


# COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA e POGGIBONSI


Provincia di FIRENZE e SIENA



## INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA DIGA DROVE DI CEPPARELLO

Codice Elaborato:	Nome Elaborato:	Scala:
DG06	RELAZIONE STRUTTURE	-
		Data:
		Marzo 2017

Settore:	Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488
	<small>Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000</small>

<b>PROGETTO:</b>  <b>PROGETTISTA:</b> Dott. Ing. David SETTESOLDI <b>PROGETTISTA STRUTTURE:</b> Dott. Ing. Cristiano REMORINI <b>COLLABORATORI TECNICI:</b> Dott. Ing. Michele CATELLA Dott. Ing. Roberto PINELLI Dott. Geol. Silvia ANGELINI	<b>RESPONSABILE SICUREZZA :</b> INGEGNERIE TOSCANE <b>IL GEOLOGO :</b> Dott. Geol. Nicola CEMPINI <b>UFFICIO ESPROPRI :</b> Geom. Andrea PATRIARCHI Geom. Marco MENICHINI Per. Agr. Davide MORETTI	<b>COLLABORATORI GEOLOGIA:</b> Dott. Geol. Carlo FERRI Dott. Geol. Alessandro AGNELLI <b>INDAGINI GEOLOGICHE:</b> GAIA SERVIZI srl LABORATORIO SIGMA Società Geologica e Geofisica AMBIENTE SC <b>COMMESSA I.T. :</b> <b>COMMESSA COMMITTENTE :</b>
<b>INGEGNERE RESPONSABILE DIGA :</b> <b>RESPONSABILE COMMESSA I.T. :</b> Dott. Ing. Damasco MORELLI	<b>RESPONSABILE DI COMMESSA :</b> Geom. Alessandro PIOLI	
<b>DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE :</b> Dott. Ing. Mario CHIARUGI	<b>COMMITTENTE :</b> Dott. Ing. Roberto CECCHINI	

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
00	Marzo 2017	Emissione Progetto di FATTIBILITA'		Morelli / Chiarugi

PROGETTO DI FATTIBILITA'



**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>QUADRO CONOSCITIVO</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE INTERVENTI</b> .....	<b>4</b>
4.1	MODIFICA SEZIONE CANALI SFIORATORI .....	4
4.2	MODIFICA ALTEZZA VASCA DI DISSIPAZIONE.....	4
4.3	POZZETTO OPERA DI PRESA E POZZETTO VALVOLE .....	4
4.4	PASSERELLE PEDONALI IN ACCIAIO .....	5
<b>5</b>	<b>MATERIALI IMPIEGATI</b> .....	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO</b> .....	<b>7</b>
6.1	VERIFICHE PARATIE .....	7
6.2	VERIFICHE TIRANTI .....	8
6.3	VERIFICHE MURI DI SOSTEGNO.....	9
6.4	VERIFICHE MANUFATTI SCAROLARI IN CEMENTO ARMATO .....	11
6.5	VERIFICHE STRUTTURE IN ACCIAIO .....	11
6.6	METODO DI VERIFICA UTILIZZATO .....	11
6.7	CARICHI UTILIZZATI PER VALUTARE LE SOLLECITAZIONI SULLE STRUTTURE .....	11
6.8	COMBINAZIONI DI CARICO.....	12
<b>7</b>	<b>PIANO DI MANUTENZIONE</b> .....	<b>13</b>
7.1	FONDAZIONI.....	13
7.2	Strutture in c.a. in elevato.....	13
7.3	Paratie .....	13
7.4	DRENAGGI .....	13
<b>8</b>	<b>FASCICOLO DEI CALCOLI STRUTTURALI</b> .....	<b>14</b>



## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione strutturale a supporto della progettazione preliminare degli interventi di miglioramento della diga di Cepparello ubicata nel Comune di Poggibonsi (Prov. SI) sul Borro di Cepparello.

Le attività condotte nel presente documento hanno riguardato la verifica della conformità degli interventi previsti al D.M. 14/01/2008.

