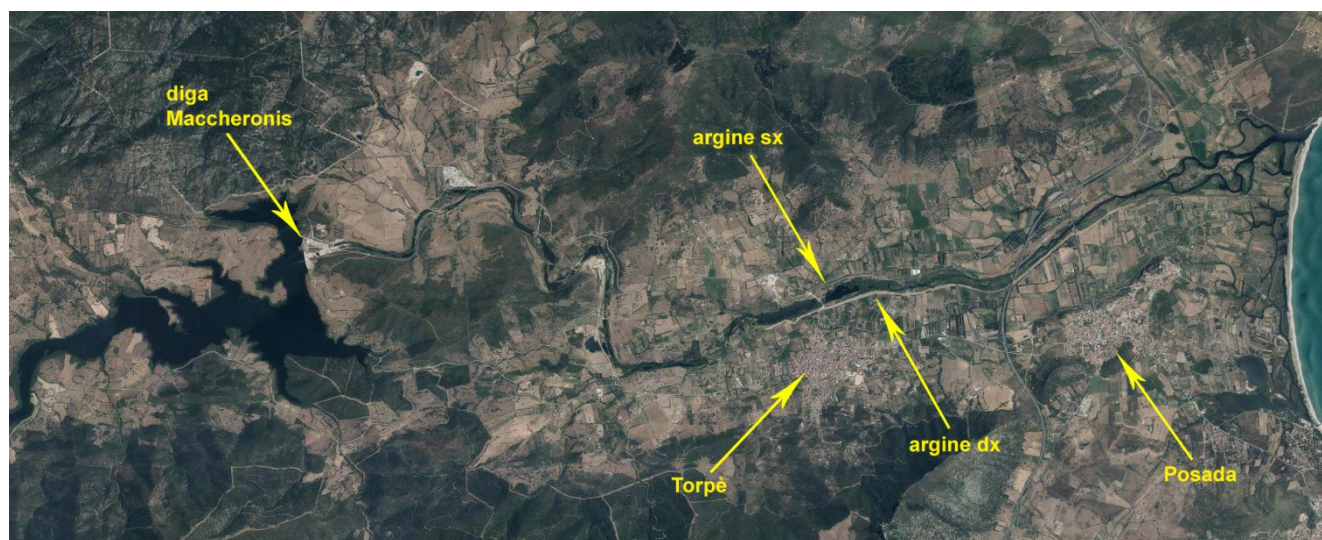
⁽¹⁶⁾ In particolare, il PAI assegna alle sponde dell'invaso di Maccheronis prevalentemente un rischio di frana Rg1 (moderato: "danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali") e, in alcuni tratti, Rg2 (medio: "sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche").

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 18 di 39 |

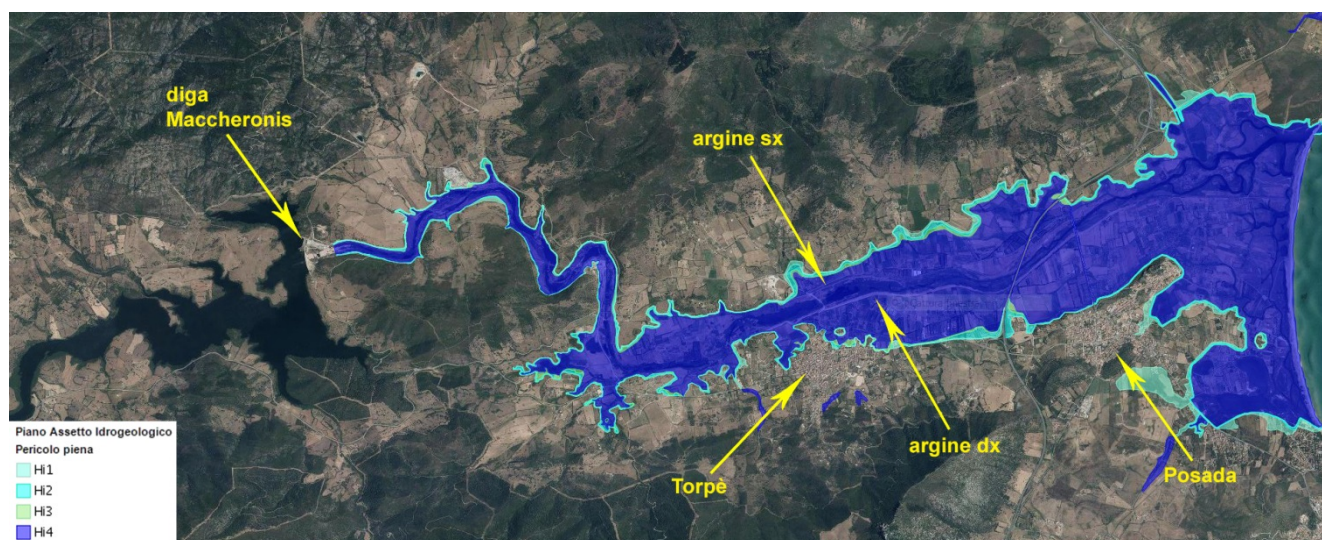
Art. 3.4. – Alveo a valle: descrizione sintetica, particolari situazioni e studi disponibili

L'alveo a valle è sensibilmente incassato sino al guado di S. Giovanni (5 km circa dallo sbarramento); attraversa quindi il fondovalle alluvionale e, dall'abitato di Torpè sin quasi alla foce, è regimato in destra e in sinistra con arginature. Il sistema arginale presenta una sezione tipo in terra di altezza variabile tra 3 e 6 m circa e di larghezza in sommità pari a 3 m. L'argine in destra è protetto al piede per brevi tratti con gabbionate; sono inoltre rivestiti i brevi settori in cui sono state realizzate le rampe di accesso alle aree golenali.

Il **PAI Sardegna** individua come particolarmente critico, in termini di rischio idraulico, il tratto di alveo che corre in prossimità degli abitati di Torpè e Posada. La principale causa di criticità è individuata nella inadeguatezza della struttura arginale esistente, che sarebbe sormontata già nel caso di piene con tempo di ritorno dell'ordine dei 50 anni, con conseguente allagamento di un'ampia porzione del territorio retrostante. Tuttavia, le simulazioni condotte in sede di redazione del PAI e del PSFF indicano come il deflusso di piena non sembri interessare l'abitato di Posada, e coinvolga marginalmente l'abitato di Torpè solo in occasione di eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni.

