



GARA EUROPEA A PROCEDURA APERTA PER L'AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI ARCHITETTURA E INGEGNERIA RELATIVI ALL'ESPLETAMENTO DI: RIVALUTAZIONE SISMICA DEL CORPO DIGA E OPERE ACCESSORIE INCLUSE INDAGINI SULLE STRUTTURE IN C.A. E RELATIVE PROVE DI LABORATORIO, REDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLA DIGA FURORE IN TERRITORIO DEL COMUNE DI NARO (AG) GESTITA DALLA REGIONE SICILIANA

Piano Operativo FSC Infrastrutture 2014/2020

SCHEDA 082 - DIGA FURORE

Manutenzione straordinaria impianti e opere accessorie



CODICE GARA: 082_Furore_01 CUP: G29E18000030001 CIG: 7761929271

4) DOCUMENTAZIONE TECNICA

4.c) Studio di fattibilità, integrazione secondo le indicazioni della Direzione Generale Dighe (parere n. 22996 del 13/10/2017).

REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE SICILIANA

ASSESSORATO REGIONALE DELL'ENERGIA E DEI SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ
DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'ACQUA E DEI RIFIUTI
SERVIZIO 4 – GESTIONE INFRASTRUTTURE PER LE ACQUE

Piano Operativo FSC Infrastrutture 2014/2020

SCHEDA 082 - DIGA FURORE

Manutenzione straordinaria impianti e opere accessorie



STUDIO DI FATTIBILITA'

Integrazione secondo le indicazioni della Direzione Generale Dighe (parere n. 22996 del 13/10/2017)

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

Dicembre 2018

Il Dirigente Servizio 4

Ing. Francesco Greco



Il Progettista

Ing. Giuseppe Cacciatore

1. Premesse

Con nota prot. N°9881 del 20/03/2017 il Dipartimento Regionale dell'acqua e dei rifiuti, ha inviato al Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti – Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche, apposito "Studio di fattibilità" dal titolo "Progetto dei lavori di consolidamento e di manutenzione straordinaria della casa di guardia e delle opere accessorie della diga furore nel territorio del comune di Naro (AG).

Il Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti, con nota prot. N°22996 del 13/10/2017, acclarato al protocollo del Dipartimento Regionale acqua e rifiuti al n°42961 del 13/10/2017, a seguito dell'esame del predetto studio di fattibilità, ha ritenuto opportuno formulare alcune osservazioni.

Pertanto si è ritenuto opportuno, alla luce delle osservazioni formulate dal Ministero, integrare lo studio di fattibilità al fine di tenere conto delle osservazioni citate.

2. Stato di fatto

2.1 Descrizione del corpo diga

In atto il Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti – Servizio 4 Gestione Infrastrutture per le Acque, gestisce la Diga Furore (n° 1056 del R.D.) sul Torrente Burraito in territorio del Comune di Naro (AG).

La diga è della tipologia in materiali sciolti con nucleo di tenuta inclinato verso monte, dell'altezza di 53,90 m (ex DM. 24/03/1982), e sottende uno specchio acqueo della superficie massima di 0,61 km² (alla quota di massimo invaso), con una capacità massima di 8,59 Mm³ (ex DM. 24/03/1982).

Il nucleo centrale è stato realizzato in argilla limosa, per l'altezza prevista fino alla quota di 191,40 m.s.l.m., larghezza in sommità di mt. 5,00 e una pendenza verso monte di 1/0,6 di base e verso valle negativa di 1/0,1 di base.

La posa in opera del materiale è stata effettuata a strati dallo spessore non superiore a cm 20, compattati inizialmente con rullo vibrante liscio e, successivamente, con rullo vibrante a spuntoni, con continui interventi di umidificazione.

Il nucleo centrale resta contenuto entro due zone filtranti, costituite a monte da uno strato di sabbia dello spessore di m 2,00 ed a valle da un doppio strato di sabbia e ghiaietto calibrato, entrambi dello spessore di m 1,00.

A monte ed a valle del nucleo centrale, sono state realizzate due zone di transizione in calcarenite, provenienti da cave in agro di Camastra, con pezzatura massima di cm 10, posta in opera e compattata a strati orizzontali

dello spessore massimo di cm 30. La pendenza risultante delle scarpate è pari a 0,6/1 nella zona a monte fino alla quota di 180,50 m.s.l.m. circa e di 1/1 nella parte superiore, mentre nella zona a valle di 1/1 per tutta l'altezza. Affiancate alle dette zone di transizione sono stati realizzati due rinfianchi, costituiti da tout-venant calcareo di cava, compattati in sito a strati di spessore non superiori a cm 50 e con pendenze delle scarpate risultanti, rispettivamente, dal lato monte di 1/3 fino alla quota 180,50 m.s.l.m. e di 1/2 fino al coronamento, e dal lato di valle di 1/2 fino al coronamento.