## 2 QUADRO CONOSCITIVO

Il presente studio strutturale ha fatto riferimento ai seguenti progetti:

- [1] *“Iniezioni di schermo alla diga sul torrente Cepparello”*, progetto per l’eliminazione delle perdite verificatesi attraverso i drenaggi disposti sotto il paramento di valle della diga sul torrente Cepparello (Ing. Ernesto Cornieri, 1964);
- [2] *“Esecuzione dei lavori di riparazione e sistemazione del canale fuggatore di destra della diga Cepparello”*, (Ing. Alberto Paggetti, 1985).

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Legge 5 novembre 1971, n° 1086

*"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".*

Legge 2 febbraio 1974, n° 64

*"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche."*

Circolare Ministeriale 14 febbraio 1974, n° 11951

*"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione".*

Decreto Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n° 380

*"Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia".*

Decreto Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008

*"Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".*

Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2 febbraio 2009, n° 617

*"Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".*

Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 26 giugno 2014

*"Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)".*

## 4 DESCRIZIONE INTERVENTI

Allo stato attuale la diga di Cepparello presenta carenze che non garantiscono le minime condizioni di sicurezza idraulica previste dalle norme del D.M. del 26 giugno 2014, in quanto al verificarsi dell'evento millenario la diga potrebbe essere tracimata anche qualora l'invaso fosse limitato o addirittura pressoché vuoto ad inizio evento.

L'intervento previsto comporta la modifica delle sezioni dei canali sfioratori con aumento della larghezza e dell'altezza dei canali stessi, la modifica dell'altezza della vasca di dissipazione, la realizzazione di un pozzetto per l'opera di presa lato invasore, la realizzazione di un pozzetto valvole lato valle e la realizzazione di due passerelle in acciaio.

Si descrivono nel seguito gli interventi previsti.

### 4.1 MODIFICA SEZIONE CANALI SFIORATORI

Si prevede la demolizione e la ricostruzione dei canali sfioratori con sezione ampliata sia in altezza sia in larghezza rispetto allo stato attuale.

Il fondo dei canali sarà realizzato con platea di spessore pari a 50 centimetri.

Le pareti dei canali saranno realizzate a seconda dei casi con:

- paratie di micropali  $\phi 220$  passo 60cm con una, due o tre file, a seconda dei casi, di tiranti passivi  $\phi 160$  passo 240 centimetri armati con barre GEWI da 50mm;
- paratie di pali di grosso diametro  $\phi 600$  passo 50cm armati uno sì e due no con tiranti passivi  $\phi 160$  passo 200 centimetri armati con barre GEWI da 50mm;
- pareti in cemento armato da 50 centimetri a mensola;
- pareti in cemento armato da 50 centimetri rinforzate con contrafforti.

Lungo il canale è inoltre prevista la realizzazione di alcuni allineamenti di micropali in direzione perpendicolare al suo asse in maniera da evitarne lo scivolamento verso valle.

### 4.2 MODIFICA ALTEZZA VASCA DI DISSIPAZIONE

È previsto l'innalzamento delle sponde della vasca di dissipazione:

- la parete di sinistra sarà rinforzata con tre file di micropali e successivamente rialzata con una parete a mensola in cemento armato;
- la parete di destra e la parete di monte saranno consolidate mediante la realizzazione di due cartelle da 15 centimetri sui due lati con armature tra loro collegate con fori passanti e da contrafforti in cemento armato passo 240 centimetri impostati su fondazioni profonde di micropali  $\phi 220$ : entrambe le pareti saranno rialzate;
- la parete di stramazzone sarà consolidata mediante la realizzazione di due cartelle da 15 centimetri sui due lati e da contrafforti in cemento armato passo 240 centimetri.

### 4.3 POZZETTO OPERA DI PRESA E POZZETTO VALVOLE

È prevista la realizzazione di un'opera di presa a monte della diga e di un pozzetto valvole a valle della stessa.

