



# FSC

Fondo per lo Sviluppo  
e la Coesione

## PIANO OPERATIVO FONDO SVILUPPO E COESIONE INFRASTRUTTURE 2014 - 2020

DELIBERE CIPE N. 54 DEL 01.12.2016 / N. 12 DEL 28.02.2018  
C.U.P. E35G18000100007

### CONSORZIO DI BONIFICA "VELIA"

Località Piano della Rocca, 84060 - PRIGNANO CILENTO (SA)  
Tel. 0974/837206 - Fax. 0974/837154 - Pec: consorziovelia@pec.it - www.consorziovelia.com

### INTERVENTI PER L'INCREMENTO DELLA SICUREZZA DELLE DIGHE CARMINE E NOCELLITO NEL COMUNE DI CANNALONGA (SA)

#### ESECUZIONE DI PROVE GEOGNOSTICHE E DI LABORATORIO DIGA CARMINE

Elaborato	<b>01</b>	Scala	-	Data	Novembre 2021	Revisione	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6
-----------	-----------	-------	---	------	---------------	-----------	---

Contenuti elaborato	<b>Piano delle indagini</b>
---------------------	-----------------------------

<b>TIPOLOGIA ELABORATO</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Descrittivo	<input checked="" type="checkbox"/> Grafico	<input type="checkbox"/> Calcolo
<input type="checkbox"/> Economico	<input type="checkbox"/> Sicurezza	<input type="checkbox"/> Disciplinare - Contrattuale	<input type="checkbox"/> Altro

<b>PROGETTISTA</b> Velia Ingegneria e Servizi Srl Loc. Piano Della Rocca 84060 PRIGNANO CILENTO (SA) Tel. 0974/837206 fax 0974/837154 - Pec: veliaingegneria@pec.it <b>Ing. Gaetano Suppa</b> Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1854 dal 12.09.1983 Consulente - Waterways Srl	<b>R.U.P.</b> <b>Ing. Giancarlo Greco</b> Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 5168 dal 11.09.2006
--	---

Rif. archivio digitale: 43.2021/Ve.Ing.

## INDICE

<b>ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI</b> .....	<b>1</b>
<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2. PROBLEMATICHE DELL'OPERA</b> .....	<b>2</b>
<b>3. INDAGINI SUL CORPO DIGA E SUI TERRENI DI FONDAZIONE</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1 DEFINIZIONE DELLE INDAGINI IN SITO E DI LABORATORIO</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2 INDAGINI GEOTECNICHE PROPEDEUTICHE ALLE VERIFICHE SISMICHE</b> .....	<b>5</b>
<b>3.3 QUADRO DI SINTESI DELLE INDAGINI PREVISTE IN SITU ED IN LABORATORIO</b> .....	<b>8</b>
<b>3.4 PUNTUALIZZAZIONI</b> .....	<b>9</b>
<b>3.4.1 Sezione tipica</b> .....	<b>9</b>
<b>3.5 CONSIDERAZIONI GENERALI</b> .....	<b>10</b>
<b>3.6 NUCLEO</b> .....	<b>10</b>
<b>3.7 CONTRONUCLEO DI VALLE</b> .....	<b>10</b>
<b>3.8 TERRENI DI FONDAZIONE DEL RILEVATO DI SBARRAMENTO</b> .....	<b>11</b>
<b>3.9 TERRENI IN SPONDA DESTRA DEL SERBATOIO</b> .....	<b>11</b>
<b>3.10 RACCOMANDAZIONI</b> .....	<b>11</b>
<b>4. OPERE COMPLEMENTARI</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1 INDAGINI SUI CALCESTRUZZI E SUGLI ACCIAI DELLE OPERE COMPLEMENTARI</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1.1 Piano delle indagini sui calcestruzzi e sugli acciai</b> .....	<b>12</b>
<b>5. SUPERVISIONE DELLE INDAGINI</b> .....	<b>13</b>
<b>6. PROGRAMMA DI LAVORO</b> .....	<b>13</b>
<b>7. ADATTAMENTI DEL PIANO DELLE INDAGINI</b> .....	<b>13</b>

## ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI

<b>ASTM</b>	American Society for Tests and Materials
<b>CD</b>	Prova consolidata e drenata
<b>CIU</b>	Prova consolidata isotropicamente e non drenata
<b>C<sub>v</sub></b>	Coefficiente di consolidazione
<b>DGD</b>	Direzione Generale Dighe del MIT
<b>MIT</b>	Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
<b>SonReb</b>	Prova Sonic Rebound
<b>STxS</b>	Prova triassiale ciclica a liquefazione
<b>USBR</b>	United States Bureau of Reclamation
<b>UTD</b>	Ufficio Tecnico per le Dighe
<b>UU</b>	Prova non consolidata non drenata

## 1. PREMESSA

Il presente piano delle indagini da effettuarsi sulla diga Carmine nel comune di Cannalonga in provincia di Salerno è redatto al fine di consentire al Concessionario di richiedere l'approvazione dello stesso agli organi di controllo istituzionalmente competenti.