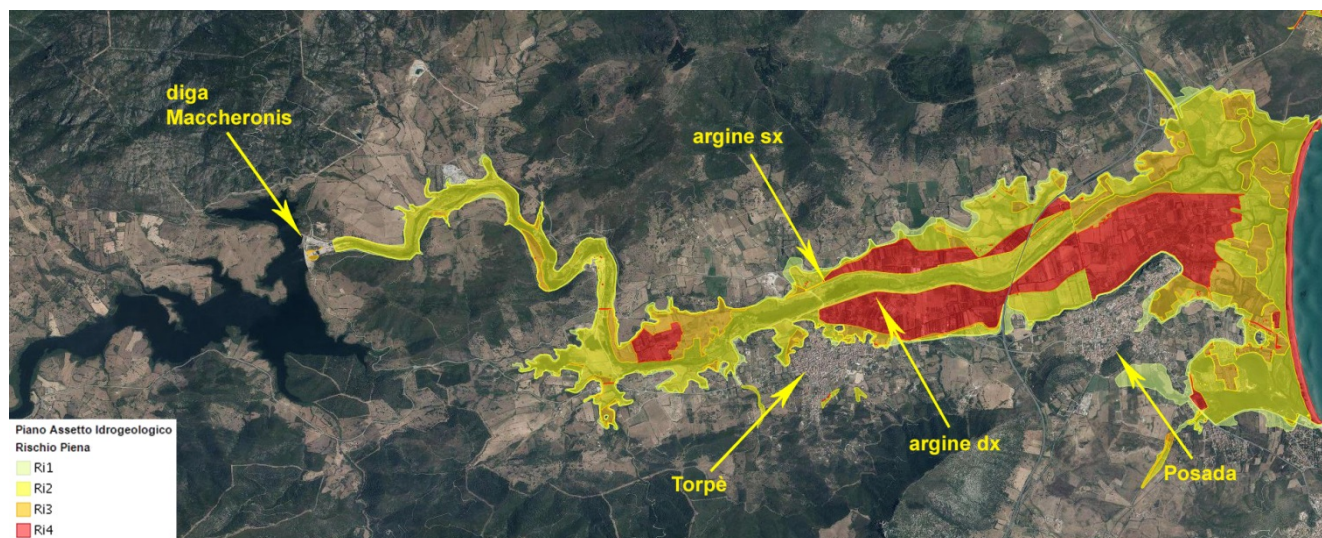


L'alveo a valle della diga di Maccheronis

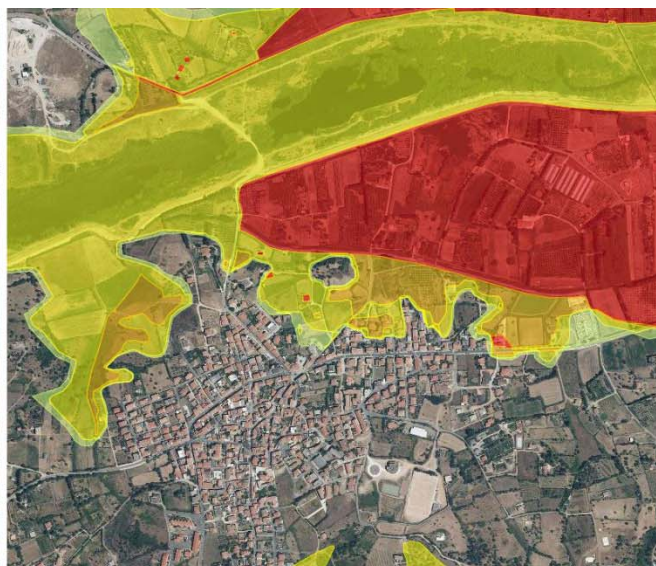


PAI Sardegna – Mappa del pericolo di piena

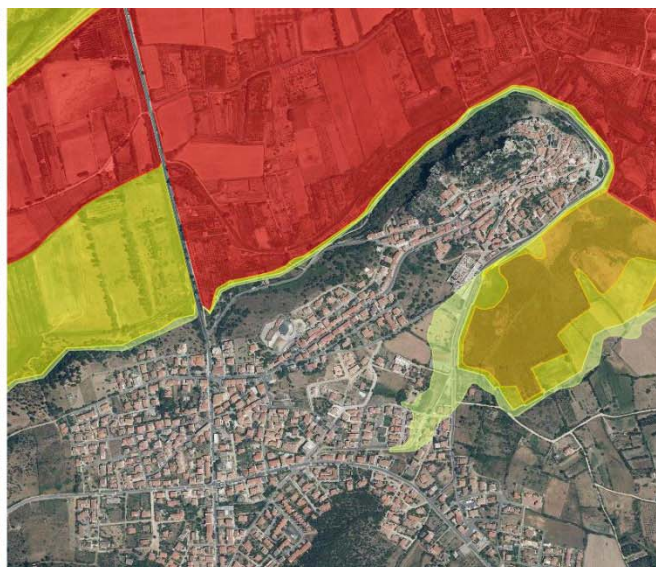
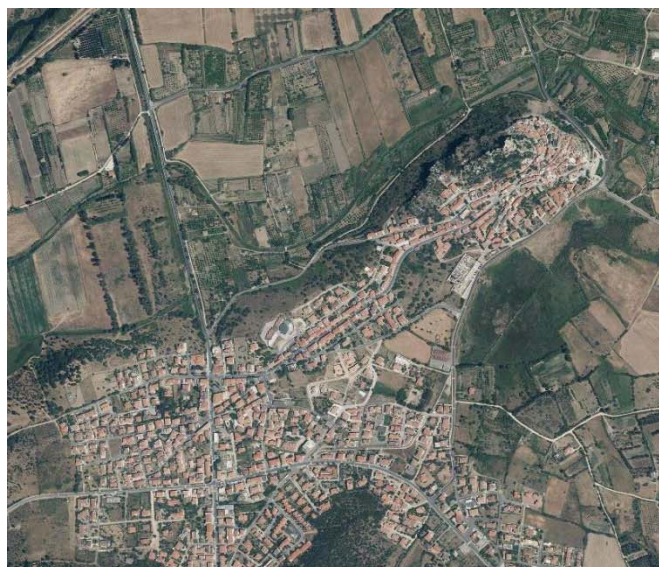
| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 19 di 39 |



PAI Sardegna – Mappa del rischio di piena



PAI Sardegna – Mappa del rischio di piena, particolare dell'abitato di Torpè



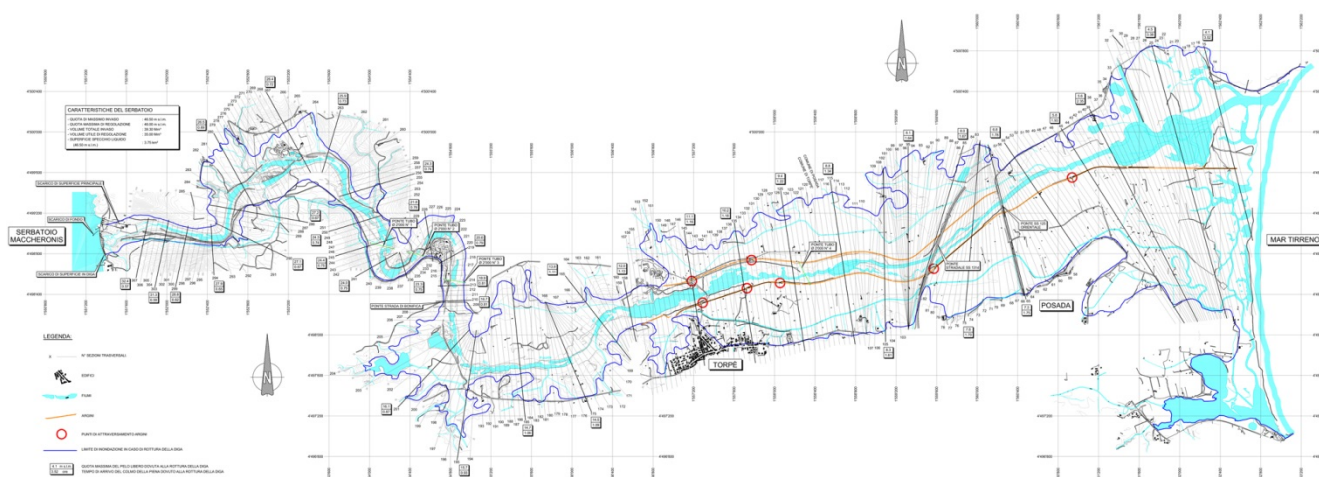
PAI Sardegna – Mappa del rischio di piena, particolare dell'abitato di Posada

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 20 di 39 |

Il **Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA)** adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino regionale della Sardegna con Deliberazione n. 2 del 15.03.2016, prevede a valle della diga di Maccheronis interventi di mitigazione del rischio idraulico e di difesa dal rischio idrogeologico dei centri abitati. In particolare, in prossimità del centro di Torpè è prevista la realizzazione di sovralti arginali e interventi di pulizia e risagomatura dell'alveo. La priorità assegnata agli interventi predetti ne contempla la realizzazione oltre l'anno 2021.

Lo **studio delle onde di piena artificiali** conseguenti a repentina apertura degli organi di scarico e ad ipotetico collasso della diga, nella sua più recente versione, allegata al progetto esecutivo 2005 per l'ampliamento del serbatoio, riporta le seguenti conclusioni:

- Nel caso di apertura del solo scarico di fondo la portata scaricata a valle è di piccola entità, ed è quindi poco significativa ai fini della protezione civile. Il tempo di arrivo dell'onda nell'alveo in corrispondenza degli abitati di Torpè e di Posada è, rispettivamente, di 3,06 e 6,72 ore.
- Nel caso di apertura contemporanea di tutti gli scarichi manovrabili della diga, dalla simulazione risulta come:
 - a breve distanza dalla diga (330 m a valle) la massima portata raggiunta sarebbe $Q_{\max} = 3333 \text{ m}^3/\text{s}$, e il massimo tirante idrico $h_{\max} = 8,47 \text{ m}$;
 - subito a monte dell'abitato di Torpè si avrebbe $Q_{\max} = 2140 \text{ m}^3/\text{s}$ ed $h_{\max} = 5,44 \text{ m}$; il tempo di arrivo del colmo sarebbe pari a 1,40 ore (1 ora e 24');;
 - subito a monte dell'abitato di Posada si avrebbe $Q_{\max} = 1986 \text{ m}^3/\text{s}$ ed $h_{\max} = 3,95 \text{ m}$; il tempo di arrivo del colmo sarebbe di 1,93 ore (1 ora e 56').
- Nel caso di collasso della diga, risulterebbe:
 - a breve distanza dalla diga (330 m a valle) $Q_{\max} = 16258 \text{ m}^3/\text{s}$; $h_{\max} = 22,09 \text{ m}$;
 - subito a monte dell'abitato di Torpè $Q_{\max} = 7480 \text{ m}^3/\text{s}$; $h_{\max} = 8,27 \text{ m}$; tempo di arrivo del colmo: 1,13 ore (1 ora e 8');;
 - subito a monte dell'abitato di Posada $Q_{\max} = 5742 \text{ m}^3/\text{s}$; $h_{\max} = 6,97 \text{ m}$; tempo di arrivo del colmo: 1,70 ore (1 ora e 42').



Studio dell'onda di piena artificiale per collasso della diga – Planimetria delle aree allagate

Il **piano di laminazione** di cui alla direttiva P.C.M. 27 febbraio 2004 non è stato ad oggi adottato dall'Amministrazione regionale.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 21 di 39 |

Art. 3.5. – Notizie sull'interrimento e sua eventuale influenza sulla funzionalità delle opere di scarico

Il Progetto di gestione ai sensi del D.Lgs. 152/2006 non è stato ad oggi predisposto, né sono stati effettuati rilievi specifici per stimare l'interrimento: si presume comunque che l'apporto di materiale sia poco significativo, in relazione alla natura geologica del bacino tributario.