- Il manufatto "opera di presa" avrà pianta rettangolare di dimensioni pari a 1510x480 centimetri e altezza pari a 700 centimetri e sarà composto da due platee in cemento armato impostate a quote diverse e da pareti in cemento armato dello spessore pari a 40 centimetri. Le fondazioni saranno di



tipo profondo costituite da micropali  $\phi 220$ . Il piano di calpestio sarà realizzato con profilati in acciaio e Orsogrill.

- Il manufatto “pozzetto valvole” avrà pianta quadrata di dimensioni pari a 480x480 centimetri e altezza pari a 1036 centimetri e sarà composto da una platea in cemento armato e da pareti in cemento armato da 40 centimetri. Le fondazioni saranno di tipo profondo costituite da micropali  $\phi 220$ . Il piano di calpestio a livello intermedio sarà realizzato con profilati in acciaio e Orsogrill.

#### 4.4 PASSERELLE PEDONALI IN ACCIAIO

È prevista la realizzazione di due passerelle in acciaio.

La struttura sarà costituita da due travi principali IPE 450, da rompitratta HEA 180, da diagonali in pianta L80x80x8 e da piano di calpestio con Orsogrill.

## 5 MATERIALI IMPIEGATI

Si prevede l'utilizzo dei seguenti materiali:

- Calcestruzzo per strutture gettate in opera:      Classe: C32/40 ( $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ );  
   Classe di esposizione: XC4;  
   Massimo rapporto acqua/cemento: 0,50;  
   Contenuto minimo di cemento: 300 kg/m<sup>3</sup>;  
   Diametro massimo inerti: 20 mm;  
   Classe di consistenza: S5;  
   Copriferro minimo: 50 mm.
  
- Acciaio per armature C.A. tipo B450C:               $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$ ;  
    $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$ ;  
    $1,15 \leq (f_t/f_y)_k < 1,35$ ;  
    $(f_y/f_y \text{ nom})_k \leq 1,25$ ;  
    $(A_{gt})_k \geq 7,5\%$
  
- Acciaio per micropali tipo S355:                       $f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$ ;  
    $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$ ;
  
- Acciaio per carpenteria tipo S275:                       $f_{yk} \geq 275 \text{ N/mm}^2$ ;  
    $f_{tk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$ ;
  
- Acciaio barre GEWI per tiranti passivi:               $f_{yk} \geq 500 \text{ N/mm}^2$ ;  
    $f_{tk} \geq 550 \text{ N/mm}^2$ ;

## 6 RELAZIONE DI CALCOLO

### 6.1 VERIFICHE PARATIE

Per le verifiche delle paratie devono essere effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite ultimi:

SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD):

- Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera;
- Collasso per carico limite verticale;
- Instabilità globale dell'insieme terreno-opera.

SLU di tipo strutturale (STR):

- Raggiungimento della resistenza strutturale della paratia;

Tali verifiche sono eseguite secondo le seguenti fasi:

- Calcolo profondità di infissione pali e tiranti
- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni dei pali e dei tiranti, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo:

- **Approccio 1:**
  - **Combinazione 2: (A2+M2+R2)**

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

- **Combinazione 1: (A1+M1+R1)**
- **Combinazione 2: (A2+M2+R1)**

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	<b>1,0</b>	1,0
	Sfavorevole		1,1	<b>1,3</b>	1,0
Permanenti non strutturali (1)	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	<b>0,0</b>	0,0
	Sfavorevole		1,5	<b>1,5</b>	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	<b>0,0</b>	0,0
	Sfavorevole		1,5	<b>1,5</b>	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

Come indicato al punto 7.11.1 delle NTC 2008 in condizioni sismiche "le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	<b>1,00</b>	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	<b>1,00</b>	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	<b>1,00</b>	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	<b>1,00</b>	1,00

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Verifica	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di opere di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale (R2)
Stabilità globale	$\gamma_R = 1,0$

Tabella 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

## 6.2 VERIFICHE TIRANTI

Per le verifiche dei tiranti devono essere effettuate le verifiche con riferimento allo stato limite ultimo relativo allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali dei tiranti di ancoraggio. Per il dimensionamento geotecnico deve essere rispettato lo stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio.