I criteri e l'analisi di dettaglio sono basati su:

- la documentazione fornita ad oggi dalla Committenza;
- ulteriori indagini effettuate dallo scrivente con sopralluogo all'impianto;
- informazioni contenute nei verbali di visita di vigilanza semestrali redatti, a seguito delle visite in sito, dai funzionari dell'Ufficio per le Dighe del Ministero delle Infrastrutture del compartimento di Napoli.

Nel presente piano di indagini relativo allo studio di rivalutazione sismica dell'opera sono comprese le indagini sui materiali del corpo diga, quelle sui terreni di fondazione ed infine quelle relative ai calcestruzzi ed alle armature delle opere complementari.

## 2. PROBLEMATICHE DELL'OPERA

Preliminarmente alla definizione del Piano delle Indagini è importante rilevare ed esaminare le principali problematiche che sono state riscontrate nel corso dell'esercizio dell'impianto ed ancora presenti. A questo fine è stato effettuato un sopralluogo all'impianto effettuato in data &&&&& ed al contempo è stata effettuata una prima fase di rilevamenti visuali contestuali al sopralluogo.

È stato inoltre effettuato un esame dei documenti dell'impianto di seguito elencati:

- verbali delle visite periodiche dell'UTD di Napoli;
- note dell'UTD di Napoli e della DGD di Roma.

L'attività di individuazione delle principali problematiche dell'impianto è stata propedeutica alla definizione delle indagini.

Nella tabella 1 sono riportati i temi rilevanti e i commenti connessi con la tematica e le azioni conoscitive praticabili. L'elencazione ha la sola finalità di pianificare e definire il Piano delle Indagini.

**Tab. 1 – Problematiche dell'opera**

N°	Tema	Osservazioni
1	Fessurazioni diga	Sul coronamento della diga, in prossimità della sponda destra, è presente un fenomeno fessurativo con lesioni che si sviluppano con un andamento prevalente che segue l'asse longitudinale dell'opera di sbarramento. Precedenti

		<p>indagini effettuate dal Concessionario hanno evidenziato che l'estensione in profondità delle fessure è limitato allo strato di materiale granulare leggermente cementato presente sopra il nucleo spesso circa 1,5 m su cui è appoggiato il manto bituminoso della strada di servizio che permette l'accesso alla passerella di collegamento con la torre di manovra delle paratoie dello scarico di fondo. Non sono stati rilevati segni di lesioni o cedimenti della testa del nucleo di materiali coesivi,</p> <p>Tali fessurazioni sono connesse a cedimenti che si sviluppano nella parte apicale del rilevato, la cui causa non è nota. Uno dei possibili fattori potrebbe essere la situazione di locale irregolarità geometrica che si osserva sulla superficie del paramento di valle, con locali acclività con pendenze che eccedono quelle medie del paramento. Poiché il grado di saturazione ed il contenuto d'acqua dei materiali del rinfiacco di valle varia molto in funzione delle stagioni ed in particolare del regime delle piogge, nei periodi di maggiore piovosità ed in corrispondenza delle zone di elevata acclività potrebbero innescarsi dei fenomeni di cedimento viscoso, il cui effetto si ripercuoterebbe nello strato granulare sopra il nucleo che non avendo coesione si lesiona.</p> <p>Fondamentale sarà l'esame delle misure di spostamento effettuate dal Concessionario in diversi punti di controllo posizionati sul coronamento.</p>
3	Apertura giunto nel muro di appoggio della passerella di accesso alla torre di manovra delle paratoie dello scarico di fondo.	<p>In analogia a quanto osservato per coronamento della diga, si presume che il movimento dell'opera e le fessurazioni, presumibilmente localizzate nelle posizioni strutturalmente vulnerabili, siano dovute a cedimenti della fondazione,</p> <p>Un sondaggio in fondazione con prelievo di campioni serve per qualificare la geometria della fondazione e per caratterizzarne il materiale, importante è l'osservazione dei dati della storia degli spostamenti se disponibile.</p>
4	Lesioni sulla parete interne della torre di manovra delle paratoie Perdite dal corpo diga	<p>Come documentato nella relazione di rivalutazione sismica della diga Carmine, sulla parete interna della torre sono presenti una serie di fenomeni fessurativi ad andamento prevalente longitudinale secondo la linea direttrice della rigata cilindrica. Nelle parti più basse si osserva una chiara presenza d'acqua in forma di macchie</p>