Per la correzione della permeabilità del materiale calcareo di monte, sono stati interposti letti drenanti dello spessore di m 1,00 ad interasse altimetrico di m 4,00 in pietrisco calcareo della granulometria da mm 2 a 30.

Dal lato valle, nei rinfianchi in tout-venant calcareo, sono state realizzate due banchine rompitratta della larghezza di m 2,50 di cui una alla quota di 173,00 m.s.l.m. ed una alla quota di 183,00 m.s.l.m. Il paramento di monte è stato rivestito con una scogliera di pietrame calcareo, con pezzatura del volume massimo di dm³ 300, per uno spessore di m 1,00, ivi compreso un tappeto di granulato calcareo dello spessore di cm 30.

Il coronamento della diga, realizzato alla quota di 192,90 m.s.l.m., è stato rivestito con bitumatura del tipo stradale su sottofondo stabilizzato di calcarenite e calcare, con pendenza dell' 1% per agevolare lo scarico delle acque piovane verso monte.

Sul coronamento stesso, sia dal lato di monte che dal lato di valle, sono stati realizzati due cordoli in cemento armato, su sottofondo di calcestruzzo magro, con appositi alloggiamenti per condotti e servizi ausiliari.

Nella zona a monte della sponda sinistra ed in tutta la zona a valle della diga, lo scorrimento delle acque superficiali è stato regimentato con canalette metalliche annegate nel calcestruzzo cementizio ed opportuni pozzetti nei tratti molto acclivi ed in corrispondenza delle immissioni.

Nei tratti terminali, dette canalette sono state convogliate in due canali in conglomerato cementizio, costruiti nei due compluvi della colmata di valle, rispettivamente, con la sponda sinistra e con la sponda destra al di sotto della scarpata della S.S. 576, fino a raggiungere la zona a valle della vasca di smorzamento.

Le colmate sia di monte che di valle, sono costituite con i materiali di risulta dello scavo di imposta della diga. La colmata di monte occupa tutto lo spazio compreso tra la diga e l'avandiga. Per assicurare la stabilità del rinfianco di valle, che viene a poggiare interamente sulle formazioni plastiche delle argille tortoniane, si è realizzata la colmata di valle con sommità a quota 163,00 m.s.l.m. che si sviluppa per circa m 220,00 fino ad addossarsi al muro della vasca di smorzamento delle opere di scarico. Tale colmata, costituita con materiali di risulta degli scavi, poggia sui terreni di imposta tramite uno strato di transizione di materiale calcarenitico.

Il sistema drenante del corpo diga è costituito da n°14 campi di cui n°8 in fondazione e n°6 nel nucleo. Le perdite drenate nei suddetti campi vengono convogliate in apposite sezioni di misura nel cunicolo trasversale al corpo

diga e da questo recapitate a gravità, tramite una tubazione, alla vasca di dissipazione. L'accesso al cunicolo avviene da una cabina ubicata nella colmata di valle.

Come si evince dal Foglio di Condizioni per l'esercizio e la manutenzione, i dati principali dell'opera di sbarramento sono i seguenti:

- altezza della diga (ai sensi del D.M. n° 44 del 24/03/82) 53,90 m
- altezza della diga (ai sensi della Legge 584/94) 50,54 m
- altezza di massima ritenuta 38,20 m
- quota coronamento 192,90 m.s.l.m.
- franco (ai sensi del D.M. n° 44 del 24/03/82) 3,20 m
- franco netto (ai sensi del D.M. n° 44 del 24/03/82) 2,65 m
- sviluppo del coronamento 627,00 m
- volume della diga 2.100.000 m³
- grado di sismicità assunto nel progetto (accelerazione sismica) 0,05 g orizzont. - 0,10 g vert.
- classifica ai sensi del D.M. n° 44 del 24/03/82 [B)b]; diga di materiali sciolti, zonata, con nucleo di terra per la tenuta

Nel seguito si riportano invece i dati principali del serbatoio, sempre dedotti dal Foglio di Condizioni per l'esercizio e la manutenzione:

- quota di massimo invaso 189,70 m.s.l.m.
- quota di massima regolazione 187,00 m.s.l.m.
- quota minima di regolazione 165,00 m.s.l.m.
- superficie dello specchio liquido (alla quota di massimo invaso) 0,61 km²
- superficie alla quota massima di regolazione 0,53 km²
- superficie alla quota di minima regolazione 0,13 km²
- volume totale di invaso (ai sensi del D.M. n° 44 del 24/03/82) 8,59x10⁶ m³
- volume di invaso (ai sensi della Legge n° 584/1994) 7,00x10⁶ m³
- volume utile di regolazione 6,10x10⁶ m³
- volume di laminazione 1,59x10⁶ m³
- superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso 38 km²
- superficie del bacino imbrifero allacciato -- km²
- tempo di ritorno (anno di riferimento dei dati, periodo tra il 1925 ed il 1954)* anni

(*) La portata di massima piena di progetto è stata dedotta dalla curva inviluppo delle massime piene siciliane; tale valore è stato confermato dalla Servizio Idrografico Sezione di Palermo con nota n° 1049 del 09/06/1976.