Le verifiche devono essere effettuate considerando la seguente combinazione di coefficienti:

- (A1+M1+R3)

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	<b>1,0</b>	1,0
	Sfavorevole		1,1	<b>1,3</b>	1,0
Permanenti non strutturali (1)	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	<b>0,0</b>	0,0
	Sfavorevole		1,5	<b>1,5</b>	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	<b>0,0</b>	0,0
	Sfavorevole		1,5	<b>1,5</b>	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

Come indicato al punto 7.11.1 delle NTC 2008 in condizioni sismiche “le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all’unità i coefficienti parziali sulle azioni.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell’angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	<b>1,00</b>	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	<b>1,00</b>	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	<b>1,00</b>	1,40
Peso dell’unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	<b>1,00</b>	1,00

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Temporanei	$\gamma_{Ra,t} = 1,1$
Permanenti	$\gamma_{Ra,p} = 1,2$

Tabella 6.6.I - Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell’ancoraggio è determinato con metodi analitici dai valori caratteristici dei parametri geotecnici dedotti dai risultati di prove in sito e/o di laboratorio.

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento  $R_{a,k}$  è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate  $R_{a,cal}$  i fattori di correlazione  $\xi$  riportati nella seguente tabella in funzione del numero di verticali indagate:

N° di verticali indagate	1	2	3	4	>4
$\xi_{a3}$	<b>1,80</b>	1,75	1,70	1,65	1,60
$\xi_{a4}$	<b>1,80</b>	1,70	1,65	1,60	1,55

Tabella 6.6.III – Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

### 6.3 VERIFICHE MURI DI SOSTEGNO

Per le verifiche dei muri di sostegno devono essere effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU):

- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite dell’insieme fondazione-terreno;
- ribaltamento.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo:

- **Approccio 1:**
  - **Combinazione 2: (A2+M2+R2)**

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate seguendo almeno uno dei due approcci sotto elencati:

- Approccio 1:
  - Combinazione 1: (A1+M1+R1)
  - Combinazione 2: (A2+M2+R2)
- **Approccio 2: (A1+M1+R3)**

In questo caso i calcoli delle verifiche rimanenti verranno eseguiti utilizzando l'approccio 2.

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	<b>1,0</b>	1,0
	Sfavorevole		1,1	<b>1,3</b>	1,0
Permanenti non strutturali (1)	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	<b>0,0</b>	0,0
	Sfavorevole		1,5	<b>1,5</b>	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	<b>0,0</b>	0,0
	Sfavorevole		1,5	<b>1,5</b>	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

Come indicato al punto 7.11.1 delle NTC 2008 in condizioni sismiche “le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	<b>1,00</b>	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	<b>1,00</b>	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	<b>1,00</b>	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	<b>1,00</b>	1,00

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Verifica	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	<b><math>\gamma_R = 1,4</math></b>
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	<b><math>\gamma_R = 1,1</math></b>
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	<b><math>\gamma_R = 1,4</math></b>

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

Verifica		Coefficiente parziale (R2)	
Stabilità globale		$\gamma_R = 1,0$	

Tabella 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

#### 6.4 VERIFICHE MANUFATTI SCAROLARI IN CEMENTO ARMATO

Il progetto prevede la realizzazione di due manufatti scatolari in cemento.

Le fondazioni sono di tipo profondo composte da micropali e platea di collegamento da 40 centimetri. Le opere in elevato sono composte da pareti in cemento armato da 40 centimetri. Gli impalcati saranno realizzati sia con travi in acciaio e piano di calpestio in Orsogrill sia con soletta piena in cemento armato.

Le verifiche saranno eseguite mediante programma di calcolo agli elementi finiti con le stesse ipotesi e combinazioni di carico previste per i muri di sostegno per quanto applicabili.

#### 6.5 VERIFICHE STRUTTURE IN ACCIAIO

Le verifiche relative all'impalcato delle passerelle vengono svolte secondo i criteri della scienza delle costruzioni nelle ipotesi di trave semplicemente appoggiata.