		di umidità ed in alcune zone si osserva lo stato di ossidazione delle armature con corrispondente presenza di macchie marroni-rossastre tipiche dei prodotti di ossidazione del ferro. Sempre in alcune zone localizzate si osserva il distacco del copriferro.
5	Lesione sul calice dello scarico di superficie	In corrispondenza dell'aeroforo annesso alla parete del calice è presente una lesione ad andamento verticale che segue l'allineamento dell'aeroforo stesso. Il concessionario ha installato recentemente un sistema automatizzato di rilevamento delle aperture o chiusure della lesione. È indubbio che l'aver messo il tubo dell'aeroforo all'interno della parete ha causato un locale indebolimento della sezione resistente. Molto probabilmente a causa degli sforzi di coazione interna, indotti dagli sbalzi termici stagionali che si determinano nello spessore della parete, nella sezione è stata superata la resistenza a trazione del calcestruzzo che si è lesionato.
6	Stato dei calcestruzzi e delle opere in metallo	Lo stato dei calcestruzzi e delle opere in metallo non è direttamente influenzante la sicurezza dell'opera e la verifica sismica, tuttavia è certo che se i calcestruzzi e le opere metalliche importanti non sono in buon stato di conservazione l'efficienza delle strutture viene compromessa, quindi si dovranno documentare le zone critiche raccomandando gli interventi opportuni.

## 3. INDAGINI SUL CORPO DIGA E SUI TERRENI DI FONDAZIONE

### 3.1 Definizione delle Indagini in situ e di laboratorio

La lavorazione prevede l'esecuzione di perforazioni a carotaggio continuo in attraversamento sia dei materiali costituenti il nucleo di tenuta sia il rinfiacco di valle (ma non del rinfiacco di monte). È prevista l'esecuzione sia di prove in situ nei fori sia l'estrazione di campioni indisturbati per l'esecuzione di prove di laboratorio.

Le indagini previste sono le seguenti:

- in situ
  - Fori di sondaggio a carotaggio continuo
  - Sono previste prove geofisiche in foro di tipo down-hole in tutti i fori di sondaggio eseguiti.
- in laboratorio – caratterizzazione fisica

- determinazione del contenuto d'acqua;
- determinazione del peso dell'unità di volume;
- peso specifico dei granuli;
- analisi granulometrica;
- determinazione dei limiti di Atterberg (liquidità, plasticità e ritiro);
- in laboratorio – caratterizzazione del comportamento meccanico statico
  - prova di consolidazione edometrica ad incrementi di carico controllati, con determinazione anche del coefficiente di permeabilità;
  - prova triassiale non consolidata-non drenata;
  - prova triassiale consolidata-non drenata;
  - prova di taglio diretto.
- in laboratorio – caratterizzazione del comportamento meccanico dinamico
  - Prova di colonna risonante;
  - Prova di taglio torsionale ciclico;
  - Prova triassiale ciclica.

La tabella 2 e la figura 1 seguenti riportano l'indicazione della sigla del foro di sondaggio, l'ubicazione, la profondità ed il numero di campioni da prelevare.

## **3.2 Indagini geotecniche propedeutiche alle verifiche sismiche**

Le indagini geotecniche specificamente indirizzate alla caratterizzazione dinamica e sismica dei materiali del rilevato dello sbarramento e dei terreni di fondazione della diga, nonché delle opere accessorie (scarico di superficie, pozzo paratoie dello scarico di fondo) sono indicate nella planimetria riportata nella figura 1. Le indagini consistono in fori di sondaggio a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati ed esecuzione di prove geofisiche in foro di tipo down-hole.