N.B. dalla relazione idrologica di progetto, la portata di massima piena per un tempo di ritorno pari a 1000 anni risultava $600 \text{ m}^3/\text{s}$,

2.2 Descrizione delle opere accessorie

Scarico di superficie. Le opere di imbocco degli scarichi di superficie, di fondo e della derivazione, sono raggruppati in un unico grande manufatto in c.a.; lo sfioratore tipo a calice e i tre pozzi che lo contornano (pozzo di presa, pozzo di servizio ed aeroforo) uniti al primo da tre costoni verticali, risultano appoggiati su un unico grande piastrone di fondazione (raggio $R=20,50 \text{ mt}$, spessore $s=1 \text{ mt}$) tramite l'interposizione di un blocco a pianta trapezia estendentesi da quota 154 m.s.l.m. a quota $167,50 \text{ m.s.l.m.}$ ed inglobante il piede del calice, l'imbocco della galleria dello scarico di fondo e della derivazione ed il cunicolo di collegamento del pozzo di servizio della camera paratoie. Le caratteristiche geometriche dello sfioratore a calice risultano le seguenti: diametro esterno di $32,00 \text{ mt}$, soglia di sfioro circolare del diametro al ciglio superiore di $30,00 \text{ mt}$ posta a quota $187,00 \text{ m.s.l.m.}$ cui fa seguito un pozzo di diametro minimo di $9,00 \text{ mt}$ raccordato ad una galleria di derivazione di seguito descritta.

Passerella metallica di accesso al calice e relativi sostegni in c.a. La passerella ha uno sviluppo di 115 mt diviso in due campate uguali di $57,50 \text{ mt}$ ciascuna. Tra gli assi degli appoggi: staticamente è stata considerata come una trave continua su tre appoggi di cui l'estremo in sinistra poggia direttamente sulla torre del calice, quello centrale fisso e l'altro estremo in destra su apposite pile in cemento armato. Le deformazioni longitudinali anche di origine termica, sono rese possibili dallo scorrimento degli appoggi di estremità. Le strutture principali longitudinali sono costituiti da travi ad anima piena di altezza variabile crescente presso l'appoggio centrale su pila ($H=1632+2471 \text{ mm}$). L'anima in lamiera ha spessore 9 mm e le piattabande larghezza 400 mm e spessore 20 mm . Le strutture trasversali, trattandosi di passerella aperta superiormente, sono costituite da telai irrigidenti, realizzati con montanti in profili composti saldati, a trasverso inferiore in profilo laminato IPE 300 mm , collegato mediante flangiatura (flangia spessore 20 mm con 4 bulloni aventi diametri 27 mm classe 10.9) ai montanti stessi. Tra i telai a interasse 3 mt è posto un trasverso, pure realizzato in IPE 300 mm , per l'appoggio intermedio della lamiera di calpestio, collegato alle estremità con giunzione a flangia (n° 4 bulloni diametro 20 mm classe 10.9) all'anima delle travi longitudinali. Longitudinalmente la passerella è stata divisa in 10 tronconi di lunghezza 11 mt circa, collegati con giunzione ad attrito realizzate tramite doppio coprigiunto dell'anima e delle ali con bulloni ad attrito classe 10.9. Giunzione dell'anima: essendo l'altezza dell'anima variabile, il numero dei bulloni è pure variabile,

dal numero di 80 bulloni (diametro 20 mm classe 10.9) per le giunzioni più esterne, al numero di 96 bulloni (diametro 20 mm classe 10.9) per la giunzione centrale. Tutte le giunzioni ad attrito sono state sigillate ed i bulloni serrati con chiave dinamometrica con adeguata coppia di serraggio. L'appoggio centrale, a cerniera fissa, è realizzato con elemento prismatico con superficie superiore cilindrica (raggio = 200 mm), saldato inferiormente a piastre ancorate nella pila in c.a. e superiormente poggiante su piastre ($s=25$ mm) saldate alle ali inferiori della trave longitudinale della passerella. Gli appoggi laterali sono del tipo a carrello, per consentire gli scorrimenti conseguenti alle deformazioni strutturali e termiche e sono realizzate da piastre ancorate alle pile in c.a. ed alle piattabande inferiori delle travi longitudinali. Trasversalmente gli appoggi sono dotati di riscontri per impedire spostamenti secondo tale direzione. Tutte le superfici della struttura sono protette con adeguati cicli di verniciatura. Per quanto concerne gli appoggi della struttura metallica, vincolata ad una estremità sul calice in c.a., all'altra su una spalla in c.a. ed in mezzeria su una pila in c.a. diametro 1,6 mt, si precisa che le fondazioni di questi due ultimi appoggi sono su pali diametro 800 mm, in numero 4 per pila centrale e di 3 per la spalla. Detti pali, profondi tutti 22 mt, attraversano nei primi 7 mt più corticali una argilla ossidata e/o detrito calcareo frammisto all'argilla ossidata e per i 15 mt successivi le argille tortoniane di base. Dal pozzo di servizio si dipartono due passerelle metalliche di servizio: una verso la torre di accesso alle camere paratoie e una verso la torre di servizio aeroforo. Dette singole passerelle, sono composte da due parti poste a 120° circa, hanno altezza di circa 2,2 mt, larghezza di circa 1,2 mt e lunghezza complessiva di circa 26 mt.