#### 6.6 METODO DI VERIFICA UTILIZZATO

Sono applicate le norme di calcolo e le verifiche col metodo degli stati limite, così come previsto dal Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 e dal DM 26 giugno 2014.

#### 6.7 CARICHI UTILIZZATI PER VALUTARE LE SOLLECITAZIONI SULLE STRUTTURE

- Peso proprio struttura (computato automaticamente dal programma)
- Carico su platee:
 

Permanente:	0 daN/m <sup>2</sup>
Esercizio:	1000 daN/m <sup>3</sup> · h <sub>max acqua</sub>
- Carico su soletta copertura H25:
 

Permanente:	0 daN/m <sup>2</sup>
Esercizio:	2000 daN/m <sup>2</sup>
- Carico su solaio orsogrill:
 

Permanente:	0 daN/m <sup>2</sup>
Esercizio:	200 daN/m <sup>2</sup>
- Carico automezzi sul terreno:
 

Esercizio:	2000 daN/m <sup>2</sup>
------------	-------------------------
- Spinta idrostatica sulle pareti in cemento armato:
 

$S_{w1} = 0$ daN/m <sup>2</sup> alla quota di sommità dell'argine (carico accidentale acqua)
$S_{w2} = 1000$ daN/m <sup>3</sup> · h <sub>max acqua</sub> alla base della parete (carico accidentale acqua)
- Spinta del terreno sulle pareti in cemento armato (computato automaticamente dal programma)
- **SISMA MANUFATTI C.A.:**

I manufatti sono stati verificati, nel rispetto della normativa vigente, mediante analisi dinamica verificando che la massa eccitata fosse superiore all' 85% di quella totale.

Parametri utilizzati:

Vita nominale per ponte:	$V_N \geq 100$ anni
Classe d'uso:	IV ==> $C_U = 2,0$
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	$V_R = V_N \cdot C_U = 200$ anni
Tipo di analisi:	Dinamica lineare
Comune:	Poggibonsi (SI)

Zona Sismica: 3  
Valore di ag: 0,130  
Classe di duttilità: B  
Regolarità in pianta: NO  
Regolarità in elevazione: NO  
Tipologia strutturale:  
Strutture a pareti non accoppiate:  $q_0 = 3,0$   
Regolarità in elevazione: NO, da cui  $K_R=0,8$   
 $K_w = 0,5$   
Fattore  $q = K_w \cdot K_R \cdot q_0 = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 3,0 = 1,2$

## 6.8 COMBINAZIONI DI CARICO

Si riportano tutte le combinazioni delle azioni significative utilizzate per le rispettive verifiche agli stati limite di esercizio ed ultimi.

Le combinazioni delle azioni sono stata effettuate con il seguente metodo:

Combinazione fondamentale (SLU)

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \Psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Combinazione caratteristica rara (SLE irreversibili)

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \Psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Combinazione frequente (SLE reversibili)

$$G_1 + G_2 + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \Psi_{1i} \cdot Q_{ki}$$

Combinazione quasi permanente (SLE)

$$G_1 + G_2 + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \Psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Combinazione sismica (SLV)

$$G_1 + G_2 + E + \sum_i \Psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Combinazione eccezionale (SLV)

$$G_1 + G_2 + A_d + \sum_i \Psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Il valore dei coefficienti di combinazione delle azioni variabili,  $\Psi_{ji}$ , sono da determinarsi in accordo con la tab. 2.5.I del D.M. 14/01/2008.



## 7 PIANO DI MANUTENZIONE

In relazione alle strutture sopra descritte, è possibile individuare un programma di manutenzione al fine di assicurarne la corretta conservazione, funzionalità e permanenza dei livelli di sicurezza previsti in fase di progetto.

A prescindere dal presente piano di manutenzione, tutte le strutture interessate dovranno essere verificate da parte di un tecnico abilitato in caso di eventi eccezionali, urti particolarmente gravi, sisma di rilevante entità, esplosioni, ecc.