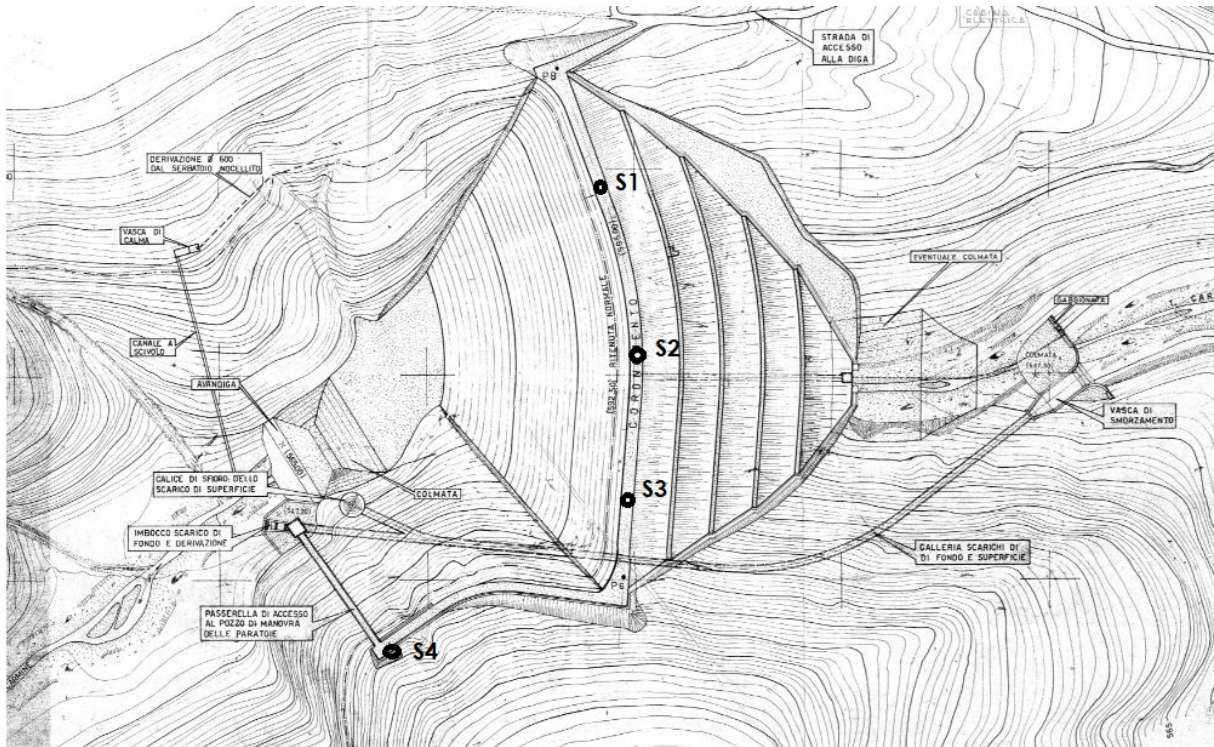


Fig. 1- Planimetria dei sondaggi per la caratterizzazione sismica

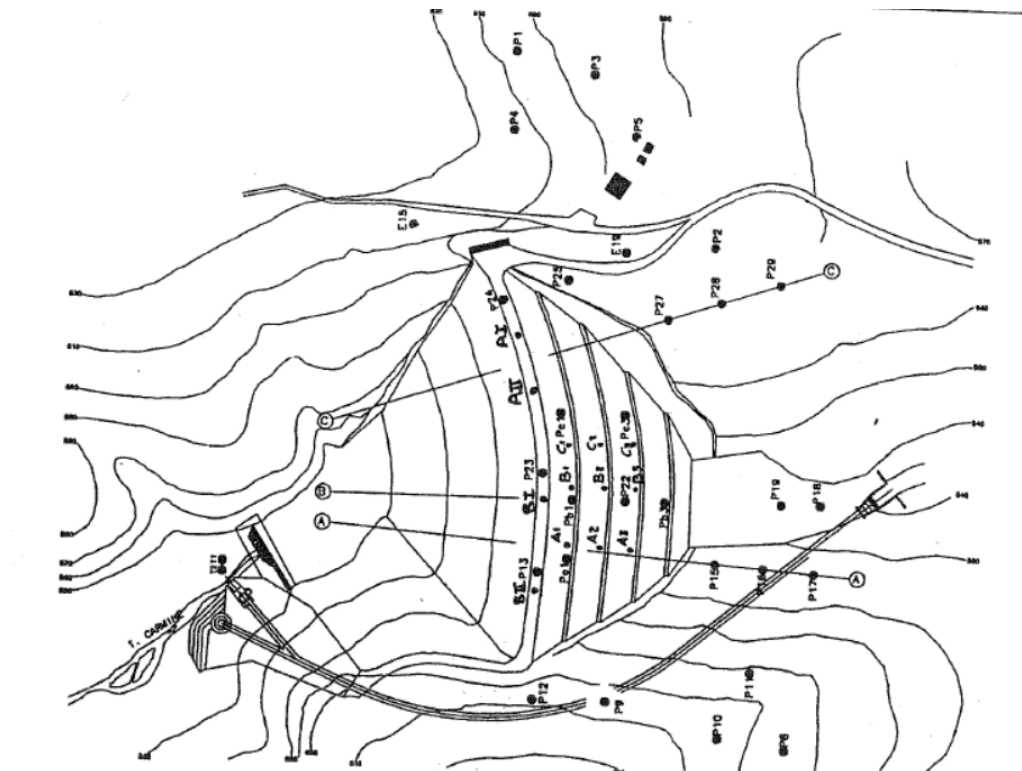


Figura 2 – Sezioni strumentate del rilevato di sbarramento



Nella tabella 2 sono elencati i sondaggi, la loro ubicazione, la profondità e le indagini previste.

**Tab. 2 – Sondaggi per la caratterizzazione sismica e prove in situ**

Identificativo sondaggio	Ubicazione	Profondità (m)	Indagini previste
Sondaggio S1	Corpo diga zona sponda Sx	45	a) Prova down-hole b) Prelievo 4 campioni c) Prove di laboratorio
Sondaggio S2	Corpo diga sezione maestra	55	a) Prova down-hole b) Prelievo 4 campioni c) Prove di laboratorio
Sondaggio S3	Corpo diga zona sponda DX	40	a) Prova down-hole b) Prelievo 4 campioni c) Prove di laboratorio
Sondaggio S4	Piazzale di accesso alla passerella di accesso alla torre di manovra delle paratoie	30 m	a) Prova down-hole b) Prelievo 4 campioni c) Prove di laboratorio

Le indagini previste sono le seguenti:

- in situ
  - 4 prove down-hole per la determinazione del profilo delle velocità delle onde di taglio  $V_s$  lungo le verticali dei sondaggi 1, 2, 3 e 4.
- In laboratorio per la caratterizzazione fisica
  - Determinazione del contenuto d'acqua naturale per essiccamento in stufa, da effettuare sulla media di almeno 3 provini.
  - Determinazione del peso dell'unità di volume allo stato naturale mediante fustella tarata di diametro  $\leq 38$  mm, da effettuare sulla media di 3 provini.
  - Determinazione del peso specifico dei granuli (effettuare sulla media su due valori).
  - Analisi granulometrica mediante staccatura e sedimentazione, con aerometro.
  - Determinazione dei limiti di liquidità e di plasticità congiuntamente

- In laboratorio per la caratterizzazione del comportamento meccanico statico