Art. 4. – DATI PRINCIPALI DELLE OPERE DI SCARICO

Art. 4.1. – Dati principali

Portata esitata con livello nel serbatoio alla quota 46,50 m s.l.m. (quota di massimo invaso):

| | Prima dei lavori | Dopo i lavori | Attuale | |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| – dallo scarico di superficie | 2642 ⁽¹⁷⁾ | 3356 ⁽¹⁸⁾ | 3314 ⁽¹⁹⁾ | m ³ /s |
| – dallo scarico di alleggerimento | 299 ⁽²⁰⁾ | 302 ⁽²¹⁾ | 299 ⁽²⁰⁾ | m ³ /s |
| – dallo scarico di fondo | | | 65 | m ³ /s |

Portata esitata con livello nel serbatoio alla quota 46,00 m s.l.m. (quota massima di regolazione a lavori finiti):

| | Prima dei lavori | Dopo i lavori | Attuale | |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| – dallo scarico di superficie | 2096 ⁽¹⁷⁾ | 3122 ⁽¹⁸⁾ | 2740 ⁽¹⁹⁾ | m ³ /s |
| – dallo scarico di alleggerimento | 267 ⁽²⁰⁾ | 265 ⁽²¹⁾ | 267 ⁽²⁰⁾ | m ³ /s |
| – dallo scarico di fondo | | | 65 | m ³ /s |

Portata esitata con livello nel serbatoio alla quota 43,00 m s.l.m. (quota massima di regolazione prima dei lavori):

| | Prima dei lavori | Dopo i lavori | Attuale | |
|---|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| – dallo scarico di superficie | 0 ⁽¹⁷⁾ | 1844 ⁽¹⁸⁾ | 212 ⁽¹⁹⁾ | m ³ /s |
| – dallo scarico di alleggerimento | 81 ⁽²⁰⁾ | 82 ⁽²¹⁾ | 81 ⁽²⁰⁾ | m ³ /s |
| – dallo scarico di fondo | | | 61 | m ³ /s |

⁽¹⁷⁾ Valore riferito allo scarico di superficie originario in corpo diga, non regolato, con soglia a quota 43,00 m s.l.m.

⁽¹⁸⁾ Valore riferito alla nuova traversa di sfioro in sinistra, con soglia di sfioro a quota 35,50 m s.l.m., nell'ipotesi che tutte e tre le paratoie si trovino in posizione di completa apertura.

⁽¹⁹⁾ Valore riferito allo sfioratore capitozzato in corpo diga attualmente esistente, con soglia a quota 42,30 m s.l.m.

⁽²⁰⁾ Valore riferito allo scarico di alleggerimento originario in corpo diga, ancora esistente, con soglia a quota 40,50 m s.l.m., nell'ipotesi di paratoia in posizione di completa apertura.

⁽²¹⁾ Valore riferito allo scarico di alleggerimento in corpo diga nella configurazione prevista a fine lavori, con soglia ancora a quota 40,50 m s.l.m., nell'ipotesi di paratoia in posizione di completa apertura.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 22 di 39 |

Art. 4.2. – Caratteristiche principali degli scarichi e delle opere di derivazione

– Scarico di superficie

– Situazione antecedente all'avvio dei lavori

Ubicato nella parte centrale della diga, sui conci VI–XIX, lo sfioratore di superficie era costituito da una soglia libera della lunghezza complessiva di 198 m, al netto delle pile, con sfioro a quota 43,00 m s.l.m. sagomata con profilo Scimemi, sovrastata da un viadotto di collegamento delle sponde ⁽²²⁾.

– Situazione attuale

Nel corso dei lavori per l'ampliamento del serbatoio, si è proceduto alla preliminare demolizione della parte sommitale dei conci sfioranti della diga originaria, portandone il ciglio alla quota 42,30 m s.l.m. La diga risulta con ciò sfiorante per una lunghezza di 212 metri, con soglia orizzontale di larghezza pari a 1,65 m ⁽²³⁾.

– Situazione successiva ai lavori di ampliamento del serbatoio

Nell'ambito degli interventi di ampliamento del serbatoio, è stato previsto il tamponamento delle luci di sfioro preesistenti e la realizzazione di un nuovo scaricatore di superficie in sponda sinistra. Quest'ultimo è costituito da una traversa in calcestruzzo armato, preceduta da un canale di imbocco di circa 90 m, con soglia a quota 35,50 m s.l.m. suddivisa in tre luci di 15 metri ciascuna, provviste di altrettante paratoie a settore di 11,18 metri di altezza con appoggio sulla soglia dello sfioratore a quota 35,32 m s.l.m. (il filo superiore delle paratoie risulta dunque a quota 46,50 m s.l.m.). Alle tre luci suddette segue uno scivolo e poi un canale di scarico in calcestruzzo a sezione trapezia che termina con due salti di sci con angolo di uscita rispetto all'orizzontale di 16°, provvisti di deflettori ⁽²⁴⁾.

⁽²²⁾ La scala delle portate dello sfioratore era data dall'espressione:

$$Q = \mu L h \sqrt{2 g h}$$

essendo:

$\mu = 0,46$ il coefficiente di efflusso;

$L = 198$ m la lunghezza della soglia al netto delle pile (sagomate);

h (m) il carico sulla soglia.

⁽²³⁾ La scala delle portate dello sfioratore è data ancora dall'espressione:

$$Q = \mu L h \sqrt{2 g h}$$

con identico significato dei simboli (ma con $L = 212$ m e soglia a quota 42,30 m s.l.m.).

Indicando con d ($= 1,65$ m) lo spessore della soglia, si ha che per $0,1 \leq h/d \leq 1,5$ lo stramazzone può essere considerato del tipo "a parete grossa" (Longo e Petti, 2005). In questo caso, per $0,1 \leq h/d \leq 0,4$ il coefficiente di efflusso μ può essere considerato costante e pari a 0,385 (stato critico sulla soglia), mentre per $0,4 < h/d \leq 1,5$ il coefficiente μ cresce linearmente con h/d dal valore 0,385 al valore 0,41.

Per $h/d > 1,5$ la soglia inizia a funzionare "a parete sottile", con μ costante e pari a 0,41.

⁽²⁴⁾ Con riferimento al progetto 2005 della nuova traversa di sfioro in sinistra, in condizioni di completa apertura delle paratoie la scala delle portate di ciascuna delle tre luci è data dall'espressione:

$$Q = \mu L_{\text{eff}} h \sqrt{2 g h}$$

essendo:

$L_{\text{eff}} = L - 2k_p h$, dove $L = 15$ m è la lunghezza della soglia e $k_p = 0,044$ è un coefficiente di contrazione;

h (m) il carico sulla soglia, posta a quota 35,50 m s.l.m.;

μ il coefficiente di efflusso, dato dall'espressione $\mu = \mu_d (h/h_d)^{0,12}$ (Brunnel), dove h_d è il carico di dimensionamento e μ_d è il relativo coefficiente di deflusso (nella fattispecie $h_d = 8,75$ m e $\mu_d = 0,48$). (continua)

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 23 di 39 |

Benché la nuova traversa di sfioro sia stata quasi interamente realizzata e le relative paratoie siano già in opera, queste non sono ancora manovrabili in quanto non è terminata l'installazione del sistema oleodinamico di comando.

– **Scarico superficiale di alleggerimento**

– Situazione antecedente all'avvio dei lavori (e tutt'ora esistente)

Realizzato in corrispondenza del concio V, è costituito da un'unica luce della lunghezza di 10 m con soglia sfiorante a quota 40,50 m s.l.m. provvista di paratoia a settore con altezza di ritenuta di 2,5 m, a comando elettrico, azionata mediante due argani. Alla soglia di sfioro, sagomata con profilo Scimemi, segue un breve scivolo che si raccorda con un successivo tratto piano, con quota di uscita 35,52 m s.l.m. ⁽²⁵⁾

continuazione nota ⁽²⁴⁾ Quando tutte e tre le luci fossero in funzione, la portata sarebbe evidentemente pari a tre volte quella data dall'espressione predetta.

Nel caso di funzionamento sotto battente, nel progetto 2005, sulla base della trattazione teorica del processo di efflusso e dei (concordanti) risultati delle prove su modello, si propone per la portata di efflusso da una sola paratoia parzialmente aperta una curva di regressione di equazione:

$$Q = 66,44 (-0,01 a + 0,6641) a \sqrt{h}$$

dove:

a (m) è l'apertura della paratoia, misurata verticalmente a partire dalla quota di battuta, 35,32 m s.l.m.;

h (m) è il carico idraulico, misurato a partire dalla quota della soglia, 35,50 m s.l.m.

⁽²⁵⁾ La scala delle portate dello scarico di alleggerimento, in condizioni di completa apertura della paratoia a settore, è data dalla consueta espressione:

$$Q = \mu L h \sqrt{2 g h}$$

dove:

$\mu = 0,46$ il coefficiente di efflusso;

L = 10 m è la lunghezza della soglia;

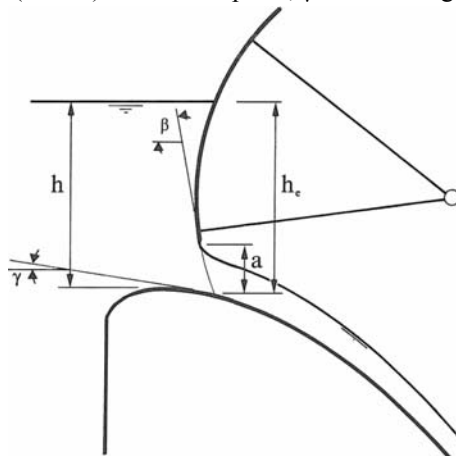
h (m) è il carico sulla soglia, posta a quota 40,50 m s.l.m.

Nel caso di funzionamento sotto battente, l'espressione della scala delle portate è la seguente:

$$Q = \mu L a \sqrt{2 g h_e}$$

con significato dei simboli descritto nella figura sottostante, e con: $\mu = \frac{0,46 + 0,54 e^{-0,8 \alpha}}{1 + \frac{a}{h_e} (0,6 - 0,2 \alpha)}$,

dove $\alpha = \beta - \gamma$ (N.B.: α è espresso in radianti). La precedente espressione di μ , dovuta a Cozzo (1978), fu determinata per paratoie installate su un canale a fondo orizzontale, ma “può essere impiegata per paratoie associate a fondo inclinato o curvo assumendo per angolo α quello di inclinazione della tangente del bordo inferiore della paratoia alla tangente al fondo nel punto di battuta” (Arredi). Nella fattispecie, $\gamma = 11^\circ$ sessagesimali.



| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 24 di 39 |

Le modifiche allo scarico superficiale di alleggerimento previste nell'ambito dei lavori di ampliamento del serbatoio non hanno ancora avuto luogo. Lo scarico si trova ancor oggi nella sua conformazione originaria. La manovra della paratoia è possibile solo localmente, dall'impalcato che sovrasta la luce di scarico.