### 7.1 FONDAZIONI

Non sono previsti interventi di manutenzione periodica nell'arco della vita utile dei manufatti. Qualora le opere in elevato manifestassero segni di cedimento differenziale delle fondazioni a causa di particolari eventi o comportamenti anomali del terreno, saranno comunque possibili interventi di consolidamento localizzato con opportune tecniche (rinforzi, micropali, iniezioni di resine espandenti, ecc.).

Detti interventi di carattere eccezionale dovranno essere in ogni caso oggetto di studio appropriato da parte di un tecnico abilitato.

### 7.2 STRUTTURE IN C.A. IN ELEVATO

Le strutture in cemento armato in elevato dovranno essere soggette ad ispezioni visive quinquennali nelle parti a vista.

Dovranno essere verificate l'assenza di lesioni, cretture, distacchi del copriferro ed in generale il perfetto ricoprimento di tutte le armature in acciaio.

In caso di danni alla superficie del calcestruzzo si dovrà procedere alla riparazione con le seguenti fasi:

- o Asportazione delle parti friabili con spicconatura, scalpellatura, spazzolatura, ecc;
- o Applicazione di idoneo prodotto protettivo anticorrosione sulle armature;
- o Applicazione di specifica malta reoplastica protettiva, eventualmente preceduta da primer aggrappante secondo le indicazioni della scheda tecnica fornita dal produttore della stessa.

### 7.3 PARATIE

Le opere di sostegno dovranno essere soggette ad ispezioni visive con periodicità biennale, verificandone l'inclinazione.

Qualora si manifestassero segni di eccessiva rotazione a causa di particolari eventi o comportamenti anomali del terreno, saranno comunque possibili interventi di consolidamento localizzato con opportune tecniche (inserimento di ulteriori tiranti, sostituzione dei tiranti passivi).

Detti interventi di carattere eccezionale dovranno essere in ogni caso oggetto di studio appropriato da parte di un tecnico abilitato.

### 7.4 DRENAGGI

Per salvaguardare la stabilità dei manufatti e rilevati, anche se nei calcoli cautelativamente non se ne è tenuto conto, sono previsti drenaggi a monte delle opere di sostegno con strato di geodreno tecnico e tubo collettore microfessurato alla base per il deflusso delle acque di captazione. È opportuno prevedere pozzetti accessibili almeno ogni 25-30 m lungo tali tubazioni per operazioni periodiche annuali di ispezione e almeno quinquennali di pulizia con opportuna strumentazione al fine di garantire la permanenza della capacità drenante del sistema.

## 8 FASCICOLO DEI CALCOLI STRUTTURALI

### **Tipo di analisi svolta per manufatti in c.a. e acciaio**

L'analisi della struttura è stata eseguita con il programma di calcolo agli elementi finiti SismiCAD 12.9 (Concrete s.r.l.).

Si tratta di un programma di calcolo strutturale dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un programma agli elementi finiti elastoplastico. Le procedure di progettazione si possono sostanzialmente dividere in tre fasi:

- il preprocessore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore;
- il solutore agli elementi finiti;
- il post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

### **Tipo di analisi svolta per le paratie**

L'analisi delle paratie è stata eseguita con il programma di calcolo PAC 10.0 della Atzec Informatica.

Si tratta di un programma di calcolo strutturale dedicato al progetto e alla verifica delle paratie in cemento armato e acciaio.

### **Origine e caratteristiche dei codici di calcolo per gli edifici**

Titolo	SismiCAD 12
Versione	12.9
Produttore	Concrete s.r.l., Padova (PD)
Licenza	SW-3768032

### **Origine e caratteristiche dei codici di calcolo per le paratie**

Titolo	PAC - Analisi e calcolo paratie
Versione	10.07h
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Licenza	AIU39417G

### **Affidabilità dei codici di calcolo**

La documentazione fornita dai produttori dei software contiene la descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. Le società produttrici hanno verificato l'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo attraverso casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### **Modalità di presentazione dei risultati**

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tali da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### **Informazioni generali sull'elaborazione**

I software prevedono una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. I codici di calcolo consentono di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

**Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.