  - Prova di consolidazione edometrica ad incrementi di carico controllati su provini aventi diametro da 40 a 100 mm con il mantenimento di ogni gradino di carico per un intervallo di tempo minore di 48 h, con pressione massima non superiore a 6,4 MPa per un numero massimo di 8 incrementi nella fase di carico e 4 decrementi nella fase di scarico, con misura di almeno n 5 valori del modulo edometrico.
  - Determinazione  $C_v$  (coefficiente di consolidazione)  $K_v$  (permeabilità)  $M_v$  (modulo di compressibilità) nel corso delle prove edometriche, compresa la preparazione dei diagrammi cedimenti/tempo e  $C_v - \text{Log } \sigma_v$  da effettuare per ogni incremento di carico.
  - Prova di taglio diretto da eseguire su almeno n. 3 provini con scatola di Casagrande in condizione consolidata – drenata (CD) con rilievo e diagrammazione delle curve cedimenti-tempo e tensioni-deformazioni. Velocità di rottura compresa tra 0,02 mm/min e 0,002 mm/min.
  - Prova triassiale non consolidata – non drenata (UU) da effettuare su almeno n. 3 provini di diametro  $\leq 38$  mm, altezza  $\leq 76$  mm. Analisi condotta con saturazione preliminare mediante back pressure e senza misura della pressione nei pori.
  - Prova triassiale consolidata - non drenata (CU) da effettuare su almeno n.3 provini di diametro = 38 mm, altezza = 76 mm, con saturazione preliminare mediante back pressure e misura delle pressioni interstiziali durante la fase di rottura.
- Prove in laboratorio per la caratterizzazione del comportamento meccanico dinamico
  - Prova di colonna risonante con determinazione dello smorzamento e della curva di decadimento del modulo di taglio (previste 2 prove).
  - Prova di taglio torsionale ciclico (previste 2 prove).
  - Prova triassiale ciclica (previste 2 prove).