– Situazione successiva ai lavori di ampliamento del serbatoio

Nell'ambito degli interventi contemplati nel progetto definitivo di ampliamento del serbatoio, è prevista la sostituzione della paratoia a settore esistente con una paratoia a ventola a comando oleodinamico, con due pistoni tuffanti a doppio effetto. La soglia di sfioro, di lunghezza ridotta a 9,90 m, sarà ancora a quota 40,50, ma la paratoia avrà un'altezza di ritenuta di 6 metri sopra la soglia, invece dei 2,5 metri attuali. La paratoia è prevista di forma cilindrica con raggio di curvatura uniforme pari a 13,80 m ⁽²⁶⁾.

⁽²⁶⁾ Il progetto 2005 di modifica dello scarico di alleggerimento fa riferimento, ai fini della valutazione della portata di efflusso, alla trattazione di Sinniger (1989): la scala delle portate è data dall'espressione:

$$Q = \mu L_{\text{eff}} h_e \sqrt{2 g h_e}$$

essendo:

$L_{\text{eff}} = L - 2k_p h_e$, dove $L = 9,90$ m è la lunghezza della soglia e $k_p = 0,04$ è un coefficiente di contrazione;

h_e (m) il carico sulla linea di sfioro, sia questa rappresentata dalla soglia (posta a quota 40,50 m s.l.m.) in condizioni di paratoia totalmente aperta, oppure dalla direttrice più elevata della paratoia cilindrica in condizioni di paratoia parzialmente aperta (vedi figura sottostante);

μ il coefficiente di efflusso, che in caso di paratoia completamente aperta è pari a 0,48, mentre in caso di apertura parziale della paratoia è dato dall'espressione:

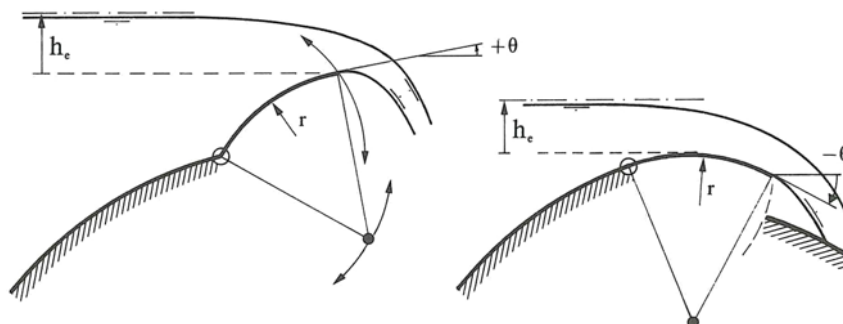
$$\mu = \mu_{\text{max}} [\bar{c} + (1 - \bar{c}) \cdot (\Delta \cdot e^{1-\Delta})^4]$$

dove si è posto:

$$\bar{c} = \frac{\mu_{\text{min}}}{\mu_{\text{max}}}, \quad \text{con} \quad \mu_{\text{min}} = 0,313 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{h_e}{r} \right)^{\frac{1}{3}} \right], \quad \mu_{\text{max}} = 0,483 \left[1 + \frac{1}{69} \left(\frac{h_e}{r} \right)^{\frac{1}{3}} \right];$$

$$\Delta = \frac{\theta^0 + 20^0}{\theta_{\text{max}}^0 + 20^0}, \quad \text{con} \quad \theta_{\text{max}}^0 = 20^0 \left[1 + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{h_e}{r} \right)^2 \right]$$

N.B.: gli angoli, come peraltro indicato nella simbologia, sono espressi in gradi sessagesimali.



| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 25 di 39 |

– Scarico di fondo

E' costituito da una galleria a sezione circolare con soglia di imbocco a quota 14,41 m s.l.m. che si sviluppa in sponda sinistra. La galleria è rivestita con un anello in calcestruzzo di 25 cm di spessore, e ha un diametro, al netto dell'anello di rivestimento, pari a 3,5 m. Lo sviluppo complessivo della galleria è di m 199,05. La pendenza del fondo è dello 0,2 %. Alla progressiva 105 m circa la galleria è intercettata da due paratoie piane a strisciamento, a comando oleodinamico, di dimensioni 1,60 x 2,00 m. A monte e a valle delle paratoie, due tronchi rivestiti in lamiera raccordano gradualmente la sezione da circolare a rettangolare. Le paratoie sono ubicate nel fondo di un pozzo di manovra cui si accede dalla sponda sinistra, poco a valle della diga⁽²⁷⁾. Attualmente, la manovra delle paratoie dello scarico di fondo è possibile solo in locale, dal quadro di comando situato nella camera di manovra alla sommità del pozzo delle paratoie o dal quadro situato alla base del pozzo stesso.

– Derivazione

L'opera di presa, ubicata in sponda destra poco a monte della diga, è costituita da un portale di imbocco con soglia a quota 23,66 m s.l.m. provvisto di griglia, cui segue una galleria a sezione circolare rivestita con anello in calcestruzzo armato di 30 cm di spessore, con diametro, al netto dell'anello di rivestimento, pari a 2 m. Lo sviluppo complessivo della galleria è di m 449,35. Alla progressiva 115,50 m è inserito un tratto di raccordo, rivestito in lamiera, situato sul fondo del pozzo di manovra, ove è ubicata una valvola a farfalla di intercettazione DN 1100 seguita da una valvola a fuso di pari diametro. La galleria prosegue a valle ancora con sezione circolare rivestita in calcestruzzo armato del diametro interno di 2 m.

⁽²⁷⁾ La scala delle portate dello scarico di fondo è data dall'espressione:

$$Q = A \sqrt{\frac{H_m - H_s}{\frac{L}{k^2 R^{4/3}} + \frac{0,5 + 1,225 \left(\frac{A}{C_c \sigma}\right)^2}{2g}}}$$

essendo:

$A = \pi D^2/4 = 9,62 \text{ m}^2$ la sezione della condotta in pressione a monte delle paratoie ($D = 3,5 \text{ m}$);

$C_c \cdot \sigma$ l'area della sezione contratta a valle delle paratoie (C_c è il coefficiente di contrazione e σ è l'area della sezione libera in corrispondenza della paratoia di valle);

$L = 107 \text{ m}$ la lunghezza del tratto di condotta in pressione a monte della paratoia di valle;

k il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, che nella fattispecie può assumersi uguale a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;

$R = D/4 = 0,875 \text{ m}$ il raggio idraulico;

H_m la quota dell'invaso a monte;

H_s la quota di sbocco, o del baricentro della sezione contratta, pari 14,20 m s.l.m. (quota della base della condotta in corrispondenza delle paratoie) più $(C_c \cdot a)/2$, dove a è l'altezza di apertura della paratoia di valle.

Per quanto attiene al coefficiente di contrazione C_c , questo è tabellato in funzione del grado di apertura relativo della paratoia di valle a/a_{\max} (Von Mises, 1946):

| | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| a/a_{\max} | $\simeq 0$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| C_c | 0,611 | 0,612 | 0,616 | 0,622 | 0,631 | 0,644 | 0,662 | 0,687 | 0,722 | 0,787 | 0,95 |

La distribuzione dei valori di C_c in funzione di $x = a/a_{\max}$ è ben approssimata dalla polinomiale

$$C_c = 9,9206 x^7 - 27,2631 x^6 + 29,3587 x^5 - 15,4219 x^4 + 4,1115 x^3 - 0,3884 x^2 + 0,0216 x + 0,611$$

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 26 di 39 |

Art. 5. – ACCESSI ALLA DIGA

– Accesso alla diga:

L'accesso alla diga di Maccheronis è assicurato:

- in sponda destra, dalla strada provinciale n. 24 Torpè-Concas, percorribile in ogni periodo dell'anno, che da Torpè consente di raggiungere la casa di guardia;
- in sponda sinistra, dalla stessa provinciale n. 24 Torpè-Concas, ma percorsa in senso opposto (dalla frazione di Concas verso Torpè), considerato che la strada, che attraversava (e attraverserà a fine lavori) il coronamento della diga, è attualmente interrotta a causa dei lavori stessi.

– Accesso alle varie parti della diga:

L'accesso alle varie parti della diga, come anche il collegamento tra le due sponde in condizioni di lavori interrotti, è reso possibile da percorsi sterrati che corrono a valle della diga o dallo stesso cunicolo superiore a quota 30 m s.l.m., che presenta un accesso su entrambe le sponde. Al cunicolo perimetrale si accede dal cunicolo superiore mediante le discenderie a pozzo ubicate nei conci X e XVII, oppure direttamente da un ingresso sul paramento di valle che si apre in corrispondenza del concio X, in sponda destra.

Art. 6. – VIGILANZA E CONTROLLO

Il Gestore provvede alla vigilanza sulle opere ed al controllo del loro stato di manutenzione ed esercizio secondo quanto prescritto dalla vigente normativa ai fini della tutela della incolumità delle popolazioni e dei territori a valle e secondo quanto di seguito indicato.

Art. 6.1. – Vigilanza

La struttura per la vigilanza sulle opere è così costituita:

– Casa di guardia:

È ubicata in sponda destra, in adiacenza alla diga.