Galleria principale. La galleria principale collega il manufatto di imbocco scarichi con il manufatto di dissipazione e restituzione a valle. E' prevista, nel primo tratto di circa 90 mt che attraversa le argille del tortoniano, con una sezione circolare di diametro 7,40 mt mentre nel secondo tratto, che si sviluppa per circa 540 mt entro la formazione dei calcari, è a sezione policentrica di altezza 7,40 mt ed andamento planimetrico curvilineo con raggio di 165 mt. L'imbocco della galleria è a quota 154,50 m.s.l.m., lo sbocco a quota 137,74 m.s.l.m. Alla galleria fa seguito uno scivolo dello sviluppo di circa 30 mt che immette le acque nella vasca di dissipazione, cui fa seguito il canale di restituzione in alveo.

Vasca di dissipazione. La vasca di dissipazione ha pianta rettangolare, con dimensioni 35x14 mt; lateralmente è contenuta da muri di altezza 15 mt rinfiancati con materiale drenante calcareo o calcarenitico; la vasca dispone di elementi di dissipazione della energia costituiti da due file di denti di dissipazione posti all'interno di essa ed una terza fila alla fine dello scivolo. Al termine della vasca vi è una soglia alta 8 mt. La platea della vasca, i muri laterali e lo scivolo sono appoggiati sui calcarei mediante preliminare regolarizzazione con uno strato di magrone. I muri perimetrali della vasca hanno larghezza in testa di 1 mt, scarpa 5/1 verso l'interno e di 20/1 verso l'esterno. In corrispondenza della massima altezza di 15 mt sul fondo vasca la larghezza alla base è di 3,25 mt.

Scarico di fondo: costituito da un manufatto di presa con soglia a quota 165,00 m.s.l.m., opportunamente raccordato alle paratoie piane di intercettazione disposte in serie (dimensioni 1,30 x 1,80 mt — quota fondo 155,00 m.s.l.m.) e da un condotto circolare di raccordo alla galleria di scarico di superficie lungo 28,00 mt ed avente sezione circolare di 2,20 mt. La portata massima di scarico è di 51,80 m³/s.

Il tempo di vuotamento del serbatoio è di circa 34 ore per raggiungere la quota di 167,00 m.s.l.m. Le paratoie sono azionabili, oltre che localmente, dalla camera di manovra sita alla sommità del pozzo paratoie ed anche dalla sala comandi ubicata in casa di guardia; in quest'ultimo caso, bisogna azionare preliminarmente i motori delle elettropompe dalla camera di manovra alla sommità del calice. Le manovre si possono effettuare manualmente e tramite impianto oleodinamico alimentato dall'energia della rete pubblica o dal gruppo elettrogeno ubicato in apposito locale presso la casa di guardia.

Scarico di esaurimento: consente di abbassare il livello del serbatoio fino a quota 157,50 m.s.l.m. E' costituito da una tubazione di acciaio del DN 500 sp 7,10 mm con asse all'imbocco a quota 155,50 m.s.l.m., che attraversa il blocco di fondazione delle opere di scarico e sbocca nella galleria dello scarico di superficie a quota 155,23 m.s.l.m. Lo sviluppo è di circa 17,00 mt e l'intercettazione è assicurata mediante una saracinesca DN 500 posta in un pozzetto cui si accede dal cunicolo di fondo. Questa saracinesca è manovrabile solo manualmente. La portata scaricabile con serbatoio a quota 165,0 m.s.l.m. (quota bocca di presa dello scarico di fondo) è di 1,46 m³/s.

Opera di presa e condotta di derivazione: consente la derivazione delle acque dal serbatoio. E' costituita da un'opera di imbocco tra le quote 165,00 e 172,10 m.s.l.m. con tre luci sovrapposte di mt 2,00 x 1,00, provviste di griglia per materiali fini, e da un raccordo che immette le acque in una tubazione del DN 1000, della lunghezza di circa 230 m, corrente sotto la platea della galleria dello scarico di superficie. Giunta in prossimità dell'intersezione con la galleria dello scarico sussidiario, la condotta fuoriesce e prosegue all'interno di quest'ultima fino al pozzo di ingresso ubicato in prossimità della torre faro centrale. Tale tratto, della lunghezza di circa 211 m, è in P.R.F.V. del DN 1200. A valle del pozzo di ingresso, la condotta è in acciaio e prosegue interrata, fino alla vasca di dissipazione, per un tratto di lunghezza pari a circa 420 m, conservando il diametro del DN 1200. La condotta costeggia in sx idraulica la vasca di dissipazione, e perviene entro un'apposita cabina a valle dello sbarramento ove avviene la misura e la regolazione della portata (la portata massima derivabile è di 2,72 m³/s) per poi proseguire a cielo aperto al termine della vasca di dissipazione e interrarsi nuovamente costeggiando in sx idraulica il torrente Burraito, attraversarlo e risalire lungo la pendice verso la vasca V0 che costituisce il primo elemento di disconnessione idraulica del sistema.