### 3.3 Quadro di sintesi delle indagini previste in situ ed in laboratorio

Nella seguente tabella 3 è riportato un quadro di sintesi delle indagini in situ ed in laboratorio da effettuare sui materiali del corpo diga e dei terreni di fondazione.

**Tab. 3 - Prove in situ e in laboratorio propedeutiche alle verifiche sismiche**

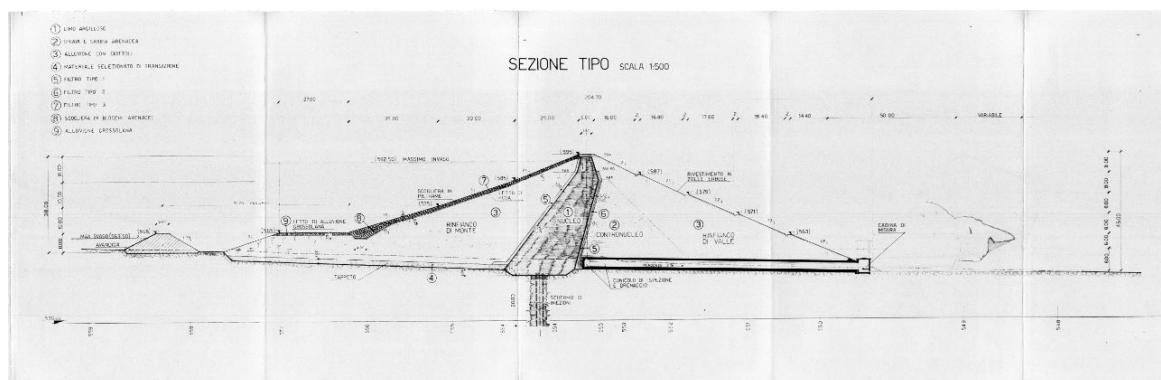
<b>Indagini geotecniche propedeutiche alle verifiche sismiche</b>	
<b>Indagini in situ</b>	<b>Quantità</b>
Sondaggio a carotaggio continuo	4

Indagini geotecniche propedeutiche alle verifiche sismiche		
Prova down-hole in foro con profilo di Vs		4
Prove di laboratorio		
Tipo di prova		Quantità
<b>Caratterizzazione fisica</b>	Contenuto d'acqua	20
	Peso dell'unità di volume allo stato naturale	20
	Peso specifico dei granuli	20
	Analisi granulometrica mediante setacciatura e sedimentazione	12
	Limite di liquidità e plasticità	12
	Limite di ritiro	12
<b>Caratterizzazione comportamento meccanico statica</b>	Consolidazione edometrica	5
	Triassiale non consolidata non drenata UU	10
	Taglio diretto	10
	Triassiale consolidata non drenata CIU	10
<b>Caratterizzazione comportamento meccanico dinamico</b>	Prova di colonna risonante	6
	Prova di taglio torsionale ciclico	6
	Prova triassiale ciclica	6

## 3.4 Puntualizzazioni

### 3.4.1 Sezione tipica

La sezione della diga alla quale è stato fatto riferimento per definire l'ubicazione dei sondaggi è quella più recente contenuta nei documenti di collaudo sottoscritti il 15 ottobre 1991.



**Fig. 3 – Sezione tipo del rilevato di sbarramento**

### 3.5 Considerazioni generali

Per la caratterizzazione dinamica dei materiali della diga e dei terreni di fondazione è prevista la realizzazione di tre fori di sondaggio (S1, S2 ed S3) con prelievo di campioni e relative prove di laboratorio per la determinazione del modulo di taglio  $G$  e del fattore di smorzamento  $D$  in funzione della deformazione di taglio e prove in sito down-hole per la determinazione del profilo delle onde di taglio lungo le verticali dei fori. Poiché i fori dei sondaggi S1, S2 ed S3 sono ubicati sul coronamento del rilevato e sono ad asse verticale, essi attraverseranno in un primo tratto il nucleo e poiché questo è inclinato verso monte, ad una certa profondità inizieranno ad attraversare i materiali del contronucleo di valle ed infine raggiungeranno i terreni di fondazione su cui poggiano i rinfianchi di monte e di valle del rilevato.