– Postazioni di comando degli organi di scarico e derivazione:

- Nuovo scarico di superficie in sinistra: le tre paratoie della nuova traversa di sfioro, già in opera, ad oggi non sono manovrabili. La manovra delle paratoie, a lavori terminati, dovrà essere possibile sia in locale che in remoto, con comando in casa di guardia.
- Scarico di alleggerimento: il comando della paratoia dello scarico di alleggerimento è attualmente possibile solo in locale, dall'impalcato sovrastante la luce di scarico. La manovra della paratoia, a lavori terminati, dovrà essere possibile sia in locale che in remoto, con comando in casa di guardia.
- Scarico di fondo: la camera di manovra dello scarico di fondo, ubicata alla sommità del pozzo delle paratoie, è situata in sponda sinistra, a valle della diga. La manovra è attualmente possibile solo in locale. Si prescrive il rinvio dei comandi anche in casa di guardia.
- Derivazione: la camera di manovra della derivazione, posta alla sommità del pozzo della valvola a farfalla di intercettazione, è situata in sponda destra, a monte dell'asse della diga.

| | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 27 di 39 |

– **Posto più prossimo alla diga presidiato 24 ore / 24 ore:**

Casa di guardia.

– **Personale di guardiania:**

La guardiania è svolta nei giorni feriali da personale dell'Ente dalle ore 7:30 alle 14:30, e da personale dipendente da società di vigilanza esterna dalle ore 14:30 sino alle ore 7:30 del giorno successivo. Nei giorni festivi è svolta per l'intera giornata dalla società di vigilanza esterna.

– **Personale addetto al controllo tecnico ed alla manutenzione:**

Il controllo tecnico delle opere è svolto dall'Ingegnere Responsabile che si avvale, in particolare per quanto attiene alle misure di monitoraggio, della collaborazione dei tecnici addetti al controllo della strumentazione e del personale addetto alla guardiania.

La manutenzione ordinaria viene effettuata sia con personale dipendente dell'Ente che tramite ditte esterne. Gli interventi di manutenzione straordinaria, che richiedono un elevato grado di specializzazione, vengono commissionati a ditte esterne.

– **Comunicazioni:**

[Per il dettaglio dei nomi, recapiti e numeri di telefono, si rimanda alla apposita *Rubrica* (art. 3 della Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2014)]

Le comunicazioni della casa di guardia con l'esterno si svolgono mediante linea telefonica fissa. Le comunicazioni tra la casa di guardia ed i locali di manovra degli organi di scarico si svolgono per mezzo di radio portatile e impianto citofonico.

– **Procedure di guardiania:**

Il controllo delle opere viene effettuato da parte del personale appositamente incaricato dall'Ente gestore con le seguenti procedure:

- In periodi di esercizio normale, la guardiania si esplica attraverso la presenza continuativa del personale addetto o della società di vigilanza esterna.
- In periodi di allerta, è garantita la vigilanza continua, 24 ore su 24, da parte di personale tecnico dell'Ente gestore.
- La guardiania attiva continua nei periodi di allerta dovrà avvenire in conformità a quanto previsto dal Documento di Protezione Civile, ed in tutte le occasioni stabilite dall'Ingegnere Responsabile o dalla Direzione Dighe del M.I.T.
- Il personale di guardiania è addetto al rilevamento giornaliero delle grandezze meteorologiche: stato atmosferico, pioggia, temperatura aria e acqua, evaporazione; rileva altresì la quota di invaso e la misura delle perdite, cura la compilazione del registro di osservazioni giornaliere e la vigilanza sugli accessi all'impianto; verifica lo stato di efficienza dei quadri di comando degli organi di intercettazione degli scarichi e del quadro di acquisizione delle misure automatiche di controllo della diga; effettua ispezioni giornaliere e periodiche alle opere e alle sponde dell'invaso; segnala tempestivamente all'Ingegnere Responsabile ogni evento degno di nota ed ogni anomalia osservata; esegue manovre degli organi di scarico in conformità alle istruzioni di carattere generale o specifico ricevute.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 28 di 39 |

- Il personale della società di vigilanza esterna sorveglia gli accessi agli impianti, compie sopralluoghi alle camere di manovra al fine di rilevare eventuali disservizi, rileva eventuali allarmi dai quadri di comando e di controllo sia in sala quadri che nelle camere di manovra. In caso di disservizio, la guardia informa il funzionario dell'Ente in turno di reperibilità indicato in apposito elenco con recapiti telefonici. La guardia deve altresì comunicare tempestivamente all'Ingegnere Responsabile ogni evento o anomalia che abbia determinato o possa determinare situazioni di pericolo. Tali segnalazioni vengono riportate, in forma sintetica, in apposito registro fornito dalla società di vigilanza stessa.
- **Impianti di alimentazione dei comandi degli organi di manovra:**
Tutti gli impianti di manovra sono alimentati con energia elettrica trifase (380 V). In emergenza, nella situazione attuale, la manovra degli scarichi e dei servizi generali è assicurata da un gruppo elettrogeno dedicato (potenza apparente 100 kVA; attiva 80 kW). La riserva di carburante per il funzionamento del gruppo elettrogeno sarà sempre almeno pari a 100 litri.
- **Impianti di illuminazione esterna dei paramenti e del coronamento:**
Insieme con la demolizione del coronamento eseguita nella prima fase dei lavori, si è proceduto all'asportazione dell'impianto di illuminazione precedentemente installato sul coronamento stesso, costituito da 46 proiettori su palo da 400 W. Dunque il coronamento, anche sui tratti già ricostruiti prima della sospensione dei lavori, è privo di illuminazione. Il paramento di valle, lo scarico di alleggerimento e lo sbocco dello scarico di fondo sono invece illuminati con complessivi 12 proiettori su traliccio (6 da 1 kW e 6 da 2 kW).
- **Impianto di illuminazione interna della diga e delle camere di manovra:**
I cunicoli e i locali di manovra sono illuminati con linea a 24 V.
- **Modalità di attivazione del sistema di segnalazione acustica:**
La sirena d'allarme, di caratteristiche tecniche rispondenti alle direttive della Circolare Min. LL.PP. n. 1125/86, è ubicata in sponda sinistra, a valle dello sbarramento, in prossimità della camera di manovra dello scarico di fondo. Il comando per l'azionamento della sirena è esclusivamente manuale. Le modalità di attivazione della sirena in previsione dell'apertura di uno degli scarichi manovrati sono le seguenti:
 - 1) azionamento della sirena;
 - 2) attesa della conclusione del ciclo acustico della sirena, circa 3 minuti;
 - 3) apertura degli organi di scarico.

Nel caso di manovre d'apertura successive, l'attivazione della sirena, secondo le modalità precedentemente descritte, dovrà essere ripetuta se dette manovre intervengono dopo 30 minuti primi dal termine della precedente manovra.
- **Dispositivi antintrusione:**
Dovranno essere protetti gli accessi ai locali di manovra e alla casa di guardia con idonei sistemi anti-intrusione.

Art. 6.2. – Controllo: Osservazioni e misure

Il Gestore si obbliga ad eseguire controlli e rilievi periodici non inferiori a quelli previsti nel presente foglio.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 29 di 39 |

In occasione di eventi meteorologici, idrologici (piene) e sismici di particolare importanza, i suddetti controlli dovranno essere opportunamente intensificati. Di seguito vengono descritti anche i particolari controlli che il Gestore è tenuto ad effettuare, nel più breve tempo possibile, in caso di evento sismico, avvertito localmente o segnalato in zona dagli organi di informazione.

Art. 6.2.1. – Numero, tipo e localizzazione delle apparecchiature di controllo

Sono di seguito indicati il numero, il tipo e la localizzazione delle apparecchiature di controllo, per la cui ubicazione (punti di misura e loro codifica) si rimanda all'allegato A), "Disegni principali delle opere", nonché le specie e la frequenza dei rilievi, premettendo che in caso di evento sismico, avvertito localmente o segnalato in zona dagli organi di informazione, le misure devono essere ripetute entro il più breve tempo possibile. Sono altresì indicati le tolleranze tecniche ammissibili per le apparecchiature ed i punti ritenuti essenziali per il controllo dell'opera.

a) Spostamenti della struttura

a.1) Collimazione elettro-ottica ⁽²⁸⁾

Il controllo si effettua mediante l'impiego di una "stazione totale" elettronica e autocollimante, motorizzata e dotata di telecamera per il puntamento automatico, che consente di raggiungere la precisione sulle distanze di 1 mm + 1 ppm e la precisione sugli angoli orizzontali e verticali pari a 0,5" sessagesimali (o 1,5" centesimali).

L'acquisizione, la registrazione e l'elaborazione dei dati del rilievo si effettua a mezzo di software specialistico prodotto dalla ditta fornitrice della strumentazione impiegata.

La collimazione elettro-ottica si esegue secondo lo schema della tav. A.28, facendo stazione in quattro punti fissi sulle sponde (A, B, C, D) e rilevando le posizioni di sette punti di misura sulla diga, di cui cinque situati a quota 42,30 m s.l.m. sulla soglia di sfioro dei conci capitozzati nn. VIII, XIII, XIV, XV e XVI, e due a quota 38,70 m s.l.m. situati sulla prima risega della demolizione dei conci nn. VIII e XIV. Nel caso del concio XIV, il punto di misura è allineato col pendolo installato nel concio medesimo. La misura si svolge rilevando le posizioni dei sette punti predetti rispetto ad almeno tre dei quattro punti fissi sulle sponde mediante letture di distanze (s.q.m. 1 mm + 1 ppm) e di direzioni angolari (s.q.m. 0,5").