Tale ultimo tratto misura circa 670 m e pertanto la lunghezza complessiva della condotta, dal calice di sfioro alla vasca V0 è pari a circa 1530 m.

L'intera linea è dotata di protezione catodica.

Le apparecchiature presenti sulla linea sono:

- una valvola a farfalla del DN 1200 con dispositivo di chiusura di sicurezza per eccesso di velocità alla presa;
- una valvola a farfalla del DN 1000, un venturimetro registratore ed una valvola di regolazione a fuso anch'esso del DN 1000 in prossimità della vasca di dissipazione;
- una idrovalvola in arrivo alla vasca V0 asservita al livello in vasca.
- n° 2 scarichi rispettivamente del DN 200 e del DN 250;
- n° 3 sfiati di cui uno libero con tubazione in acciaio DN 1000 e n° 2 con apparecchiatura di sfiato DN 300 a doppio corpo.

Cunicolo raccolta drenaggi diga: ubicato a valle dello sbarramento in direzione ortogonale ad esso, nel cunicolo raccolta dreni sono installati n°14 stramazzi in corrispondenza dei collettori di drenaggio di cui n°8 distribuiti in fondazione e n°6 nel nucleo della diga.

Casa di Guardia. La casa di guardia consta di un edificio a 2 elevazioni, di cui il piano destinato ad ufficio e magazzini ed il primo piano ad alloggi guardiani e foresteria. Struttura portante in c.a. intelaita secondo due direzioni ortogonali e fondazioni a travi rovesce continue. I solai sono del tipo misto in latero-cemento mentre le scale sono in c.a.

3. Regole e norme tecniche da rispettare

Gli studi dovranno essere redatti nel rispetto delle norme che si richiamano per quanto di pertinenza, per costituirne parte integrante essenziale.

- Decreto Legislativo 29 marzo 2004 n. 79, così come convertito in Legge 1 agosto 2004, n° 139 - "Disposizioni urgenti in materia di sicurezza di grandi dighe."
- D.M. 14 gennaio 2008 – "NTC 2008 – Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare 2 febbraio 2009 n° 617 – "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14 gennaio 2008".

- Decreto Legislativo 6 dicembre 2011, n° 201, convertito in Legge 22 dicembre 2001, n° 214 "Disposizioni urgenti per la crescita, l'equità ed il consolidamento dei conti pubblici", con particolare riferimento all'art. 43 "Alleggerimento e semplificazione delle procedure, riduzione dei costi ed altre misure".
- Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 26 giugno 2014 – "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).

4. Requisiti tecnici e contenuti dello studio

4.1 Studio e verifiche sismiche

Lo studio di verifica dovrà analizzare criticamente ed eventualmente, laddove ritenuto necessario, integrare i contenuti delle "linee guida" redatte dal C.I.Di.S. nell'ambito dell'incarico conferitogli. Inoltre, per rispondere compiutamente alle prescrizioni della normativa vigente lo stesso verrà articolato come segue.

1. Parte generale: questa parte è intesa a fornire tutti gli elementi per identificare e caratterizzare l'impianto interessato e per indicare l'oggetto e le finalità dello Studio. In particolare gli argomenti trattati saranno i seguenti:
 - dati d'identificazione dell'impianto, con le principali caratteristiche;
 - oggetto e finalità dello studio, con riferimento alla normativa vigente, ai previsti intenti della stessa e alle oggettive condizioni delle opere costituenti l'impianto;
 - riferimenti alla normativa vigente;
 - caratteristiche dello sbarramento, come complesso di diga e opere di scarico, del serbatoio e relative sponde, e delle opere accessorie significative per il buon funzionamento di tutto l'impianto;
 - esame dello stato di conservazione delle opere da verificare.
2. Parte conoscitiva: questa parte è finalizzata alla descrizione e commento delle caratteristiche essenziali di tutte le opere interessate dalle verifiche sismiche, come risultanti sia dalla Documentazione allegata allo studio C.I.Di.S., sia dai risultati delle nuove indagini programmate.