Un quarto sondaggio S4 è da realizzare in sponda destra nella piazzola di accesso alla passerella di collegamento con la torre di manovra delle paratoie dello scarico di fondo.

Al fine di ottenere una esauriente caratterizzazione di tutti i materiali di interesse, sia in campo statico che dinamico, è opportuno che vengano estratti campioni su tutti i tipi di terreno attraversati: nucleo, contronucleo, fondazione.

### 3.6 Nucleo

In ciascuno dei tre sondaggi S1, S2 ed S3, nel tratto di foro che attraversa il nucleo dovranno essere prelevati due campioni indisturbati per un totale di 6 campioni.

### 3.7 Contronucleo di valle

Le informazioni sul comportamento dinamico dei materiali incoerenti che caratterizzano il contronucleo di valle saranno acquisite attraverso le prove di laboratorio che saranno effettuate su tre campioni complessivi, uno da ciascuno dei tre fori di sondaggio S1, S2 ed S3.

Sui materiali dei campioni prelevati dovranno essere eseguite prove di colonna risonante (se il diametro dei provini lo consente, altrimenti triassiali cicliche tipo "property") e prove triassiali cicliche a liquefazione CTXS-CIU (ASTM D5311) a tre livelli di cyclic shear-ratio.

### 3.8 Terreni di fondazione del rilevato di sbarramento

I sondaggi S1, S2 ed S3 dovranno essere spinti per almeno 5 metri nei terreni di fondazione e da ciascun foro dovrà essere estratto un campione indisturbato di materiale alluvionale o di flysh.

Sui materiali dei campioni prelevati dovranno essere eseguite prove di colonna risonante (se il diametro dei provini lo consente, altrimenti triassiali cicliche tipo "property") e prove triassiali cicliche a liquefazione CTxS-CIU (ASTM D5311) a tre livelli di cyclic shear-ratio.

Dal sondaggio dovranno essere prelevati due campioni e sui materiali dei campioni prelevati dovranno essere eseguite prove di colonna risonante (se il diametro dei provini lo consente, altrimenti triassiali cicliche tipo "property") e prove triassiali cicliche a liquefazione CTxS-CIU (ASTM D5311) a tre livelli di cyclic shear-ratio

### 3.9 Terreni in sponda destra del serbatoio

Nella zona di accesso alla passerella di collegamento con la torre di manovra delle paratoie dello scarico di fondo verrà realizzato il sondaggio S4 a carotaggio continuo. Dal foro verranno estratti quattro campioni indisturbati rispettivamente alle profondità di 5, 10, 15 e 20 m dal p.c.

Sui campioni prelevati verranno eseguite le prove di laboratorio di cui alla precedente tabella 3. Mentre in foro verranno eseguite le prove di cui alla tabella 2.

### 3.10 Raccomandazioni

Prima della esecuzione delle indagini si raccomanda di coordinarsi con l'impresa esecutrice in modo che il responsabile dell'esecuzione delle analisi sismiche possa verificare e supervisionare l'esecuzione delle indagini stesse.

## 4. OPERE COMPLEMENTARI (NON COMPRESSE IN APPALTO)

Le informazioni sulle proprietà dinamiche dei terreni di fondazione delle opere complementari saranno acquisite tramite il sondaggio S4 ubicato nella piazzola di accesso alla passerella di collegamento con la torre di manovra delle paratoie dello scarico di fondo.

### 4.1 Indagini sui calcestruzzi e sugli acciai delle opere complementari

Le indagini sui calcestruzzi e sugli acciai relative alle opere complementari dello sbarramento consistono in pacometrie, test sclerometrici, prove SonReb, prove durometriche, carotaggi del calcestruzzo, estrazione di barre d'acciaio, prove di laboratorio sui materiali da costruzione.

Le opere potenzialmente interessate dalle verifiche sismiche sono, il calice dello sfioratore di superficie, la passerella di accesso al torrino di manovra dello scarico di fondo, il torrino medesimo. La lista finale delle opere verrà concordata con la Committenza dopo una analisi dei differenti scenari di rischio e quindi delle strutture potenzialmente coinvolte.

Le opere massicce in fondazione e in sotterraneo non sono soggette a verifiche sismiche specifiche.