Le misure, essendo sovrabbondanti, sono elaborate con il metodo dei minimi quadrati, ed i risultati (che costituiscono l'entità degli spostamenti cercati) sono restituiti rispetto ad una terna di assi posti con l'origine su ciascuno dei quattro punti rilevati e orientati in modo radiale orizzontale, tangenziale orizzontale e verticale rispetto alla diga.

La frequenza delle letture è mensile.

⁽²⁸⁾ Precedentemente alle demolizioni intervenute nell'ambito dei lavori di ampliamento del serbatoio, con frequenza quindicinale veniva eseguito il rilievo dello spostamento orizzontale, in direzione monte-valle, di 3 punti del coronamento, in corrispondenza dei conci VII, XIII e XVII, mediante collimazione di 3 mire mobili (denominate 1, 2, 3) secondo tre allineamenti. Ciascun allineamento era individuato da una mira fissa in sponda sinistra e da un punto stazione del collimatore, pure fisso, in sponda destra. Ad ogni evento eccezionale, e comunque ogni 5 anni, era previsto il controllo trigonometrico dei caposaldi di collimazione.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 30 di 39 |

a.2) Pendoli

Si prevede il rilievo delle componenti dello spostamento orizzontale (relativo) dei punti di sospensione di due pendoli diritti installati rispettivamente nel concio XIV (tra 40,00 e 11,07 m s.l.m.) e nel concio XV (tra 40,00 e 9,82 m s.l.m.). I punti di misura sono ubicati nel cunicolo inferiore dei conci predetti.

La frequenza delle misure, mediante coordinometro elettronico portatile, è settimanale.

b) Livelli piezometrici in fondazione

b.1) Piezometri

Si effettua il rilievo delle sottopressioni in corrispondenza di cinque canne piezometriche realizzate nella fondazione dei conci X, XI, XIII, XVI e XVII (numerate nell'ordine da 1 a 5), munite di attacco per manometro.

La lettura è manuale, da eseguirsi con frequenza settimanale.

b.2) Canne di drenaggio

Si esegue la lettura del livello freatico in 40 canne di drenaggio in fondazione di recente esecuzione. Le canne sono numerate da 1 a 40 procedendo dalla spalla sinistra verso la destra.

La lettura è manuale, da eseguirsi mediante freatimetro con frequenza settimanale.

c) Misura delle perdite

Le acque captate dalle canne drenanti in elevazione e in fondazione e le permeazioni nei cunicoli vengono raccolte nel cunicolo inferiore e convogliate ad una vasca di raccolta cumulativa nel concio XIV (quota fondo 6,72 m s.l.m.), periodicamente aggottata mediante pompe a galleggiante a funzionamento intermittente. La misura delle perdite viene svolta misurando, con un contatore installato sulla condotta di mandata delle pompe di aggottamento, i volumi scaricati a valle.

La lettura è manuale, da eseguirsi con frequenza settimanale.

d) Spostamenti dell'avandiga provvisoria

d.1) Collimazione elettro-ottica

Il rilievo degli spostamenti planimetrici dell'avandiga provvisoria, ancora presente a monte della nuova traversa di scarico, si effettua mediante la collimazione elettro-ottica di quattro punti di controllo sul coronamento. La misura si esegue col medesimo strumento utilizzato per la diga principale, con stazione in sinistra, in un punto allineato con i quattro punti di controllo sul coronamento, nonché nei punti C ed E, secondo lo schema di cui alla tav. A.29.a.

La frequenza delle letture è mensile.

d.2) Livellazione geometrica

Il rilievo degli spostamenti altimetrici dell'avandiga provvisoria si effettua mediante livellazione geometrica di precisione. La linea di livellazione, con estremità in due basi posizionate sulla roccia in

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 31 di 39 |

sinistra e in destra dell'avandiga, percorre i medesimi quattro punti di controllo sul coronamento di cui al punto d.1), secondo lo schema di cui alla tav. A.29.b.

La frequenza delle letture è mensile.

e) Misure idrometeorologiche

Saranno giornalmente raccolti i seguenti dati:

- quota del livello di invaso: da rilevarsi con apposita bilancia idrostatica posta all'interno del pozzo dello scarico di fondo e/o asta idrometrica a lettura diretta. La bilancia idrostatica invia il segnale in un pannello nella casa di guardia.
- temperatura dell'aria alle ore 8:00;
- temperatura minima e massima dell'aria, da rilevarsi alle ore 8:00, utilizzando la stazione meteorologica ubicata presso la casa di guardia;
- altezza di precipitazione: da rilevarsi come sopra;
- temperatura dell'acqua in superficie e a 5 metri di profondità: da rilevarsi con termometro ad immersione;
- stato atmosferico, che sarà registrato secondo la seguente codifica:
 - Sereno: 0
 - Poco nuvoloso:..... 1 (1/3 della copertura del cielo)
 - Nuvoloso:..... 2 (2/3 della copertura del cielo)
 - Coperto: 3 (3/3 della copertura del cielo)

f) Misura delle grandezze legate agli eventi meteorologici ed idrologici di particolare importanza

Saranno rilevate le grandezze legate agli eventi meteorologici ed idrologici (piene) di particolare importanza.

In ottemperanza alle prescrizioni della Circolare Min. LL.PP. 28 agosto 1986, n. 1125, è stata installata, in corrispondenza dello sfioratore di alleggerimento, una stazione di misura delle portate. Essa è dotata di misuratore di livello automatico con registrazione del livello, nonché di un'asta graduata a lettura manuale.

g) Tolleranze tecniche ammissibili entro cui gli apparecchi di misura debbono risultare funzionanti

Nei casi in cui si verifichi un'avaria grave che, per la sua eccezionalità e/o il verificarsi di vari motivi contingenti, non possa essere eliminata entro il corrispondente termine temporale stabilito, il Gestore dovrà darne comunicazione entro il termine predetto all'Ufficio Tecnico per le Dighe del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, dichiarando i maggiori tempi previsti e precisando le attività di misura sostitutive ed equivalenti che metterà in atto fino al perdurare dell'avaria. Il tutto, naturalmente, salvo quanto di diverso potrà essere prescritto dall'Ufficio competente. Nel periodo di fuori esercizio si deve comunque ricorrere all'utilizzo della strumentazione manuale e/o di misurazioni ausiliarie alternative, in grado di fornire ad ogni modo misure precise e di frequenza pari a quelle di norma effettuate.

| | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 32 di 39 |

Sono nel seguito indicati in tabella, per ogni tipologia di grandezza misurata e relativo strumento, la precisione della misura da garantire, la frequenza minima della misura ed il tempo massimo di fuori servizio.

| Grandezza misurata | Strumento | N. punti misura | Precisione della misura | Frequenza minima delle misure | Tempo max fuori servizio |
|--|-----------------------------|-----------------|--|-------------------------------|--------------------------|
| Spostamenti plano–altimetrici (diga) / planimetrici (avandiga) | Stazione totale elettronica | 7+4 | distanze: 1mm +1 p.p.m. azimut: 0,5” verticali: 0,5” | mensile | 30 giorni |
| Spostamenti altimetrici (avandiga) | Livello elettronico | 4 | 0,4 mm su linea di 1 km | mensile | 30 giorni |
| Spostamenti struttura (pendoli) | Coordinometro elettronico | 2 | 0,1 mm | mensile | 30 giorni |
| Livelli piezometrici (piezometri) | Manometri | 5 | 5 cm | settimanale | 30 giorni |
| Livelli piezometrici (canne di drenaggio) | Freatimetro | 40 | 1÷2 cm | settimanale | 15 giorni |
| Perdite | Contatore volumetrico | 1 | 0,01 litri/s | settimanale | 15 giorni |
| Quota di invaso | Bilancia dinamometrica | 1 | 1÷2 cm | giornaliera | 2 giorni |
| Temperatura aria | Termometro | 1 | 1 °C | giornaliera | 7 giorni |
| Temperatura acqua di invaso | Termometro ad immersione | 2 | 1 °C | giornaliera | 30 giorni |

Art. 6.2.2. – Verifiche d’esercizio sugli organi di scarico

È fatto obbligo al Gestore di verificare il corretto funzionamento degli organi di scarico e dei relativi impianti con frequenza mensile, con messe in carico tramite tutte le fonti di energia previste (energia di rete, gruppo elettrogeno, manuale) e con prova parziale di movimentazione mediante almeno una fonte di energia.

Dette manovre sono da effettuarsi, di norma, anche in occasione delle visite ispettive dell’Ufficio Tecnico per le Dighe del M.I.T., ai sensi del D.P.R. 1363/1959.

Procedura delle operazioni da effettuare:

– Per lo scarico superficiale di alleggerimento:

- a) verifica dell’avvenuta attivazione del dispositivo di segnalazione acustica d’allarme;
- b) messa in carico delle diverse fonti di alimentazione e verifica della funzionalità dei meccanismi di movimentazione;
- c.1) allorquando il livello d’invaso sia al di sotto della soglia di sfioro regolata dalla paratoia: manovra completa di apertura e chiusura della paratoia;
- c.2) allorquando il livello d’invaso sia al di sopra della soglia di sfioro: manovra parziale della paratoia.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 33 di 39 |

– Per lo scarico di fondo:

- a) verifica dell'avvenuta attivazione del dispositivo di segnalazione acustica d'allarme;
- b) messa in pressione dell'impianto oleodinamico;
- c) manovra di apertura e chiusura di entrambe le paratoie dello scarico di fondo.

In caso di manovre complete di apertura-chiusura dello scarico di fondo, è possibile che queste siano compiute scaricando solamente l'acqua contenuta nella camera tra la paratoia di monte e quella di valle. Almeno con cadenza trimestrale, dovrà essere verificata la funzionalità della paratoia di valle sotto carico, con paratoia di monte aperta. La manovra potrà consistere in un'apertura di pochi centimetri, affinché sia rilasciata in alveo una portata di modesta entità.