Dovranno essere trattati esaurientemente i seguenti aspetti:

- caratterizzazione di tutte le opere d'interesse, sia per quanto riguarda le proprietà geometriche e strutturali, sia gli aspetti geologici e geotecnici delle relative fondazioni;

- stato di conservazione delle opere stesse.
3. Quadro geologico: sulla base dell'analisi della documentazione esistente dovrà valutarsi la necessità di redigere un nuovo Studio Geologico o integrare l'esistente, al fine di definire il modello geologico di riferimento.
Esso dovrà comunque interessare tutti i terreni dell'imposta diga, sia sul fondo valle che sulle sponde, e comprendere la ricostruzione della situazione litologica, stratigrafica, strutturale e sismotettonica di tutta la zona di imposta.
 4. Caratterizzazione strutturale e geotecnica delle opere di scarico e di quelle complementari e accessorie: sulla base dei dati acquisiti dalla documentazione esistente e dei risultati ottenuti con le nuove indagini programmate, anche per queste opere verranno definiti tutti i dati necessari per la corretta modellazione di calcolo, per le specifiche verifiche che saranno previste secondo la importanza della singola opera nel complesso generale dello sbarramento.
 5. Definizione dell'azione sismica, in relazione ai siti interessati e alle caratteristiche delle opere in esame, in termini di parametri di pericolosità sismica di base e conseguentemente in termini di coefficienti sismici, di spettri di risposta e di accelerogrammi.
 6. Esecuzione delle verifiche di stabilità, in tutte le condizioni degli Stati Limite significativi per il tipo di opera considerata.
 7. Esame delle possibilità di adeguamento sismico, per le principali opere che abbiano denunciato un grado di stabilità non soddisfacente o cedimenti non compatibili con il buon comportamento dell'opera.

4.2 Considerazioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche sull'area a ridosso della vasca di smorzamento della Diga Furore

L'area della Diga Furore è caratterizzata da un assetto morfologico che è quello tipico delle aree collinari presenti nei contesti della Serie Evaporitica siciliana, con superfici debolmente acclivi e con morfologie morbide ed addolcite che lasciano il posto ad alture a forte pendenza contraddistinte da elevate asperità. In particolare l'assetto morfologico dell'area in cui ricade la vasca di smorzamento della diga è condizionata dalla presenza di corpi rocciosi lapidei carbonatici che conferiscono al contesto esistente un aspetto più aspro e marcato.

Il sito posto a valle dello sbarramento della Diga Furore, dove trova spazio la vasca di smorzamento, presenta in alcuni tratti, sia in destra che in sinistra idraulica, delle pendenze molto accentuate che, coniugate

con le marcate alterazioni della roccia carbonatica, determinano delle aree di dissesto caratterizzate da equilibri labili.

I processi morfodinamici che in atto caratterizzano, a più ampia scala, questa porzione di territorio sono strettamente legati, per tipologia, alla natura litologica del substrato affiorante (calcare), con processi riconducibili a "frane di crollo", presenti soprattutto in corrispondenza delle porzioni più acclivi dei versanti rocciosi.



I fenomeni di crollo sono determinati dall'elevata fratturazione dell'ammasso roccioso carbonatico che, soprattutto in alcuni tratti si presenta notevolmente smembrato in blocchi aventi dimensioni da centimetriche a metriche: la sopracitata criticità viene inoltre ulteriormente aggravata dall'azione degli agenti esogeni (acqua, vento, ecc.) che di fatto peggiorano lo stato dell'ammasso roccioso carbonatico. Occorre precisare che il substrato carbonatico presente è sottoposto a fenomeni carsici, di dissoluzione chimica, causate dalla acque di percolazione che si infiltrano nel sottosuolo. La scarsa copertura vegetativa rende inoltre la porzione corticale del suddetto ammasso facilmente aggredibile da parte degli agenti esogeni. Le rocce calcaree sono soggette all'azione "aggressiva" dell'acqua; ciò ha determinato, nel tempo, la formazione di un tipico paesaggio carsico con microforme in affioramento, di dimensioni più ridotte, quali diversi tipi di karren.

Lungo il versante in sinistra idraulica è inoltre possibile notare la presenza di aggrottati, anche di dimensioni notevoli, presenti a diverse quote del versante, che conferiscono al paesaggio un aspetto molto particolare. La presenza di queste cavità lungo la parete rocciosa incrementa i fattori di instabilità generale, aumentando i potenziali disaggi di blocchi alle diverse quote, anche a causa della maggiore incisività degli effetti degli agenti esogeni sulle superfici di alterazione.



In particolare lungo i rilievi collinari presenti a valle della diga è possibile riconoscere, in alcune porzioni, la stratificazione dell'ammasso roccioso nonché il suo elevato grado di fratturazione determinato dai notevoli processi tettonici verificatisi nel tempo.

Occorre precisare che in alcune porzioni del versante le condizioni di precario equilibrio sono state aggravate dagli sbancamenti effettuati per la realizzazione delle opere afferenti la diga. In alcune porzioni dell'affioramento poste in destra idraulica, già nel periodo di costruzione dell'invaso, sono stati realizzati degli interventi di spritz-beton al fine di mitigare i processi morfodinamici caratterizzanti il versante carbonatico.