Le strutture su cui verranno effettuati test sono indicativamente:

1. Passerella di accesso al torrino delle manovre delle paratoie dello scarico di fondo;
2. Torrino delle manovre dello scarico di fondo, per la parte in elevazione
3. Calice dello sfioratore di superficie
4. Sezione maestra della vasca di calma allo sbocco della galleria di raccolta degli scarichi di fondo e di superficie.

#### 4.1.1 Piano delle indagini sui calcestruzzi e sugli acciai

Le indagini previste sono finalizzate alla caratterizzazione dei materiali per le verifiche sismiche.

Per ciascuna struttura è prevista l'esecuzione di tre rilievi su porzioni diverse in modo da poterla caratterizzare in modo esauriente nel suo complesso. In particolare, per la torre di manovra, per il calice dello scarico di superficie e per le pile di appoggio della passerella, le porzioni interessate saranno quella sommitale, quella intermedia e quella di base. Per la vasca di calma a valle degli scarichi le ubicazioni ottimali delle tre prove previste saranno definite in fase esecutiva.

Ovviamente per poter effettuare le indagini sarà opportuno scegliere i periodi in cui l'invaso viene abbassato in considerazione anche dei vincoli di gestione dell'impianto nei diversi periodi dell'anno.

Le prove non distruttive ed il prelievo dei campioni indisturbati per la caratterizzazione dei materiali delle opere accessorie son riportate nella seguente tabella:

**Tab. 4 – Elenco delle indagini e prove di laboratorio proposte**

N°	Descrizione	Quantità
1	Rilievi con il pacometro, sulle strutture il calcestruzzo	12
2	Test SonReb e sclerometria abbinata, per struttura.	12
3	Prove durometriche su elementi in acciaio, per struttura	12
4	Estrazione di barre d'acciaio	4
5	Prove di trazione su barre d'acciaio	4
6	Carotaggi calcestruzzo in punti selezionati	4
7	Prove di schiacciamento calcestruzzo complete di determinazioni	4

Il pacometro è uno strumento digitale che permette di rilevare in maniera non distruttiva la presenza, la direzione e il diametro delle barre di armatura all'interno di elementi in calcestruzzo armato e permette inoltre la misura dello spessore del copriferro e l'interferro dei tondini di acciaio. Le pacometrie saranno effettuate su tutte le strutture con l'accuratezza necessaria a individuare la rete di armatura. Per ogni sezione rilevata i ferri verranno annotati e graficizzati sulle sezioni rilevate con la geometrizzazione effettuata durante il sopralluogo. sulle strutture elencate:

- Torre di manovra delle paratoie dello scarico di fondo;
- Passerella di accesso al torrino delle manovre delle paratoie dello scarico di fondo
- Calice dello sfioratore di superficie;
- vasca di calma allo sbocco della galleria di raccolta degli scarichi di fondo e di superficie.

Il metodo SONREB è un metodo di indagine non distruttivo sul calcestruzzo che consente di determinare la resistenza  $R_c$  di un calcestruzzo in opera correlandolo con la velocità ultrasonica  $V$ , ottenuta con prove ultrasoniche e con l'indice di rimbalzo  $S$  ottenuto con prove sclerometriche che devono essere effettuate nello stesso punto. Queste prove saranno effettuate su tutte le strutture elencate. I punti indagati saranno fotografati.

La prova durometrica in sito permette di stimare la resistenza a trazione delle barre d'armatura e delle piastre in acciaio di elementi strutturali senza prelievo di campioni. La prova durometrica va tarata con un numero limitato di estrazioni di barre d'acciaio su cui eseguire prove di trazione in laboratorio.

## **5. SUPERVISIONE DELLE INDAGINI**

Le indagini effettuate nell'ambito del presente progetto saranno adeguatamente supervisionate, sia per gli interventi in campo, sia per le prove di laboratorio in modo da gestire le indagini in forma mirata al conseguimento delle informazioni necessarie per effettuare le verifiche sismiche.

## **6. PROGRAMMA DI LAVORO**

Per iniziare le indagini è necessaria la loro formale approvazione da parte dell'Ufficio per le Dighe del Ministero. Una volta ottenuta l'approvazione sarà opportuno programmare le indagini in modo da poter garantire l'accessibilità alle diverse componenti dell'impianto.

## **7. ADATTAMENTI DEL PIANO DELLE INDAGINI**

Il piano delle indagini è soggetto a adattamenti e modifiche in funzione del progresso del lavoro e delle informazioni acquisite.