Per operazioni che comportino rilasci di acqua di entità consistente in relazione alla massima portata transitabile in alveo a valle dello sbarramento, è fatto obbligo al Gestore di informare preventivamente le Autorità competenti secondo quanto prescritto dal *Documento di Protezione Civile*.

Le portate rilasciate nelle manovre di prova dovranno rispettare le condizioni poste dall'art. 7, comma 2, del Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 30 giugno 2004 ⁽²⁹⁾.

Il Gestore è tenuto a rilevare ed annotare tutte le manovre effettuate sugli organi di scarico manovrabili su un apposito *Registro delle manovre sugli organi di scarico*, indicando le variazioni di livello d'invaso, il grado di apertura delle luci di efflusso, nonché le portate scaricate per ogni singolo organo di scarico.

Art. 6.2.3. – Luoghi da assoggettare ad osservazioni dirette

E' fatto obbligo al Gestore di assoggettare, oltre a quanto indicato ai precedenti art. 6.2.1 e 6.2.2, i sottoelencati particolari luoghi ad osservazione diretta, rilevando le eventuali modifiche rispetto alla normale situazione:

– Con frequenza giornaliera:

Sarà compiuta un'accurata ispezione dei paramenti di monte e di valle della diga, dell'avandiga e della traversa di sfioro in sinistra; inoltre dovrà verificarsi l'efficienza dell'illuminazione della viabilità di servizio, del coronamento (quando sia nuovamente installata), dei paramenti e delle camere di manovra, e l'efficienza di tutti i collegamenti telefonici al fine di garantire un immediato ripristino in caso di guasto.

⁽²⁹⁾ Ai sensi della norma citata, l'esecuzione delle prove di funzionalità degli organi di scarico è subordinata al rispetto delle seguenti prescrizioni:

- a) la durata del deflusso deve essere limitata al tempo necessario al controllo dell'efficienza meccanica ed idraulica degli organi di scarico;
- b) le manovre di apertura debbono avvenire in modo graduale al fine di evitare repentine modificazioni del regime idrologico e della qualità delle acque;
- c) contestualmente alle predette operazioni, se necessario, viene assicurato al corpo idrico un deflusso tale da garantire il contenimento, ove tecnicamente possibile, dei valori di concentrazione dei materiali solidi presenti;
- d) le prove di funzionamento non possono essere eseguite durante regimi di magra eccezionali del corpo idrico, ad eccezione dei casi di motivata necessità, secondo le prescrizioni a tutela dell'ambiente eventualmente indicate dalle regioni;
- e) le prove di funzionamento devono essere eseguite avendo cura che lo scarico di fondo sia preferibilmente sotto pressione.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 34 di 39 |

– Con frequenza settimanale:

Sarà verificato lo stato esteriore delle pareti dei cunicoli d'ispezione con particolare attenzione ad eventuali venute d'acqua dai giunti; sarà verificata l'efficienza dell'illuminazione dei cunicoli; sarà verificato lo stato esteriore di tutta la strumentazione installata sia per la movimentazione delle paratoie degli scarichi che per il controllo delle opere.

– Con frequenza mensile:

Sarà verificato il corretto funzionamento degli organi di scarico, del gruppo elettrogeno e della sirena di allarme.

– Con frequenza trimestrale:

Sarà compiuta l'ispezione del perimetro dell'invaso, per osservare eventuali movimenti franosi, lo stato delle sponde ed eventuali situazioni pregiudizievoli per la salvaguardia della diga.

– Con frequenza semestrale:

Sarà compiuto un sopralluogo lungo l'alveo a valle della diga e verificato lo stato dei cartelli monitori, e saranno ripristinati quelli eventualmente danneggiati.

– In occasione del raggiungimento della quota minima di regolazione ed in occasione di lavori che comportino lo svuotamento del serbatoio:

Sarà compiuta un'accurata ispezione del paramento di monte, dell'imbocco dello scarico di fondo e della derivazione, anche al fine di rilevare eventuali fenomeni di interrimento. Sarà compiuta l'ispezione delle sponde del serbatoio per verificarne le condizioni di stabilità.

– In occasione di eventi meteorologici ed idrologici (piene) eccezionali:

Si procederà al rilevamento della quota d'invaso con frequenza proporzionale alla velocità di crescita del livello del lago. Sarà altresì ridotto il passo temporale di acquisizione delle misure delle grandezze più significative per rappresentare il comportamento strutturale della diga.

– In occasione del raggiungimento della quota massima di regolazione o della quota di massimo invasore:

Si eseguiranno le misure ed i controlli previsti agli articoli 6.2.1 e 6.2.2. riducendo il passo temporale di acquisizione delle grandezze più significative. Si procederà inoltre ad una ispezione generale e accurata di tutte le opere, organi di manovra, linee di alimentazione, sponde del lago e alveo a valle della diga.

– A seguito di eventi sismici avvertiti in zona:

Si procederà ai medesimi controlli, misure e verifiche di cui al punto precedente. Il Gestore dovrà inoltre attuare le procedure previste dalle disposizioni vigenti e dalle procedure straordinarie indicate dalla D.G. Dighe.

Art. 6.2.4. – Prescrizioni dei piani di manutenzione

Ai sensi dell'art. 43, comma 10, del Decreto-legge 6 dicembre 2011, n. 201, convertito con legge 22 dicembre 2011, n. 214, è fatto obbligo al Gestore di presentare alla D.G. Dighe del M.I.T. il *Piano di manutenzione dell'impianto di ritenuta*.

Le prescrizioni del piano di manutenzione predetto, e di altri specifici relativi ad opere accessorie e di scarico, verranno a costituire, come suoi allegati, parte integrante del presente foglio.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 35 di 39 |

Art. 6.2.5. – Registro delle osservazioni e Registro delle manovre di esercizio degli organi di scarico

Presso la casa di guardia è tenuto il *Registro delle osservazioni*, da tenere sempre aggiornato, sul quale dovranno essere riportati i risultati delle ispezioni giornaliere e/o effettuate con frequenza differente dal personale di guardiania e/o tecnico incaricato dal Gestore; dovranno esservi descritti, altresì, i lavori di manutenzione ordinaria eseguiti, i rilievi e le misure di monitoraggio e controllo effettuati. Sullo stesso registro saranno annotate le visite e le conseguenti prescrizioni delle Autorità di controllo.

I dati dei rilievi e delle misure di monitoraggio delle opere, rilevati manualmente o acquisiti in automatico, potranno essere stampati a fine rilievo e catalogati in casa di guardia per essere assemblati e rilegati al massimo ogni sei mesi; il documento così ottenuto, *Registro delle misure*, costituirà allegato al Registro delle osservazioni.

Presso la casa di guardia è tenuto altresì il *Registro delle manovre degli organi di scarico* sul quale dovranno essere riportate tutte le manovre effettuate sugli organi di scarico presidiati da paratoie indicando le variazioni del livello d'invaso, il grado di apertura delle luci di efflusso, nonché le portate scaricate per ogni singolo organo di scarico.

Inoltre, in occasione di eventi meteorologici sul bacino imbrifero sotteso dallo sbarramento che facciano temere eventi di piena in arrivo alla diga, dovranno essere rilevate ed annotate sul registro con adeguata scansione temporale, in aggiunta a quanto sopra indicato, anche le portate di sfioro libero e quelle derivate. L'intervallo temporale di riferimento sarà funzione della capacità del serbatoio e delle caratteristiche degli organi di scarico, dovendosi in ogni caso garantire la ricostruzione dell'evento in termini di portate affluenti e defluenti con un sufficiente grado di approssimazione.

Durante l'evento dovranno essere, inoltre, rilevate ed annotate le precipitazioni meteoriche in zona sbarramento e, ove possibile, anche in stazioni esistenti sul bacino.

Art. 6.2.6. – Procedure di trasmissione dati all'interno della struttura del Gestore

Per ciò che riguarda tipo, tempi e forma della trasmissione dei dati e di ogni altra comunicazione all'interno della struttura organizzativa del Gestore, si precisa quanto segue:

- tutti i dati relativi alle osservazioni, alle misure ed alle verifiche di cui all'art. 6.2, effettuate dal personale di guardiania e dai tecnici incaricati, dovranno essere sistematicamente esaminati dall'Ingegnere Responsabile; il Gestore curerà, con la propria struttura tecnica e con l'Ingegnere Responsabile, il controllo, l'elaborazione e l'archiviazione delle misure e la redazione degli elaborati da trasmettere all'Autorità di controllo;
- il personale di guardiania addetto alla sorveglianza dell'opera deve inoltrare con immediatezza alla sede del Gestore e all'Ingegnere Responsabile segnalazioni di eventuali misure o fatti anomali riscontrati o di variazioni rispetto alla situazione precedentemente nota.

Il Gestore, per il tramite dell'Ingegnere Responsabile, è tenuto a redigere il *Bollettino delle misure* ed i *Diagrammi delle misure* secondo le indicazioni di cui all'art. successivo.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 36 di 39 |

Art. 6.2.7. – Procedure di trasmissione dati all'esterno della struttura del Gestore

Il Gestore provvede a trasmettere per via telematica (invio tramite PEC di documenti firmati digitalmente) all'Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari e alla sede centrale della D.G. Dighe i seguenti documenti sottoscritti dall'Ingegnere Responsabile, entro un tempo massimo di 60 giorni dal periodo di riferimento:

- Bollettino delle misure, con frequenza mensile (D.P.R. 1° novembre 1959, n. 1363, art. 19);
- Asseverazione sullo stato della diga e sulla sua sicurezza, con frequenza semestrale (Circolare P.C.M. 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806, punto C), allegandovi un elaborato con i Diagrammi delle misure;
- I dati idrologici ed idraulici acquisiti presso la diga, ed in particolare i livelli dell'invaso in tempo reale (art. 43, comma 13, del Decreto-legge 6 dicembre 2011, n. 201, convertito con legge 22 dicembre 2011, n. 214).