In considerazione delle morfologie presenti e delle caratteristiche litologiche dell'ammasso in questa zona dell'impianto occorrerà effettuare degli approfondimenti che puntino essenzialmente alla caratterizzazione geo-strutturale dell'ammasso roccioso, al fine di potere stabilire le caratteristiche dimensionale dei potenziali blocchi instabili e quindi potere operare delle ipotesi di intervento di consolidamento ingegneristico, attivo o passivo, nonché la possibilità di interventi di demolizione o disgaggio di alcune porzioni. Tale procedura ricopre un ruolo propedeutico a tutte le attività di calcolazione che dovranno effettuarsi a valle della redazione di tali studi.

Relativamente agli aspetti di natura idrogeologica, operando una classificazione per tipo e grado di permeabilità delle unità litologiche che caratterizzano l'area in esame, è stato possibile individuare le seguenti categorie così distinte:

- Rocce a permeabilità nulla;
- Rocce a permeabilità bassa per porosità;
- Rocce a permeabilità elevata per porosità;
- Rocce a permeabilità molto elevata per fessurazione e carsismo.

Rocce a permeabilità nulla - In questa categoria ricadono le rocce argillose ed argillo-marnose di substrato che per le caratteristiche possedute non permettono in alcun modo l'infiltrazione e la circolazione idrica nel sottosuolo.

Rocce a permeabilità bassa per porosità - Nell'ambito di questo raggruppamento si inseriscono:

- le diatomiti del "Tripoli", che pur essendo molto porose sono caratterizzate da una tessitura molto fine tale da non rendere agevole il passaggio dell'acqua.

Rocce a permeabilità elevata per porosità - Fanno parte di questo insieme i depositi recenti naturali ed antropici (detriti di falda, materiale di riporto e alluvioni) che per la loro eterogeneità granulometrica posseggono caratteristiche idonee all'infiltrazione ed all'eventuale accumulo idrico nel sottosuolo.

Rocce a permeabilità elevata per fessurazione e carsismo - Di questa categoria fanno parte i calcari evaporitici, spesso fortemente fratturati e soggetti a carsificazione per il loro chimismo: per tali processi si creano, negli ammassi rocciosi, vie d'accesso preferenziali all'infiltrazione idrica delle acque meteoriche che riescono a percolare nel sottosuolo in modo comunque assolutamente disomogeneo.

5. Interventi previsti

5.1 Opere di consolidamento della zona in destra vasca di dissipazione

A seguito della caduta massi nella zona in destra della vasca di dissipazione necessita mettere in sicurezza tale zona mediante un progetto di consolidamento del costone roccioso.

Tale intervento, già in parte è stato eseguito dalla ditta Condotti s.pa che ha realizzato la diga negli anni 1986 - 1992.

Necessita completare il consolidamento del costone roccioso mediante la realizzazione spritz - beton sulla superficie rimanente da consolidare per circa 450,00 mq.

Il progetto d'intervento deve tenere conto dello studio geologico-geomorfologico, già redatto dai progettisti della diga, al fine di individuare i materiali geologici coinvolti dal fenomeno franoso e le diverse cause del dissesto, nonché dalle principali problematiche connesse alla evoluzione del grado di attività del fenomeno.

Quando si parla di frana e in particolare di frana in roccia, la mitigazione del rischio può essere ottenuta agendo separatamente sui fattori di rischio. In primo luogo una buona mitigazione deve partire in fase di pianificazione, facendo in modo di ridurre le criticità. In secondo luogo per mitigare il rischio di frane in roccia, occorre ridurre non solo la pericolosità, mediante interventi sulle cause che producono l'instabilità, ma anche la vulnerabilità, attraverso interventi di rinforzo strutturale sulle opere a rischio con protezione del tipo spritz-beton, è una soluzione efficace ed economica per tutte le situazioni dove è necessario un'azione di rinforzo delle pareti rapida e resistente.

Lo spritz-beton è un conglomerato cementizio speciale ad alta resistenza a presa rapida, che viene spruzzato per via umida verso la superficie (parete da consolidare) con una lancia ad alta pressione la cui resistenza meccanica risulta dopo 6 ore superiore a 4 N/mm².



5.2 Consolidamento strutturale della casa di Guardia e stabilizzazione del pendio limitrofo

L'area interessata dalla presenza della casa di guardia della Diga Furore posizionata ad una quota media di circa 215,00 metri s.l.m, è ubicata su un versante collinare esposto a sud che degrada fino alla quota della diga.

Il fabbricato è posto a mezza – costa sul versante che è stato interessato da opere di sbancamento funzionali alla realizzazione del corpo fabbrica, così come testimoniato dal pendio posto a monte del fabbricato stesso.

La struttura della casa di guardia è stata realizzata con struttura intelaiata in c.a, su due livelli, con fondazioni a trave rovescio, travi e pilastri e solai in latero-cemento con tompagno esterno in blocchi in conci di tufo e tompagno interno in laterizi.

Realizzata negli anni 1992 e completata nel 1993, collaudata nell'anno 96.

Il fenomeno fessurativo del corpo di fabbrica della casa di guardia si è manifestato durante gli anni 1998 - 2000 la zona più interessata è stata la parte sud – est della casa di guardia nei due livelli.

L' Ente Sviluppo Agricolo nell'anno 2002 ha dato incarico alla ditta GEORAS s.r.l di Palermo di effettuare uno studio attraverso una campagna di " Indagini geognostiche e geotecniche" per individuare la causa del fenomeno fessurativo e cedimento in parte della fondazione.

Inoltre ha verificato la resistenza del calcestruzzo nei vari travi e pilastri e i movimenti e rotazioni.

Caratterizzando il substrato dell'area dove è posto il fabbricato:

- 1-materiali e terreno di riporto a matrice argillosa – sabbiosa, con clasti eterogenei ed eterometrici;
- 2- argilla sabbiose di colore grigio- brunastro, con inclusi di cristalli di gesso e con patine di concrezioni saline;
- 3- argille sabbiose di colore grigiastro con venature brunastre e consistenza plastica;
- 4- argilla grigio – azzurra, a struttura brecciata e con livelli centimetrici sabbiosi;

Successivamente il dipartimento regionale acque e Rifiuti nell'anno 2017 ha effettuato uno studio su interventi di risanamento strutturale della casa di guardia.

Lo studio strutturale dovrà eliminare le cause generatrici del fenomeno fessurativo, consolidare la struttura in c.a ed effettuare la verifica sismica del fabbricato.

Il Pendio limitrofo alla casa di guardia, geologicamente caratterizzato da affioramenti dei litotipi calcarei e calcare-marnosi ascrivibili alla formazione geologica del calcare di base del Messiniano inferiore.

Alla base del pendio è stato realizzato un muro di contenimento in c.a di altezza di circa 3,00 m.

Per la mitigazione del rischio sul pendio occorre stabilizzare lo stesso mediante la realizzazione di una migliore sagomatura, al fine di ridurre la pendenza. Occorre altresì realizzare lungo la sommità del pendio un cordolo in c.a. dove verrà fissata la rete metallica para – massi a doppia torsione, aderente alla parete del pendio ed

ammorsata, mediante delle chiodature, nella parte inferiore alla testa del muro di contenimento. Gli effetti della mitigazione del pendio e della apposizione della rete metallica para – massi a doppia torsione avranno come risultato l'inibizione della caduta di massi sul piazzale della casa di guardia.

Si prevede altresì la contestuale realizzazione dell'inerbimento del pendio che ha lo scopo di:

- stabilizzare il terreno, attraverso l'azione consolidante degli apparati radicali;
- proteggere il terreno dall'erosione superficiale dovuta all'azione battente delle precipitazioni e dal ruscellamento superficiale;
- ricostruire la vegetazione e le condizioni di fertilità;

L'inerbimento delle superfici del pendio mediante semina manuale sarà preceduta da operazioni di preparazione del piano di semina.



6 Quadro economico

Gli studi verranno finanziati con i fondi del Piano Nazionale per le Dighe di cui alla Delibera CIPE 26/2016; il quadro economico presuntivo prevede una spesa complessiva pari a € 1.000.000,00, per come nel seguito:

Importo dei lavori a base d'asta	
A1) CASA DI GUARDIA E COSTONE LIMITROFO	€ 392.000,00
A2) COSTONE ROCCIOSO IN DX DELLA VASCA DI DISSIPAZIONE	€ 148.000,00
Sommano A1)+A2)	€ 540.000,00
A3) ONERI PER LA SICUREZZA NON SOGGETTI A RIBASSO 2% CIRCA	€ 10.800,00
sommano A)	€ 550.800,00
Somme a disposizione dell'Amministrazione	
B1) Servizi di ingegneria strutturale per rivalutazione sismica	€ 137.864,65
B2) Indagini geognostiche e prove di laboratorio	€ 50.000,00
B3) Spese progettazione	€ 46.102,76
B4) Incentivi per funzioni tecniche sui lavori (art. 113 D.Lgs 50/2016) 2% di A)	€ 11.200,00
B.4.1) Incentivi per funzioni tecniche sui servizi di ingegneria (art. 113 D.Lgs 50/2016) 0,80% fino a €221.000,00	€ 1.768,00
B.4.2) Incentivi per funzioni tecniche sui servizi di ingegneria (art. 113 D.Lgs 50/2016) 0,56% da €221.000,00 fino a €233.967,41	€72,62
B5) Spese pubblicità e commissioni gare	€ 10.000,00
B6) Contributo ANAC	€ 20,00
B7) Imprevisti 2 % circa	€ 10.545,53
B8) IVA su A)	€ 121.176,00
B9) CNPAIA (4% su B1+B3)	€ 7.358,70
B10) IVA su B1)+ B2)+B3)+B9)	€ 53.091,74
Sommano B)	€ 449.220,00
SOMMA A) + B)	€ 1.000.000,00

IL PROGETTISTA
(ING. GIUSEPPE CACCIATORE)