Il Gestore provvede altresì a comunicare ogni altra notizia relativa agli interventi di manutenzione straordinaria sulla diga, sul serbatoio e sugli organi di manovra, corredata con gli elaborati grafici significativi od integrativi dei disegni di consistenza delle opere e di quelli dell'Allegato A del presente foglio.

Il Bollettino delle misure deve contenere i dati del mese di riferimento relativi a tutte le misure di controllo di cui all'art. 6.2.1, deve essere redatto sulla base dei dati riportati nel Registro delle osservazioni e deve riportare la denominazione degli strumenti.

Deve contenere altresì:

- la descrizione dei lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria eseguiti;
- l'ubicazione e le dimensioni di eventuali lesioni o altri fenomeni anomali che si fossero manifestati nello sbarramento e nelle sue opere accessorie;
- l'annotazione delle visite di vigilanza delle Autorità di controllo;
- i risultati dei controlli sui meccanismi di manovra di cui all'art. 6.2.2 e i risultati delle osservazioni di cui all'art. 6.2.3, con annotazione dell'operatore;
- la segnalazione della revisione, sostituzione, spostamento o fuori servizio di ogni strumento di misura previsto dal presente foglio;
- i dati e gli algoritmi necessari per l'elaborazione delle letture eseguite in sito.

L'elaborato Diagrammi delle misure contiene le diagrammazioni di almeno gli ultimi cinque anni delle misure di controllo di cui all'art. 6.2.1; è facoltà dell'Autorità di controllo richiedere diagrammazioni riferite a periodi temporali più estesi o correlazioni tra le diverse misure.

L'elaborato evidenzia anche la taratura, revisione, sostituzione, spostamento o fuori servizio di ogni strumento di misura previsto dal presente foglio.

Nell'elaborato Diagrammi delle misure verranno riportati anche i valori di soglia massima e minima previsti dal Gestore ed i valori dei massimi e minimi di misura storicamente verificatisi per ogni strumento. Nei diagrammi relativi alle misure automatiche dovrà essere riportata anche la misura manuale eseguita in occasione delle periodiche verifiche.

In caso di segnalazione strumentale anomala o rilevamento di allarme, non dovuto ad anomalia strumentale ma a fenomeno fisico reale, il Gestore fornirà tempestivamente all'U.T.D. adeguata segnalazione, corredata da considerazioni sul fatto verificatosi, sulle cause ipotizzabili e sugli sviluppi ritenuti possibili.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCM | 1 | luglio 2016 | 37 di 39 |

Art. 6.2.8. – Procedure di trasmissione dati alle Autorità competenti in materia di Protezione Civile

Per ciò che riguarda tipo, tempi e forma della trasmissione dei dati e di ogni altra comunicazione alle Autorità competenti in materia di Protezione Civile, si rimanda al *Documento di Protezione Civile* di cui alla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2014, recante “*Indirizzi operativi inerenti all’attività di protezione civile nell’ambito dei bacini in cui siano presenti grandi dighe*”.

Art. 6.2.9. – Procedure di trasmissione dei dati raccolti dalla stazione idrometrografica

I dati registrati nella stazione idrometrografica installata in alveo a valle della diga, unitamente alla scala dei deflussi aggiornata, devono essere trasmessi con cadenza trimestrale, in formato digitale, al Servizio idrografico regionale ⁽³⁰⁾.

Art. 6.3. – Documentazione conservata presso la casa di guardia

Oltre ai Registri di cui all’art. 6.2.5, presso la casa di guardia sono conservati:

- copia del presente *Foglio di condizioni per l’esercizio e la manutenzione*;
- copia del *Documento di Protezione Civile*;
- *Rubrica* di cui all’art. 3 della Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2014, recante “*Indirizzi operativi inerenti all’attività di protezione civile nell’ambito dei bacini in cui siano presenti grandi dighe*”;
- piano di installazione dei *cartelli monitori* e copia della relativa lettera di notifica all’Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari;
- piano di installazione del sistema di segnalazione acustica e copia della relativa lettera di notifica all’Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari;
- piano di installazione della strumentazione idrometrografica registratrice e copia della relativa lettera di notifica all’Amministrazione competente per il *Servizio di piena*, nonché della approvazione del Servizio idrografico territorialmente competente ⁽³⁰⁾;
- disegni di consistenza delle opere, compresi gli schemi degli impianti elettromeccanici;
- copia dei *Bollettini delle misure* di cui all’art. 6.2.7;
- copia delle *Asseverazioni* di cui all’art. 6.2.7 e degli allegati *Diagrammi delle misure*;
- *Piano di manutenzione dell’impianto di ritenuta* (art. 43, comma 10, del Decreto-legge 6 dicembre 2011, n. 201, convertito con legge 22 dicembre 2011, n. 214) ed eventuali piani di manutenzione specifici relativi ad opere accessorie e di scarico.
- *Progetto di gestione dell’invaso* di cui al D.Lgs. 152/2006.

⁽³⁰⁾ In Sardegna, la Legge Regionale 4 febbraio 2015, n. 4, ha trasferito all’Agenzia Regionale di Protezione dell’Ambiente della Sardegna (ARPAS) “*le funzioni di servizio idrografico relative alla rilevazione sistematica, validazione, archiviazione delle grandezze idrologiche osservate nelle stazioni di misura nelle reti di rilevamento regionale e alla pubblicazione negli annali idrologici delle misure rilevate e delle elaborazioni statistiche*”.

| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 38 di 39 |

Art. 6.4. – Ingegnere Responsabile (art. 4, comma 7 del D.L. 8 agosto 1994 n. 507 convertito con L. 21 ottobre 1994 n. 584)

I nominativi dell’Ingegnere Responsabile della sicurezza delle opere, e del suo Sostituto ed i loro recapiti sono contenuti nella apposita *Rubrica* allegata al *Documento di Protezione Civile* in conformità all’art. 3 della Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2014, recante “*Indirizzi operativi inerenti all’attività di protezione civile nell’ambito dei bacini in cui siano presenti grandi dighe*”.

Art. 7. – DICHIARAZIONE

Con la sottoscrizione del presente atto il Gestore dell’opera si impegna all’osservanza di quanto in esso contenuto. Il Gestore si impegna altresì:

- alla completa e perfetta manutenzione dell’opera in ogni sua parte e dei relativi accessi, nonché ad assicurare la costante efficienza dei meccanismi di manovra degli scarichi, della presa di derivazione e della strumentazione di controllo;
- a sottoporre all’approvazione tecnica del progetto ogni opera di modificazione che incida sulle caratteristiche considerate ai fini dell’approvazione del progetto originario ai sensi dell’art.1 del D.L. 8 agosto 1994, n. 507 convertito con L. 21 ottobre 1994, n. 584;
- in base al disposto dell’ultimo comma della lettera B) della Circolare della Presidenza del Consiglio dei Ministri 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806, a non superare, nel corso delle manovre degli organi di scarico connesse all’ordinario esercizio (le quali non includono le operazioni finalizzate a fronteggiare situazioni di emergenza connesse con la sicurezza della diga o con eventi di piena), il valore della massima portata di piena transitabile in alveo a valle dello sbarramento contenuta nella fascia di pertinenza fluviale. Di tali manovre deve essere dato preavviso alle competenti autorità nei tempi e nei modi prescritti nel *Documento di Protezione Civile*;
- all’osservanza, nel rispetto delle disposizioni contenute nel *Documento di Protezione Civile*, delle limitazioni di quota del livello d’invaso che dovessero essere imposte dall’Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari o alla sede centrale della Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture Idriche ed Elettriche, con provvedimenti che verranno a costituire, come suoi allegati, parte integrante del presente foglio di condizioni;
- all’osservanza del *Progetto di gestione dell’invaso* approvato dalla Regione Sardegna;
- ad inviare semestralmente e depositare presso la casa di guardia la dichiarazione con la quale l’Ingegnere Responsabile, in base al disposto del punto C della Circolare della Presidenza del Consiglio dei Ministri 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806, e come richiamato all’art. 6.2.7 del presente foglio, assevera lo stato delle opere, ivi comprese le sponde del serbatoio, e delle apparecchiature, per quanto riguarda la manutenzione, l’efficienza e le condizioni di sicurezza, nonché il rispetto del presente foglio di condizioni per l’esercizio e la manutenzione durante la gestione dell’impianto. Con tale dichiarazione l’Ingegnere Responsabile deve altresì asseverare che non si ravvisano situazioni di pericolo per le popolazioni, ovvero indicare gli eventuali provvedimenti assunti a fronte delle situazioni di pericolo individuate.

| | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| F.C.E.M. | n. arch. | Allegato | Rev. | Data | Pagina |
| Diga di Maccheronis (NU) | 688 | FCEM | 1 | luglio 2016 | 39 di 39 |

Il presente atto, costituito da n. 39 pagine e n. 2 allegati, è stato redatto nel presente unico originale, che sarà conservato presso l'Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari.

| <i>Nominativo</i> | <i>Firma</i> | <i>Luogo</i> | <i>Data</i> |
|--|--------------|--------------|-------------|
| Il Gestore: Ente Acque della Sardegna | | | |
| L'Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari | | | |