

# RELAZIONE DI SINTESI SULL'ANALISI E VERIFICA STRUTTURALE DEI MANUFATTI ARGINALI ESISTENTI

- Tratti 01-02-03-04-05-06-07-08-09-10-11-12-13 -

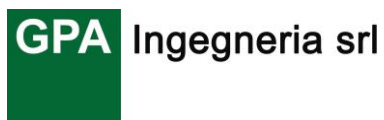
Progetto: **Studio di Fattibilità**  
Commessa: **C15003**  
Cliente: **REGIONE TOSCANA - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile**  
Oggetto: **Analisi Strutturale dei Manufatti di Contenimento Lateralì e Trasversali del torrente "Carrione". Valutazione dello Stato Attuale e Proposte di Intervento.**  
N. Elaborato: **02.RG.05.01**

PROGETTISTA RESPONSABILE

**Dott. Ing. Giovanni Cardinale**

GRUPPO DI LAVORO

**Struttura:** Ing. Maria Letizia Pecora



**AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
PER LA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV  
= UNI EN ISO 9001:2008 =**

2	Emissione	M.L.P.	G.C.	G.C.	22.04.2016
1	Emissione	M.L.P.	G.C.	G.C.	10.03.2016
0	Emissione	M.L.P.	G.C.	G.C.	29.01.2016
REV	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	DATA

## Sommario

<b>1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 01 .....</b>	<b>6</b>
2.1	<b>All.A - Verifica Nuovo Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 02-04 – sez.7) - Riepilogo</b>	<b>9</b>
2.1.1	Conformità .....	9
2.1.2	Criticità .....	9
2.1.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	9
2.1.4	Interventi .....	9
<b>3</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 02 .....</b>	<b>11</b>
3.1	<b>All.A - Verifica Muro d'ala del ponte di via Covetta destra idraulica (rif. scheda 21 - sez.21) – Riepilogo .....</b>	<b>14</b>
3.1.1	Conformità .....	14
3.1.2	Criticità .....	14
3.1.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	14
3.1.4	Interventi .....	15
<b>4</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 03 .....</b>	<b>16</b>
4.1	<b>All.A - Verifica Berlinese tirantata destra idraulica (rif. scheda 13-15 – sez.Y) - Riepilogo 18</b>	<b>18</b>
4.1.1	Conformità .....	18
4.1.2	Criticità .....	18
4.1.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	18
4.1.4	Interventi .....	18
<b>5</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 04 .....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 05 .....</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 06 .....</b>	<b>25</b>
7.1	<b>All.A - Berlinese sinistra idraulica (rif. scheda 31-32 – sez.Z) - Riepilogo .....</b>	<b>30</b>
7.1.1	Conformità .....	30
7.1.2	Criticità .....	30
7.1.3	Interventi .....	30
<b>8</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 07 .....</b>	<b>31</b>
8.1	<b>All.A - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 36 – sez.41A) - Riepilogo .....</b>	<b>37</b>
8.1.1	Conformità .....	37
8.1.2	Criticità .....	37

8.1.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	38
8.1.4	Interventi .....	38
<b>8.2</b>	<b>All. B - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 38 – sez.Z) - Riepilogo.....</b>	<b>39</b>
8.2.1	Conformità .....	39
8.2.2	Criticità .....	39
8.2.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	39
8.2.4	Interventi .....	39
<b>8.3</b>	<b>All. C - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 39 – sez.42) - Riepilogo .....</b>	<b>41</b>
8.3.1	Conformità .....	41
8.3.2	Criticità .....	41
8.3.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	41
8.3.4	Interventi .....	41
<b>8.4</b>	<b>All. D - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 44-47 – sez. 44) - Riepilogo .....</b>	<b>42</b>
8.4.1	Conformità .....	42
8.4.2	Criticità .....	42
8.4.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	42
8.4.4	Interventi .....	42
<b>9</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 08 .....</b>	<b>43</b>
<b>9.1</b>	<b>All. A - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 54 – sez.49) - Riepilogo .....</b>	<b>52</b>
9.1.1	Conformità .....	52
9.1.2	Criticità .....	52
9.1.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	52
9.1.4	Interventi .....	52
<b>9.2</b>	<b>All. B - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 57) - Riepilogo .....</b>	<b>53</b>
9.2.1	Conformità .....	53
9.2.2	Criticità .....	53
9.2.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	53
9.2.4	Interventi .....	53
<b>9.3</b>	<b>All. C - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 58 – sez. 51A) - Riepilogo .....</b>	<b>54</b>
9.3.1	Conformità .....	54
9.3.2	Criticità .....	54
9.3.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	54
9.3.4	Interventi .....	54
<b>9.4</b>	<b>All. D - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 61 – sez. 53) - Riepilogo .....</b>	<b>55</b>

9.4.1	Conformità .....	55
9.4.2	Criticità .....	55
9.4.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	55
9.4.4	Interventi .....	55
<b>10</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 09 .....</b>	<b>56</b>
10.1	<b>All. A - Verifica Muro in c.a. prefabbricato sinistra idraulica (rif. scheda 63 – sez.58) - Riepilogo 60</b>	
10.1.1	Conformità .....	60
10.1.2	Criticità .....	60
10.1.3	Interventi .....	61
<b>11</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 10 .....</b>	<b>62</b>
11.1	<b>All. A - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 78 – sez.74) - Riepilogo .....</b>	
11.1.1	Conformità .....	69
11.1.2	Criticità .....	69
11.1.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	69
11.1.4	Interventi .....	69
<b>12</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 11 .....</b>	<b>70</b>
12.1	<b>All. A - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 81-82 - sez.88-89) - Riepilogo 74</b>	
12.1.1	Conformità .....	74
12.1.2	Criticità .....	74
12.1.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	75
12.1.4	Interventi .....	75
<b>13</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 12 .....</b>	<b>76</b>
<b>14</b>	<b>Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 13 .....</b>	<b>81</b>

## 1 Premessa

La presente relazione rientra all'interno dell'attività finalizzata a definire un "quadro della conoscenza" delle opere arginali presenti nei 13 tratti del Torrente Carrione e si prescrive di sintetizzare i risultati ottenuti dalle verifiche strutturali di carattere preliminare eseguite sui manufatti esistenti.

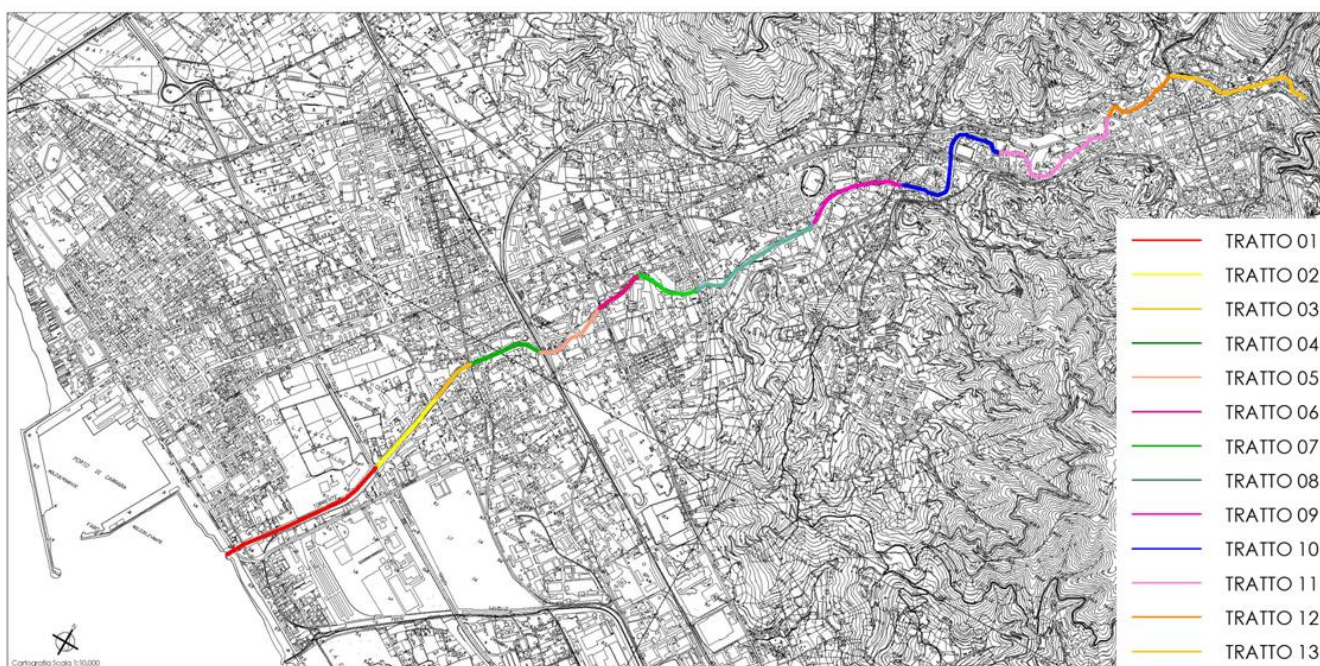


Fig. 1 – Planimetria di riferimento suddivisione in tratti del Torrente Carrione (lunghezza 8,5 km)

### Legenda dei risultati ottenuti dalle Verifiche Preliminari




















Adeguito		Assente		Insufficiente	
----------	--	---------	--	---------------	--

**“Adeguito”** = elemento caratterizzato da buone caratteristiche del materiale, regolare disposizione delle armature, verifiche allo stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento); di slittamento e strutturale in accordo ai fattori di sicurezza stabiliti dalle NTC 2008.



**“Assente”** = informazioni che non sono state indagate e reperite in sito.

**“Insufficiente”** = elemento caratterizzato da scarse caratteristiche del materiale, irregolare disposizione delle armature, verifiche allo stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento); di slittamento e strutturale in disaccordo ai fattori di sicurezza stabiliti dalle NTC 2008.

## 2 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 01

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 01	SOPRALZO IN C.A. Dx - Scheda 03	MURO IN PIETRA E SCOGLIERA Dx - Scheda 03	MURO IN C.A. Dx - Scheda 02-04 Rif. All. A
Qualita' Materiale				
Posizione e $\Phi$ ferri armatura			-	
Caratt. ferri di inghisaggio			-	-
Palancole				
Verifica a Ribaltamento	FS = 1,89 > 1 	FS = 0,74 < 1 	FS = 1,08 > 1 	FS > 1 
Verifica a Slittamento	FS = 0,55 < 1 	FS = 0,30 < 1 	FS = 1,19 > 1 	-
Verifica sezione in c.a.	FS = 9,5 > 1 	-	-	FS < 1 
Franco limite	30 cm	70 cm		
Note	-	-	-	Criticità: No terrapieno in sito ≠ dal progetto P.S. N. 957/2002



























VERIFICA	MURO IN CLS Sx – Scheda 05
Qualita' Materiale	
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-
Caratt. ferri di inghisaggio	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 1,27 > 1 
Verifica a Slittamento	-
Verifica sezione in c.a.	-
Note	Assenza di informazioni esaustive sulla geometria del muro (spessore). Verifiche eseguite preliminarmente sulla base di ipotesi → non significative. Necessari approfondimenti con indagini sul muro e sul terrapieno retrostante.

I **sopralzi** in c.a. presenti in destra idraulica non risultano avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. Per tali strutture non è stata rilevata la presenza di ferri di inghisaggio all'opera sottostante, pertanto sono stati verificati come elementi a sé stanti.

*Interventi previsti: Rinforzi strutturali sui sopralzi: demolizione e ricostruzione o alternativamente nuova costruzione sopralzo inghisato al muro esistente. Tali interventi sui sopralzi sono comunque subordinati a una valutazione approfondita della sicurezza strutturale del muro di base a seguito di rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008. In alternativa si prevede l'intervento con paratia di micropali sul muro di base + sopralzo.*

**Terre armate**

VERIFICA	TERRA ARMATA Dx – Scheda 7V	TERRA ARMATA Sx – Scheda 8V	TERRA ARMATA Dx – Scheda 6V	TERRA ARMATA Sx – Scheda 10V
<b>Qualita' Materiale</b>				
<b>Geogriglia</b>				
<b>Rete metallica</b>				
<b>Plasticità</b>				
<b>Grado di costipamento</b>				
<b>Permeabilità</b>				

Le terre armate analizzate sono caratterizzate da terreni che risultano idonei per la stabilità, ma meno idonei per assolvere alla funzione arginale da un punto di vista idraulico e di permeabilità. E' stata rilevata la presenza della geogriglia il cui risvolto però è spesso insufficiente (il sondaggio effettuato nella parte centrale della terra armata spesso non rileva la geogriglia per mancanza di risvolto approfondito).

Si prevede quindi come intervento di protezione, l'applicazione di geostuoie con funzione antierosiva e allo stesso tempo di rinforzo per solidarizzare la geogriglia esistente che presenta delle criticità negli ancoraggi che possono comprometterne la tenuta.



## 2.1 All.A - Verifica Nuovo Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 02-04 – sez.7) - Riepilogo

### 2.1.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Conforme per la parte di muro in c.a.. Difforme per la parte del terrapieno a tergo (minore di quello di progetto). Non indagata per la parte delle fondazioni profonde.

**Armature** → Conformi al progetto.

**Rischi** → Sifonamento.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni idrauliche di massima piena.

**Verifiche** →  $FS < 1$  per la sezione di incastro del muro in c.a. allo SLU.

$FS > 1$  per le verifiche di equilibrio.

### 2.1.2 Criticità

- 1) Altezza del terrapieno a tergo del muro inferiore rispetto a quella di progetto.
- 2) Assenza di informazioni sul palancolato di fondazione.

### 2.1.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire la geometria dell'opera prevedendo indagini e saggi mirati in profondità tali da poter rilevare l'effettiva presenza del palancolato e le sue caratteristiche tipologiche.

### 2.1.4 Interventi

Il muro in c.a. fondato su palancole viene verificato in corrispondenza della sezione di incastro del paramento verticale con la soletta di fondazione (che è la sezione maggiormente sollecitata).

Le verifiche allo SLU comportano un fattore di sicurezza strutturale insufficiente:  $FS = 0.98 < 1$ .

Le verifiche allo SLE in termini di tensioni di esercizio sono soddisfatte:  $FS > 1$ .



A tal proposito, si prevedono, in via preliminare, gli interventi di rinforzo descritti a seguire.

Per quanto riguarda la palancola di fondazione, risultando avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio e di resistenza strutturale, per essa non si prevedono interventi di rinforzo a patto che, sia confermata l'effettiva presenza del palancolato e le caratteristiche tipologiche come da progetto, con indagini in sito profonde.



- 1) *Limitare H acqua tale che il franco rispetto alla quota di estradosso del muro non sia inferiore a 20 cm.*
- 2) *Si prevede il ringrosso della sezione in c.a. del muro mediante un contrafforte di altezza pari a 1 m e spessore 30 cm continuo lungo l'intero sviluppo del muro e il ringrosso della ciabatta di fondazione con un getto di spessore 30 cm per la resistenza strutturale allo SLU del muro in c.a..*

### 3 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 02

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 07-08	MURO IN CLS Sx - Scheda 07-08	MURO IN C.A. SU PALI Dx - Scheda 21
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-	
Caratt. ferri di inghisaggio		-	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,49 < 1 	FS = 0,57 < 1 	Portanza del micropalo: FS > 1  -
Verifica a Slittamento	FS = 0,31 < 1 	FS = 0,66 < 1 	
Verifica sezione in c.a.	FS = 1,9 > 1 	-	FS > 1 
Franco limite	70 cm	70 cm dal sopralzo	-
Note	No ferri di inghisaggio con il muro di base in cls	Da approfondire la profondità del muro. Info mancante.	<b>Criticità:</b> 1) Verificare presenza di ferri $\Phi 16$ alla base del muro (come da progetto). 2) La parte superiore del muro (sopralzo) non è armato → rischio in caso di piena.

La **sponda d'argine in riva sinistra** a valle del ponte di via Covetta costituita da un muro a gravità + sopralzo in c.a. non risulta avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. Per tali strutture non è stata rilevata la presenza di ferri di inghisaggio all'opera sottostante, pertanto sono stati verificati come elementi a sé stanti.

*Sul muro a gravità di base non ci sono informazioni dettagliate sulla geometria dello stesso (profondità muro), occorre pertanto prevedere il rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un*































*livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008. Sulla base di tali risultati gli interventi di rinforzo possono prevedere:*

- *Demolizione e ricostruzione del sopralzo*
- *Realizzazione paratia di micropali.*

Il **muro d'ala del ponte in destra idraulica** a valle del Ponte di via Covetta è un muro in c.a. fondato su pali che fa riferimento alla pratica sismica 624/2003. Esso andrà a raccordarsi con la nuova opera spondale in destra idraulica crollata a seguito degli eventi alluvionali del 5 novembre 2014. Tale struttura presenta le seguenti criticità:

- I ferri  $\Phi 16$  alla base del muro di rinforzo rispetto all'armatura andante  $\Phi 12/20$  non sono stati rilevati dalle indagini in sito. Verificare con saggi più approfonditi la presenza di tali ferri come da progetto, per scongiurare il pericolo di rottura della sezione di incastro del muro in caso di piena.
- La parte superiore del muro (sopralzo) non ha ferri di armatura → in caso di piena, tale opera non ha funzione strutturale → si prevede l'intervento di demolizione e ricostruzione del sopralzo (rif. All.A).

**Terre armate**

VERIFICA	TERRA ARMATA Dx – Scheda 5V	TERRA ARMATA Dx – Scheda 3V	TERRA ARMATA Sx – Scheda 11V	TERRA ARMATA Dx – Scheda 1V	TERRA ARMATA Sx – Scheda 12V
Qualità Materiale					
Geogriglia					
Rete metallica					
Plasticità					
Grado di costipamento					
Permeabilità					

Le terre armate analizzate sono caratterizzate da terreni che risultano idonei per la stabilità, ma meno idonei per assolvere alla funzione arginale da un punto di vista idraulico e di permeabilità. E' stata rilevata la presenza della geogriglia il cui risvolto però è spesso insufficiente (il sondaggio effettuato nella parte centrale della terra armata spesso non rileva la geogriglia per mancanza di risvolto approfondito).

Si prevede quindi come intervento di protezione, l'applicazione di geostuoie con funzione antierosiva e allo stesso tempo di rinforzo per solidarizzare la geogriglia esistente che presenta delle criticità negli ancoraggi che possono comprometterne la tenuta.

### 3.1 All.A - Verifica Muro d'ala del ponte di via Covetta destra idraulica (rif. scheda 21 - sez.21) – Riepilogo

#### 3.1.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Conforme per la parte di muro in c.a. ad esclusione dell'altezza rilevata che risulta 30 cm maggiore di quella di progetto. Non indagata per la parte delle fondazioni profonde.

**Armature** → Conforme il passo dell'armatura corrente. Non rilevata l'armatura di rinforzo alla base del muro.

**Rischi** → Sifonamento.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni statiche e sismiche di magra.

**Verifiche** →  $FS > 1$  per la portanza dei micropali.

$FS > 1$  per la sezione di incastro del muro in c.a. allo SLU e allo SLE considerando l'armatura di progetto.

#### 3.1.2 Criticità

- 1) Altezza del muro rilevata superiore di 30 cm rispetto ai dati progettuali.
- 2) A causa delle condizioni ambientali, le indagini in sito non si sono potute spingere a profondità tali da poter rilevare l'effettiva presenza dei pali di fondazione e l'effettiva rispondenza alla tipologia definita in variante (micropali al posto di pali di grande diametro). La portanza dei micropali è soddisfatta con le caratteristiche definite nel progetto.
- 3) Le verifiche del muro in c.a. sono soddisfatte considerando l'armatura di rinforzo alla base del muro come da progetto.
- 4) La parte superiore del muro (sopralzo) non presenta ferri di armatura: da un'indagine distruttiva sono stati rilevati solo i montanti principali della ringhiera ogni 100 cm.

#### 3.1.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire la geometria dell'opera prevedendo indagini e saggi mirati in profondità da effettuarsi in condizioni ambientali di magra in modo poter rilevare l'effettiva presenza delle fondazioni profonde e le caratteristiche tipologiche definite in variante (micropali al posto di pali di grande diametro).
- 2) Verificare con indagini approfondite la presenza dell'armatura di rinforzo alla base del muro.

### 3.1.4 Interventi

Le verifiche vengono condotte:

- 1) Lato muro: in corrispondenza della sezione di incastro del paramento verticale con la soletta di fondazione (che è la sezione maggiormente sollecitata),
- 2) Lato fondazione: considerando la portanza dei micropali tale da garantire l'equilibrio alle azioni trasmesse dal muro.
















In assenza di informazioni dettagliate reperite in sito, le verifiche sono soddisfatte ( $FS > 1$ ) se si tiene conto dei dati reperiti dal progetto in merito all'armatura di rinforzo alla base del muro e alle caratteristiche dei micropali.






A tal proposito, si prevedono, in via preliminare, approfondimenti conoscitivi mediante saggi mirati.

- 1) ***Demolizione e ricostruzione del sopralzo che è risultato non armato (getto in cls su ringhiera parapetto).***



#### 4 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 03

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 11	MURO IN CLS Sx – Scheda 12	BERLINESE TIRANTATA Dx - Scheda 13-15 Rif. All. A
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-	
Caratt. ferri di inghisaggio		-	
Micropali			 (come da progetto)
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,61 < 1 	FS = 0,78 < 1 	FS > 1 
Verifica a Slittamento	FS = 0,49 < 1 	FS = 3,28 > 1 	FS > 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-	FS > 1 
Franco limite	Intero sopralzo	-	-
Note	Criticità: Il sopralzo non è armato. Funzione non str.	Da approfondire la profondità del muro. Info mancante.	Riferimento progetto P.S. N.596/2008

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 14-16	MURO IN CLS e PIETRA Dx – Scheda 14-16
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,40 < 1 	FS = 0,47 < 1 
Verifica a Slittamento	FS = 0,39 < 1 	FS = 0,53 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-
Franco limite	Intero sopralzo	-
Note	Criticità: Il sopralzo non è armato. Funzione non str.	Da approfondire la profondità del muro. Info mancante.

I **sopralzi** in c.a. presenti in destra idraulica e sinistra risultano non armati. Pertanto non possono avere funzione strutturale in caso di piena. Sono invece da considerarsi dei semplici parapetti. Per tali strutture non è stata rilevata la presenza di ferri di inghisaggio all'opera sottostante: criticità se la piena raggiunge il sopralzo.

I **muri a gravità di base** in cls e pietra presenti in destra idraulica e sinistra, con le ipotesi geometriche fatte, non risultano avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena fino alla quota di estradosso del sopralzo.

*Sul muro a gravità di base non ci sono informazioni dettagliate sulla geometria dello stesso (profondità muro), occorre pertanto prevedere il rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008. Sulla base di tali risultati gli interventi di rinforzo possono prevedere:*

- Demolizione e ricostruzione del sopralzo
- Realizzazione paratia di micropali.

Il muro in c.a. e **berlinese tirantata** relativo alla pratica sismica N. 596/2008, presenta le stesse caratteristiche e geometria dello stato di progetto (Rif. All.A).

#### 4.1 All.A - Verifica Berlinese tirantata destra idraulica (rif. scheda 13-15 – sez.Y) - Riepilogo

##### 4.1.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Conforme. Rilevate le conformità delle caratteristiche dei micropali ma non la lunghezza totale.

**Armature** → Conformi.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni statiche di magra.

**Verifiche** →  $FS > 1$  per le verifiche di equilibrio e di portanza della paratia di micropali.

##### 4.1.2 Criticità

- 1) Ripristini diffusi presenti sul cordolo sommitale della paratia.
- 2) Lunghezza dei micropali della paratia non indagata: Ai fini delle verifiche è stata assunta la lunghezza di progetto.













##### 4.1.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione






Si prevede la possibilità di verificare con indagini in sito approfondite la lunghezza dei micropali.

##### 4.1.4 Interventi

Sull'opera in oggetto non si prevede nessun tipo di intervento strutturale, poiché la geometria rilevata in sito, relativamente al punto di indagine analizzato, conferma le caratteristiche progettuali e tipologiche dell'opera. Non è stata indagata la profondità dei micropali della paratia per motivi legati all'accessibilità. In mancanza di tali informazioni sono state assunte le caratteristiche progettuali; laddove, in seguito a saggi approfonditi, si riscontrassero difformità, sarà necessario riverificare la struttura nella configurazione rilevata prevedendo opportuni interventi di rinforzo se necessari.

## 5 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 04

VERIFICA	MURO IN PIETRA Sx – Scheda 17	VECCHIO SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 18	NUOVO SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 18
Qualita' Materiale			-
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-		
Caratt. ferri di inghisaggio	-		
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,41 < 1 	FS = 0,24 < 1 	FS = 1,87 > 1 
Verifica a Slittamento	FS = 0,41 < 1 	FS = 0,31 < 1 	FS = 0,87 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-	-
Franco limite	100 cm	70 cm	
Note	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente.	No ferri di inghisaggio con il muro di base in pietra	No ferri di inghisaggio con il vecchio sopralzo

VERIFICA	VECCHIO SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 19	NUOVO SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 19	SCOGLIERA CEMENTATA Dx – Scheda 23-24
Qualità Materiale	-		-
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-		-
Caratt. ferri di inghisaggio	-		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,20 < 1 		-
Verifica a Slittamento	FS = 0,29 < 1 		-
Verifica sezione in c.a.	-	-	-
Franco limite	90 cm		
Note	Le verifiche strutturali vengono eseguite considerando un unico elemento per la presenza di ferri di connessione passanti tra i due sopralzi.		La scogliera cementata presenta buone caratteristiche geometriche. Durante la fase delle indagini era in corso la realizzazione di un diaframma per sifonamento.

I due **sopralzi in c.a.** sovrapposti (vecchio e nuovo) presenti in sinistra idraulica risultano avere caratteristiche differenti rispetto a geometria, armatura e presenza o meno di ferri di inghisaggio. In particolare si puntualizza la criticità legata al fatto che il vecchio sopralzo non ha ferri di connessione con il muro di base in pietra. Per quanto riguarda il nuovo sopralzo, esso risulta connesso con ferri di collegamento al vecchio sopralzo in corrispondenza del punto di indagine 19, contrariamente a quanto avviene in corrispondenza del punto di indagine 18.

I **muri in pietra** in sinistra idraulica sono caratterizzati da una qualità del materiale scarsa: malta e muratura in pietrame scadente.







In ultima analisi le opere arginali che caratterizzano l'intera sinistra idraulica del tratto 04 non risultano avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena.

*Interventi previsti: paratie di micropali su muro di base+sopralzo per il rinforzo strutturale dell'opera arginale.*











L'argine in scogliera cementata in destra idrografica presenta buone caratteristiche geometriche. Durante la fase delle indagini era in corso la realizzazione di un diaframma contro il problema del sifonamento riscontrato in corrispondenza dei condomini prossimi a via Giovanpietro. Si rimanda al progetto di dettaglio di tale intervento per le valutazioni di messa in sicurezza della destra idraulica.

## 6 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 05

VERIFICA	MURO IN PIETRA Sx – Scheda 26	MURO IN CLS Sx – Scheda 27	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 28
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-	Ok se confermata la sezione di progetto con sopralzo a T retrostante il muro in cls 	
Caratt. ferri di inghisaggio			Ok se confermata la sezione di progetto a T del sopralzo 
Verifica a Ribaltamento			
Verifica a Slittamento			
Verifica sezione in c.a.			
Note	La variante P.S. N. 469/2013 prevede una nuova palificata con pali di grande $\Phi$	Da approfondire geometria con indagini in sito mirate. (Rif. variante P.S. N. 469/2013).	Da approfondire geometria con indagini in sito mirate. (Rif. variante P.S. N. 469/2013).



VERIFICA	MURO IN PIETRA Sx – Scheda 29	MURO IN PIETRA Dx – Scheda 25	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 25
Qualità Materiale			
Posizione e Φ ferri armatura	Ok se confermata la sezione di progetto con sopralzo a T retrostante il muro in cls 	-	
Caratt. ferri di inghisaggio			
Verifica a Ribaltamento			
Verifica a Slittamento			
Verifica sezione in c.a.			-
Note	Da approfondire geometria con indagini in sito mirate. (Rif. variante P.S. N. 469/2013).	La variante P.S. N. 469/2013 prevede che questo muro sia da demolire	Scarsa presenza di armatura. No ferri di inghisaggio. La variante P.S. N. 469/2013 prevede che questo muro sia da demolire.

In **destra idraulica** il muro in pietra con sopralzo in c.a. risulta avere una qualità del materiale molto scadente: malta e muratura in pietrame scadente. Il sopralzo risulta debolmente armato e non sono presenti ferri di inghisaggio tra le due strutture. L'intera struttura è prevista da demolire nella variante P.S. N. 469/2013 (anche se nella stessa variante non è presente il progetto della nuova opera).










In **sinistra idraulica** le opere spondali sono costituite da muri a gravità in cls o pietra con sopralzo in c.a.. Nella variante della Pratica Sismica N. 469/2013, dalle sezioni trasversali si evince che il sopralzo è realizzato a tergo del muro a gravità e presenta sezione a T. Le indagini in sito che hanno rilevato la geometria del sopralzo, non si sono spinte oltre la ciabatta a L. Pertanto si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate per verificare la rispondenza o meno dello stato attuale dell'opera allo stato riportato nelle sezioni di progetto. Nel caso in cui le indagini in sito confermino la geometria riportata in progetto, i coefficienti di sicurezza in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena, sono verificati.










*Interventi previsti in questa fase: nessuno, poiché la pratica sismica N. 469/2013 prevede interventi sia in sponda destra sia in sponda sinistra sull'intero tratto 5, alcuni dei quali in fase di realizzazione, altri ancora da realizzare. Si demanda alle fasi di collaudo finale la verifica delle nuove opere e la valutazione complessiva della sicurezza delle opere spondali del tratto in oggetto. Si prevede di monitorare lo stato avanzamento lavori e la realizzazione delle opere come da progetto.*

## 7 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 06

VERIFICA	MURO IN CLS Sx – Scheda 33	MURO IN PIETRA Sx – Scheda 33
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-	-
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 1,06 > 1 	FS = 1,13 > 1 
Verifica a Slittamento	FS = 6,81 > 1 	-
Verifica sezione in c.a.	-	-
Note	Criticità: sopralzo in c.a. attualmente <b>in costruzione</b> . L'argine non risulta ancora alla quota definitiva.	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. <b>Edificio poggianti su porzione di muro.</b>

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 35	MURO IN CLS Sx – Scheda 35
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 2,6 > 1 	FS = 0,71 < 1 
Verifica a Slittamento	-	FS = 2,37 > 1 
Verifica sezione in c.a.	FS > 1 	-
Verifica ferri di inghisaggio	FS > 1 	
Franco limite	-	80 cm a partire dall'estradosso del sopralzo
Note	-	Criticità: Cls di qualità scadente.

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 40	MURO IN CLS Dx – Scheda 40
Qualita' Materiale		-
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 2,3 > 1 	-
Verifica a Slittamento	-	-
Verifica sezione in c.a.	FS > 1 	-
Verifica ferri di inghisaggio	FS > 1 	-
Franco limite	-	-
Note	-	Caratteristiche dei materiali e spessore del muro non rilevato.

VERIFICA	MURO IN C.A. + BERLINESE DI MICROPALI - Sx – Scheda 31 Rif. All. A	
	Sopralzo in c.a.	Cordolo Berline
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		
Caratt. ferri di inghisaggio		
Micropali		
Verifica a Ribaltamento	-	
Verifica a Slittamento	-	
Verifica sezione in c.a.	-	
Note	Riferimento P.S. N.656/2011 (documenti acquisiti incompleti). Geometria rilevata potenzialmente difforme. Lavori in corso, collaudo non eseguito → verifiche preliminari inappropriate.	

Nel tratto è presente il cantiere per gli interventi di adeguamento post-alluvione 2003 e 2012. I lavori di adeguamento durante l'evento alluvionale del 4 novembre 2014 erano in corso sia in dx idraulica che in sx idraulica. In sinistra e destra idraulica rilevate difformità tra stato realizzato e stato di progetto del muro in c.a. su paratia di micropali previsto dalla P.S. n° 656/2011 sequestrata dalla Procura della Repubblica. I documenti della P.S. n° 656/2011 reperiti risultano incompleti.

Sull'opera in sinistra, attualmente in costruzione, sono state riscontrate difformità geometriche tra rilievo e informazioni progettuali (per quanto acquisito dai documenti).

Lavori in corso, collaudo non eseguito → verifiche preliminari inappropriate.

Criticità: sono presenti varchi aperti, richiusi in somma urgenza con geoblocchi a seguito dell'evento alluvionale del 2014. *Prevedere chiusura strutturale dei varchi aperti in sostituzione ai geoblocchi in concomitanza alla conclusione dei lavori dell'opera.*

Criticità in destra idraulica per la presenza di rialzo del muro d'argine in c.a. attualmente in costruzione: non è pertanto garantita la quota di massima piena (sono visibili i ferri di armatura uscenti dal getto in attesa del nuovo getto). Sempre in destra idraulica si segnala la criticità relativa al muro d'argine esistente in pietrame sul quale poggia la parete di un edificio esistente (in alcune zone).

La parte terminale del tratto 06 in destra idraulica presenta varchi chiusi con geoblocchi a seguito del danno causato dall'evento alluvionale del 2014: tratto sotto sequestro e in attesa di essere ricostruito.

Il muro in pietra in destra idraulica risulta avere una qualità del materiale scadente: malta e muratura in pietrame scadente. Criticità: Edificio poggianti su porzione di muro.

I sopralzi in c.a. che risultano essere opportunamente collegati ai muri di base con ferri inghisati, presentano i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. La criticità si riscontra però nel muro di base. Infatti i muri di base a gravità (in pietra e in cls), relativamente alla profondità rilevata dalle indagini in sito, hanno coefficienti di sicurezza in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena, che non risultano conformi a quelli previsti dalla norma.

*Interventi previsti: Rinforzi strutturali sui vecchi muri in cls mediante paratia di micropali in altezza con o senza tirantatura a seguito di rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008.*



## **7.1 All.A - Berlese sinistra idraulica (rif. scheda 31-32 – sez.Z) - Riepilogo**

### **7.1.1 Conformità**

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Difforme. Rilevate le conformità delle caratteristiche dei micropali ma non la lunghezza di infissione.

**Armature** → Conformi.

**Rischi** → Erosione.

### **7.1.2 Criticità**














- 1) Carenza di informazioni progettuali reperite. Non essendoci disegni esecutivi di dettaglio non è possibile risalire alla geometria di progetto. Diffomità geometriche tra rilievo e informazioni progettuali (per quanto acquisito): la geometria rilevata non corrisponde per la parte degli spessori del terrapieno e dello sbalzo della paratia a quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 656/2011).
- 2) Lavori in corso, collaudo non eseguito → verifiche preliminari inappropriate.
- 3) Sono presenti varchi aperti, richiusi in somma urgenza con geoblocchi a seguito dell'evento alluvionale del 2014.










### **7.1.3 Interventi**

Nessuno per la presenza di lavori in corso.










Prevedere chiusura strutturale dei varchi aperti in sostituzione ai geoblocchi in concomitanza alla conclusione dei lavori dell'opera.








## 8 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 07

VERIFICA	MURO IN PIETRA Sx – Scheda 37	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 37	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 38
Qualità Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-	 debolmente armato	
Caratt. ferri di inghisaggio	-	 Assenza di resina	
Verifica a Ribaltamento	FS = 1,02 > 1 	FS > 1 	FS = 2,0 > 1 
Verifica a Slittamento	-	-	-
Verifica sezione in c.a.	-	FS < 1 	FS > 1 
Note	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. Profondità max del muro non rilevata.  FS < 1 in condiz. sismiche  Edificio poggiante su porzione di muro.	La geometria del sopralzo è conforme al progetto, l'armatura difforme (Rif. P.S. N. 373/2009). Criticità: il sopralzo risulta debolmente armato.	

VERIFICA	MURO IN PIETRA Dx – Scheda 41	MURO IN CLS * Sx – Scheda 42	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 43-45
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-	-	 debolmente armato
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	 assenti
Verifica a Ribaltamento	-	FS = 0,83 < 1 	FS = 0,63 < 1 
Verifica a Slittamento	-	-	FS = 0,51 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-	-
Note	Criticità: Fabbicato argine. Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. FS < 1 in condiz. sismiche 	Criticità: intervento in somma urgenza con scogliera cementata per il problema dell'erosione. Profondità massima del muro non rilevata.	La geometria del sopralzo è conforme al progetto, l'armatura difforme (Rif. P.S. N. 373/2009). Criticità: il sopralzo risulta debolmente armato.

\* Presenza di scogliera cementata, eseguita in somma urgenza, a difesa delle fondazioni del muro d'argine in sinistra idrografica a valle del ponte di via Brigate Partigiane. Intervento di Somma Urgenza Aperto **S.U.A. N. 13** - Zona: valle Ponte Brigate Partigiane - Tipo Intervento: Scogliera in massi sponda sx: esteso tratto di sottofondazione muri arginali in erosione. - Ente: Provincia MS.

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 46	MURO IN PIETRA Dx – Scheda 46
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio	 L ancoraggio insuff.	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 2,4 > 1 	FS = 0,89 < 1 
Verifica a Slittamento	-	FS = 0,91 < 1 
Verifica sezione in c.a.	FS = 2,7 > 1 	-
Note	La geometria del sopralzo è difforme dal progetto che prevedeva un nuovo muro in c.a. (Rif. P.S. N. 373/2009). L ancoraggio ferri di inghisaggio insuff.	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. Da verificare in sito geometria fondazione. FS < 1 in condiz. sismiche 

VERIFICA	MURO IN C.A. Dx – Scheda 36 Rif. All. A	MURO IN C.A. Dx – Scheda 38 Rif. All. B	MURO IN C.A. Dx – Scheda 39 Rif. All. C	MURO IN C.A. ** Dx – Scheda 44-47 Rif. All. D
Qualità Materiale				
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		Conformità del diametro, difformità del passo	Conformità del diametro, difformità del passo	 difforme dal progetto. Si richiedono saggi approfonditi.
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	-	-
Micropali	-	 (come progetto)	-	-
Verifica a Ribaltamento	<b>Condiz. carico più gravosa</b> → statiche di magra.  <b>Verifiche</b> → FS > 1 in condiz. di prog. FS < 1 in condiz. attuali (Quso > Qprog).	<b>Condiz. carico più gravosa</b> → statiche e sismiche di magra. FS > 1 in condizioni idrauliche FS < 1 in condizioni statiche e sismiche di magra in rif. allo stato rilevato (difforme dallo stato di progetto).	<b>Condiz. carico più gravosa</b> → statiche di magra.  <b>Verifiche</b> → FS > 1 in condiz. di prog. FS < 1 in condiz. attuali (Quso > Qprog).	<b>Verifiche</b> → FS > 1 con armatura di prog. FS < 1 con armatura rilevata.
Verifica a Slittamento				
Verifica sezione in c.a.				
Note	Da verificare presenza di sperone ciabatta di fondazione come da progetto (Rif. P.S. N. 373/2009). Criticità: Rilevata lesione. Limitare sovraccarico d'uso sul terrapieno.	Dimensioni geometriche del muro in disaccordo con quanto stabilito in progetto (Rif. P.S. N. 373/2009). Limitare sovraccarico d'uso sul terrapieno. Rinforzo strutturale sez. di base muro con contrafforte (sisma).	Dimensioni geometriche del muro in disaccordo con quanto stabilito in progetto (Rif. P.S. N. 373/2009). Limitare sovraccarico d'uso sul terrapieno.	Geometria della ciabatta di fondazione e disposizione armatura difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 373/2009). Verificare armatura con saggi distruttivi, e se insuff. rinforzo strutturale sez. base muro.

Il tratto nel suo complesso sia in sponda sx che in sponda dx comprende muri d'argine solo in parte ricostruiti a seguito degli eventi del 2003 e del 2012. Buona parte dei muri d'argine del tratto sono i vecchi muri preesistenti a gravità costruiti in pietra o in cls debolmente armato, alcuni di essi sono stati sopraelevati con muri in c.a. inghisati alla struttura sottostante esistente. I muri ricostruiti hanno previsto la realizzazione di nuovi argini in c.a. alcuni fondati su micropali, altri fondati su una ciabatta con sperone. Tutti gli interventi (rialzamento dei muri esistenti e rifacimento di nuovi muri) fanno riferimento alla P.S. N. 373/2009.

Nessuno dei sopralzi in destra idraulica e sinistra rispetta le caratteristiche riportate nel progetto della P.S. N. 373/2009 per ciò che concerne l'armatura.

Alcune delle strutture arginali esistenti (muri in cls e muri in pietra) non risultano avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. Laddove non è stato possibile rilevare l'effettiva profondità del muro, si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate.

Criticità: Particolare attenzione va prestata ai muri dei fabbricati che hanno anche funzione di argine: possibili problemi possono essere riscontrati in termini di stabilità, resistenza, infiltrazione e tenuta alle portate del torrente.

I sopralzi in c.a. che risultano essere opportunamente collegati ai muri di base con ferri inghisati, presentano i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. La criticità si riscontra però nel muro di base. Infatti i muri di base a gravità (in pietra e in cls), relativamente alla profondità rilevata dalle indagini in sito, hanno coefficienti di sicurezza in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena, che non risultano conformi a quelli previsti dalla norma.

I vecchi muri in pietra e cls, con le proprietà del materiale rilevato e con le caratteristiche tipologiche proprie dei vecchi muri a gravità, risultano non essere adeguati a sopportare le azioni sismiche in accordo alle nuove norme tecniche sulle costruzioni NTC 2008.

#### *Interventi previsti:*

- *In sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale del muro in pietra + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali;*
- *In sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale del muro in cls + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali;*
- *In destra idraulica si prevede il rinforzo strutturale del muro in pietra + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali.*

Tali interventi dovranno essere caratterizzati da una fase propedeutica alla progettazione in cui occorre approfondire la geometria dei muri esistenti, mediante rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008.



Alcuni dei muri in c.a. di nuova costruzione presentano difformità rispetto allo stato di progetto per quanto riguarda le caratteristiche e la geometria della ciabatta di fondazione e il diametro e passo dell'armatura. Per tali strutture si prevedono maggiori approfondimenti in sito per verificarne la reale conformazione.



## 8.1 All.A - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 36 – sez.41A) - Riepilogo

### 8.1.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Conforme per la parte rilevata in sito lato alveo (paramento muro + ciabatta fondazione lato alveo). Nessuna informazione sulla ciabatta di fondazione lato terrapieno.

**Armature** → Conforme al progetto.

**Rischi** → Erosione, scalzamento al piede, sicurezza strutturale se si assume il sovraccarico stradale sul terrapieno.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni statiche di magra.

**Verifiche** →  $FS > 1$  nelle condizioni di progetto.

$FS < 1$  nelle condizioni attuali con sovraccarico d'uso maggiore che da progetto.

### 8.1.2 Criticità

- 1) Geometria ciabatta di fondazione lato terrapieno non rilevata in sito per inaccessibilità.
- 2) In dx idraulica subito a monte della briglia di loc. Fiorino, è stata rilevata una vistosa e ampia lesione nel muro in c.a. di nuova costruzione delle dimensioni di circa 10-15 cm in corrispondenza di una ripresa di getto, con conseguente cedimento della porzione di muro a valle dello stesso. Della criticità evidenziata è stato attivato intervento di riparazione in somma urgenza con scogliera atta ad evitare cedimenti fondali e posizionamento di geoblocchi a chiusura del varco creatosi nel muro d'argine. Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 9** - Zona: via Carriona Loc. Fiorino - Ente: Provincia MS.

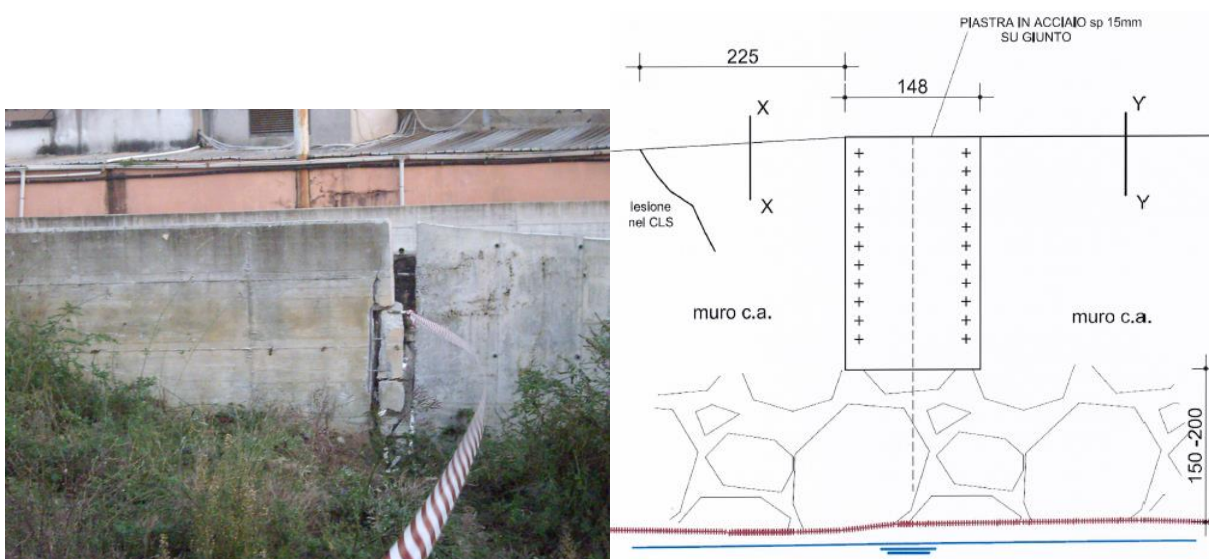


Fig. 2 – Lesione creatasi nel muro

- 3) Possibile rischio di scalzamento al piede della fondazione poiché la scogliera non risulta appoggiata alla ciabatta di fondazione e non frontale ad essa.
- 4) Sovraccarico d'uso elevato sul terrapieno del muro per la presenza del piazzale accessibile dei fabbricati industriali (in caso di stoccaggio materiale e accessibilità mezzi pesanti, al muro vengono trasferite sollecitazioni importanti).

#### 8.1.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) La geometria del muro è conforme a quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 373/2009); le dimensioni dello spessore della ciabatta di fondazione sembrano confermare la presenza dello sperone come da progetto, ma non è stata rilevata l'effettiva presenza dello sperone e lo spessore e la geometria della ciabatta nella porzione retrostante il muro per la presenza del rilevato → Approfondire la geometria della ciabatta di fondazione.
- 2) Monitorare la zona interessata dalla lesione e su cui è già stato effettuato un intervento di ripristino attraverso l'Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 9** per conto della Provincia MS.

#### 8.1.4 Interventi

Sull'opera in oggetto si prevedono i seguenti interventi (non strutturali).

**1) Impedire:**

- il deposito dei blocchi di marmo e granito in prossimità del muro,
- il transito di mezzi pesanti in prossimità del muro,
- assumendo un carico massimo ammissibile pari a 500 kg/mq.

**2) Approfondire la scogliera fino alla quota di intradosso della ciabatta di fondazione contro i possibili problemi di scalzamento al piede.**

Laddove, in seguito a saggi approfonditi, si riscontrassero difformità tra la geometria di fondazione rilevata e la geometria di progetto, sarà necessario riverificare la struttura nella configurazione rilevata prevedendo opportuni interventi di rinforzo se necessari.

## 8.2 All. B - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 38 – sez.Z) - Riepilogo

### 8.2.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Conformità della tipologia – difformità nelle dimensioni geometriche (lunghezza della ciabatta di fondazione, spessore del paramento murario e presenza, rilevata in sito, di un soprizzo di spessore minore ( $20\text{ cm} < 30\text{ cm}$ )). Caratteristiche micropali conformi al progetto ad esclusione dell'interasse longitudinale che è stato rilevato maggiore ( $1,2\text{ m} > 1\text{ m}$ ). Per motivi di inaccessibilità, non è stata rilevata la presenza della fila interna dei micropali.

**Armature** → Conformità del diametro dei ferri, difformità del passo (rilevato passo  $30\text{ cm} > 25\text{ cm}$  da progetto).

**Rischi** → Erosione; Sicurezza strutturale.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni statiche e sismiche di magra per la presenza del terrapieno con sovraccarico dovuto all'accessibilità del piazzale della segheria.

**Verifiche** →  $FS > 1$  per le condizioni idrauliche

$FS < 1$  per le condizioni statiche e sismiche di magra in riferimento allo stato rilevato (difforme dallo stato di progetto).

### 8.2.2 Criticità

- 1) Dimensioni geometriche del muro in disaccordo con quanto stabilito in progetto.
- 2) Sovraccarico d'uso elevato sul terrapieno del muro per la presenza del piazzale accessibile della segheria (in caso di stoccaggio materiale e accessibilità mezzi pesanti, al muro vengono trasferite sollecitazioni importanti).

### 8.2.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Se le condizioni al contorno lo permettono, approfondire la presenza della fila interna di micropali di fondazione (fila lato terrapieno).

### 8.2.4 Interventi

Per garantire la sicurezza strutturale durante le condizioni statiche di magra, in riferimento alle verifiche effettuate sullo stato rilevato del muro (difforme dal progetto), si preve il seguente intervento (non strutturale):

#### 1) **Impedire:**

- il deposito dei blocchi di marmo e granito in prossimità del muro,

- il transito di messi pesanti in prossimità del muro,
- assumendo un carico massimo ammissibile pari a 400 kg/mq.

Per garantire la sicurezza strutturale durante le condizioni sismiche di magra, in riferimento alle verifiche effettuate sullo stato rilevato del muro (difforme dal progetto), si prevede il seguente intervento di rinforzo per incrementare la resistenza della sezione strutturale di incastro del paramento verticale con la ciabatta di fondazione.

- 3) Si prevede il ringrosso della sezione in c.a. del muro mediante un contrafforte di altezza pari a 1,4 m e spessore 30 cm continuo lungo l'intero sviluppo del muro e il ringrosso della ciabatta di fondazione con un getto di spessore 30 cm. Il contrafforte è inghisato al muro esistente.**

### 8.3 All. C - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 39 – sez.42) - Riepilogo

#### 8.3.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Difformità nelle dimensioni geometriche (altezza del muro, larghezza ciabatta di fondazione lato alveo, dimensioni sperone di fondazione). Nessuna informazione sulla ciabatta di fondazione lato terrapieno.

**Armature** → Conformità del diametro dei ferri, difformità del passo (sia sul paramento che in fondazione).

**Rischi** → Erosione, sicurezza strutturale se si assume il sovraccarico stradale sul terrapieno.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni statiche di magra.

**Verifiche** →  $FS > 1$  nelle condizioni di progetto.

$FS < 1$  nelle condizioni attuali con sovraccarico d'uso maggiore che da progetto.

#### 8.3.2 Criticità

- 1) Dimensioni geometriche del muro in disaccordo con quanto stabilito in progetto.
- 2) Sovraccarico d'uso elevato sul terrapieno del muro per la presenza del piazzale accessibile dei fabbricati industriali (in caso di stoccaggio materiale e accessibilità mezzi pesanti, al muro vengono trasferite sollecitazioni importanti).

#### 8.3.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire con indagini in sito mirate le caratteristiche della fondazione: geometria, dimensioni, dimensioni sperone.

#### 8.3.4 Interventi

Sull'opera in oggetto si prevedono i seguenti interventi (non strutturali).

**1) Impedire:**

- il deposito dei blocchi di marmo e granito in prossimità del muro,
- il transito di mezzi pesanti in prossimità del muro,
- assumendo un carico massimo ammissibile pari a 500 kg/mq.

Laddove, in seguito a saggi approfonditi, si riscontrassero difformità tra la geometria di fondazione rilevata e la geometria di progetto, sarà necessario riverificare la struttura nella configurazione rilevata prevedendo opportuni interventi di rinforzo se necessari.

## 8.4 All. D - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 44-47 – sez. 44) - Riepilogo

### 8.4.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Difformità nelle dimensioni geometriche della ciabatta di fondazione (ciabatta e sperone).

**Armature** → Difformità del diametro e del passo dei ferri così come rilevato dalle indagini pacometriche. Necessitano approfondimenti con saggi.

**Rischi** → Erosione.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni statiche e sismiche di magra.

**Verifiche** →  $FS < 1$  per la sezione di incastro del paramento murario alla ciabatta di fondazione (in condizioni statiche e sismiche di magra e di piena) per scarsa presenza di armature rilevata da indagine pacometrica in difformità all'armatura di progetto che invece risulta verificata →  $FS > 1$  con armatura da progetto.

### 8.4.2 Criticità

- 1) Dimensioni geometriche della ciabatta di fondazione in disaccordo con quanto stabilito in progetto.
- 2) Non sono stati eseguiti saggi atti a rilevare il diametro dei ferri. Dall'indagine pacometrica, l'armatura rilevata è risultata scarsa e difforme dal progetto → necessari approfondimenti.

### 8.4.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione












- 1) Approfondire con indagini in sito mirate le caratteristiche della fondazione: geometria, dimensioni, dimensioni sperone.
- 2) Approfondire con saggi puntuali le caratteristiche dell'armatura effettivamente presente: diametro e passo ferri.

### 8.4.4 Interventi

Si prevedono i seguenti interventi di rinforzo per fronteggiare i problemi di insufficienza dell'armatura corrente e alla base del muro in seguito alle indagini approfondite in sito.

- 1) ***Si prevede il ringrosso della sezione in c.a. del muro mediante un contrafforte di altezza da stabilire e spessore 30 cm continuo lungo l'intero sviluppo del muro e il ringrosso della ciabatta di fondazione con un getto di spessore 30 cm. Il contrafforte è inghisato al muro esistente. Tale intervento è da applicarsi qualora, in seguito ai saggi in sito, l'armatura rilevata continui a risultare insufficiente e inferiore a quella di progetto.***













## 9 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 08

VERIFICA	MURO IN PIETRA* Dx – Scheda 48	SOPRALZO IN C.A.* Dx – Scheda 50-51	MURO IN CLS Sx – Scheda 49
Qualità Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-		-
Caratt. ferri di inghisaggio	-		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 1,17 > 1 	FS > 1 	FS = 0,51 < 1 
Verifica a Slittamento	-	-	FS = 0,51 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	FS > 1 	-
Note	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. Profondità max del muro non rilevata. FS < 1 in condiz. sismiche 	-	La profondità del muro non è stata indagata. Si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate.





\* Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente in pietra.









L'argine in sx idraulica è costituito da un muro d'argine esistente in pietra con rialzo in c.a.. A protezione è stata realizzata una scogliera con terre armate per un tratto che va dalla sezione X alla sezione 49 (Rif. Book di inquadramento conoscitivo).








Criticità: Intervento non previsto nel progetto depositato n°696/2013.







VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 49	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 52	MURO IN CLS Sx – Scheda 53
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	 difforme dal progetto	 difforme dal progetto	-
Caratt. ferri di inghisaggio	 No informazioni in sito. (FS > 1 con i ferri da progetto)		-
Verifica a Ribaltamento	-	FS > 1 	
Verifica a Slittamento	-	-	
Verifica sezione in c.a.	FS > 1 	FS > 1 	-
Note	L'armatura rilevata in sito è difforme dal progetto. La geometria è conforme. (Rif. P.S. N. 696/2013). Non è stata rilevata l'armatura di inghisaggio che, se conforme al progetto, risulta verificata.	La geometria e l'armatura rilevata in sito è difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 696/2013). Le verifiche dello stato rilevato sono soddisfatte.	Criticità: Fabbicato argine. Muro in cls con sopralzo in montanti metallici. Informazioni insufficienti. Pb. di stabilità in caso di piena. Nel complesso l'opera è da valutarsi potenzialmente critica.








VERIFICA	MURO IN CLS Dx – Scheda 55	MURO IN CLS Dx – Scheda 56	MURO IN CLS Dx – Scheda 59
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-	-	-
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,73 < 1 	Rif. Scheda 55	Rif. Scheda 55
Verifica a Slittamento	FS = 1,47 > 1 	Rif. Scheda 55	Rif. Scheda 55
Verifica sezione in c.a.	-	-	-
Note	La profondità del muro non è stata indagata completamente. Criticità: Al di sopra del muro è presente un argine in terra contrariamente al progetto (Rif. P.S. N. 696/2013) che prevedeva un argine in terre armate. Nel complesso l'opera è da valutarsi potenzialmente critica.	Rif. Scheda 55	Rif. Scheda 55

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 60	MURO IN CLS Dx – Scheda 60
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	 difforme dal progetto	-
Caratt. ferri di inghisaggio	FS < 1  difforme dal progetto	-
Verifica a Ribaltamento	Ferri ingh. da rilievo:  FS = 0,93 < 1  Ferri ingh. da progetto:  FS = 2,1 > 1	FS = 1,14 > 1  
Verifica a Slittamento	-	-
Verifica sezione in c.a.	FS = 1,6 > 1 	-
Note	La geometria rilevata in sito è conforme al progetto, l'armatura è difforme (Rif. P.S. N. 696/2013). Criticità sulla presenza dei ferri di inghisaggio: insufficienti rispetto al progetto.	La profondità del muro non è stata indagata. Si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate. Info insufficienti.

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 62	MURO IN CLS Sx – Scheda 62
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio	 conforme al progetto	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 6,4 > 1 	FS = 0,68 < 1 
Verifica a Slittamento	-	-
Verifica sezione in c.a.	FS = 9,3 > 1 	-
Note	La geometria e l'armatura rilevata in sito è conforme al progetto (Rif. P.S. N. 696/2013).	La profondità del muro non è stata indagata. Si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate. Info insufficienti.

VERIFICA	MURO IN C.A. Dx – Scheda 54	MURO IN C.A. Dx – Scheda 57
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	 difforme dal progetto	 difforme dal progetto
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Micropali		
Verifica a Ribaltamento	Verifica localizzata della sezione di attacco della parte superiore del muro al terrapieno (FS > 1).	Verifica con la geometria ricostruita da rilievo + progetto: FS > 1 in presenza dei micropali di fondazione (come da progetto).
Verifica a Slittamento		
Verifica sezione in c.a.		
Note	Informazioni insufficienti per la verifica del muro nella sua globalità.	La geometria rilevata in sito non fornisce informazioni sulla ciabatta di fondazione e sulla presenza dei pali. L'armatura rilevata in sito è difforme dal progetto. (Rif. P.S. N. 696/2013). Criticità: necessitano approfondimenti in sito poiché FS < 1 se l'opera non è fondata su pali.

VERIFICA	MURO IN C.A. Sx – Scheda 58	MURO IN C.A. Sx – Scheda 61
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	 Ferri vert. Conformi al progetto  Ferri orizz. difforni dal progetto	 difforme dal progetto
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Verifica a Ribaltamento	Informazioni insufficienti per la verifica del muro.	Informazioni insufficienti sul muro di base.
Verifica a Slittamento		Verifica del sopralzo in c.a. (FS > 1) in conformità a quanto previsto nel progetto.
Verifica sezione in c.a.		
Note	La geometria e l'armatura rilevata in sito è difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 278/1990). Non ci sono informazioni sufficienti.	La geometria rilevata in sito è difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 696/2013) che prevedeva un sopralzo in c.a. su muro esistente in cls.

Il tratto nel suo complesso sia in sponda sx che in sponda dx comprende nuovi muri d'argine in c.a. e sopralzi in c.a. di muri d'argine in cls esistenti che fanno riferimento alla pratica sismica N. 696/2013.

Alcune delle strutture arginali esistenti (muri in cls e muri in pietra) non risultano avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. Laddove non è stato possibile rilevare l'effettiva profondità del muro, si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate.

Criticità: Particolare attenzione va prestata ai muri dei fabbricati che hanno anche funzione di argine: possibili problemi possono essere riscontrati in termini di stabilità, resistenza, infiltrazione e tenuta alle portate del torrente.

I sopralzi in c.a. che risultano essere opportunamente collegati ai muri di base con ferri inghisati, presentano i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. La criticità si riscontra però nel muro di base. Infatti i muri di base a gravità (in pietra e in cls), relativamente alla profondità rilevata dalle indagini in sito, hanno coefficienti di sicurezza in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena, che non risultano conformi a quelli previsti dalla norma.

I vecchi muri in pietra e cls, con le proprietà del materiale rilevato e con le caratteristiche tipologiche proprie dei vecchi muri a gravità, risultano non essere adeguati a sopportare le azioni sismiche in accordo alle nuove norme tecniche sulle costruzioni NTC 2008.

#### *Interventi previsti:*





- *In destra e sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale dei muri di base + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali.*

Tali interventi dovranno essere caratterizzati da una fase propedeutica alla progettazione in cui occorre approfondire la geometria dei muri esistenti, mediante rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008.

Alcuni dei muri in c.a. di nuova costruzione presentano difformità rispetto allo stato di progetto per quanto riguarda le caratteristiche e la geometria della ciabatta di fondazione e il diametro e passo dell'armatura. Per tali strutture si prevedono maggiori approfondimenti in sito per verificarne la reale conformazione. In particolare per quanto riguarda i nuovi muri in c.a. che nel progetto sono previsti con fondazioni su pali, in sito la fondazione e la presenza dei pali non è stata sufficientemente indagata.

I muri in c.a. la cui geometria rilevata in sito conferma la geometria di progetto, risultano avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena.

## Terre armate

VERIFICA	TERRA ARMATA Dx – Scheda 48
Qualita' Materiale	
Geogriglia	
Rete metallica	
Plasticità	
Grado di costipamento	
Permeabilità	

Le verifiche effettuate sulle terre armate sono verifiche preliminari basate sull'analisi della qualità dell'opera realizzata. Per quanto riguarda gli argini in destra idraulica relativi alle sezioni 52 e 53 e inizialmente ipotizzati terre armate, sono poi risultati, in seguito alle indagini in sito, degli argine in terra poggianti su muri di base in cls. Criticità riscontrata in destra idraulica: l'argine in terre armate su muro in cls esistente risulta, contrariamente a quanto previsto nella pratica sismica N. 696/2013, un semplice argine in terra. Nel complesso l'opera è da valutarsi potenzialmente critica e si prevede un maggior approfondimento di dettaglio e la successiva valutazione di rifacimento di nuovo muro arginale in c.a. o mediante paratia di micropali.

## 9.1 All. A - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 54 – sez.49) - Riepilogo

### 9.1.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Difficoltà delle caratteristiche geometriche del paramento verticale (spessore e inclinazione) e della ciabatta di fondazione (geometria, dimensioni, non rilevato lo sperone di fondazione, non rilevata la porzione lato terrapieno). Assenza di indagini sulla presenza dei micropali.

**Armature** → Difficoltà del diametro e del passo dei ferri rilevato da indagine pacometrica.

**Rischi** → Erosione, scalzamento in assenza di sperone.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni idrauliche di massima piena.

**Verifiche** → Informazioni insufficienti per la verifica del muro nella sua globalità. Verifica localizzata della sezione di attacco della parte superiore del muro al terrapieno ( $FS > 1$ ).

### 9.1.2 Criticità

- 1) Indagini in sito limitate sul muro (assenza di informazioni sullo spessore) e in fondazione (insufficienza di informazioni sulla ciabatta di fondazione, assenza di informazioni sulla presenza dei micropali di fondazione).
- 2) Non sono stati eseguiti saggi atti a rilevare il diametro dei ferri. Dall'indagine pacometrica, l'armatura rilevata è risultata difforme dal progetto → necessari approfondimenti.
- 3) Necessità della presenza dei micropali di fondazione come da progetto per garantire la sicurezza strutturale all'equilibrio dell'opera arginale.

### 9.1.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 2) Approfondire le indagini in fondazione: rilievo geometria, dimensioni + saggi profondi per indagare la presenza dei micropali.
- 3) Approfondire le indagini sul muro: saggi puntuali per rilevare lo spessore del muro e le caratteristiche dell'armatura effettivamente presente: diametro e passo ferri.

### 9.1.4 Interventi

Non ci sono informazioni sufficienti per poter valutare la sicurezza strutturale dell'opera e gli interventi necessari a garantirne l'efficacia.



## 9.2 All. B - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 57) - Riepilogo

### 9.2.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Conformità delle dimensioni geometriche del paramento verticale ad esclusione dell'altezza rilevata inferiore rispetto a quella di progetto. Informazioni insufficienti sullo spessore del muro e sulla ciabatta di fondazione. Assenza di indagini sulla presenza dei micropali.

**Armature** → Difformità del diametro e del passo dei ferri rilevato da indagine pacometrica.

**Rischi** → Erosione, scalzamento in assenza di sperone.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni statiche e sismiche di magra per la presenza del terrapieno a tergo del muro.

**Verifiche** → Informazioni insufficienti per la verifica del muro nella sua globalità. Verifica preliminare con la geometria ricostruita da rilievo + progetto:  $FS > 1$  in presenza dei micropali di fondazione (come da progetto).

### 9.2.2 Criticità

- 1) Indagini in sito limitate sul muro (non è stato rilevato lo spessore) e in fondazione (insufficienza di informazioni sulla ciabatta di fondazione, assenza di informazioni sulla presenza dei micropali di fondazione).
- 2) Non sono stati eseguiti saggi atti a rilevare il diametro dei ferri. Dall'indagine pacometrica, l'armatura rilevata è risultata difforme dal progetto → necessari approfondimenti.
- 3) Necessità della presenza dei micropali di fondazione come da progetto per garantire la sicurezza strutturale all'equilibrio dell'opera arginale.

### 9.2.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire le indagini in fondazione: rilievo geometria, dimensioni + saggi profondi per indagare la presenza dei micropali.
- 2) Approfondire le indagini sul muro: saggi puntuali per rilevare lo spessore del muro e le caratteristiche dell'armatura effettivamente presente: diametro e passo ferri.

### 9.2.4 Interventi

Non ci sono informazioni sufficienti per poter valutare la sicurezza strutturale dell'opera e gli interventi necessari a garantirne l'efficacia. Le verifiche di sicurezza sono soddisfatte in presenza dei micropali di fondazione (come da progetto).

### 9.3 All. C - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 58 – sez. 51A) - Riepilogo

#### 9.3.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Difformità nelle caratteristiche tipologiche e dimensionali del paramento e della ciabatta di fondazione. Rispetto a quanto rilevato in sito, la conformazione del muro è simile a quella di un muro a gravità piuttosto che a un muro a T come da progetto.

**Armature** → Armatura verticale coerente, armatura orizzontale non coerente.

**Rischi** → Erosione, sicurezza strutturale della sezione in c.a. e del ribaltamento.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni statiche e sismiche di magra per la presenza del terrapieno su cui insiste un sovraccarico d'uso elevato.

**Verifiche** → Informazioni insufficienti per la verifica del muro.

#### 9.3.2 Criticità

- 1) Difformità delle caratteristiche tipologiche e geometriche del muro.
- 2) Scarsa presenza di armatura (disaccordo con le limitazioni costruttive stabilite dalla nuova normativa NTC 2008).

#### 9.3.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire con indagini in sito mirate le caratteristiche geometriche del muro.
- 2) Limitare il sovraccarico sul terrapieno a tergo del muro:
  - No deposito dei blocchi di marmo e granito in prossimità del muro,
  - No transito di mezzi pesanti in prossimità del muro.

#### 9.3.4 Interventi

Si prevedono i seguenti interventi di rinforzo a seguito degli approfondimenti delle indagini in sito sulla geometria dell'opera.

- 2) **Paratia di micropali a tergo del muro.**

## 9.4 All. D - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 61 – sez. 53) - Riepilogo

### 9.4.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Difformità delle caratteristiche tipologiche dell'opera: rilievo di muro in c.a. a L contro il progetto che fa riferimento a un sopralzo in c.a..

**Armature** → Armatura non coerente.

**Rischi** → Sicurezza strutturale per mancanza di informazioni sufficienti sul muro di base.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni idrauliche di massima piena.

**Verifiche** → Informazioni insufficienti sul muro. Verifica del sopralzo in c.a. ( $FS > 1$ ) in conformità a quanto previsto nel progetto.

### 9.4.2 Criticità

- 1) Difformità delle caratteristiche tipologiche del muro: il progetto prevede un nuovo sopralzo su muro esistente, dal rilievo sembra che il muro, anche se realizzato con 2 riprese di getto, sia un unico elemento.
- 2) Informazioni insufficienti sul muro di base (spessore paramento, caratteristiche fondazioni).
- 3) Informazioni insufficienti sul terrapieno retrostante il muro (no sezione topografica, no rilievo in sito).

### 9.4.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione








- 1) Approfondire con indagini in sito mirate le caratteristiche tipologiche e geometriche del muro.

### 9.4.4 Interventi










Non ci sono informazioni sufficienti per poter valutare la sicurezza strutturale dell'opera e gli interventi necessari a garantirne l'efficacia.

Il sopralzo, considerato come elemento a sé stante, risulta idoneo ad assorbire le sollecitazioni di massima piena. Sulla porzione inferiore del muro non ci sono elementi sufficienti atti a valutarne l'effettiva efficienza strutturale.







## 10 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 09

VERIFICA	MURO IN C.A. PREFABBRICATO Sx – Scheda 63	* MURO IN CLS CON SOPRALZO IN GABBIONI DI MARMO Dx – Scheda 64
Qualità Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Micropali		-
Verifica a Ribaltamento	Portanza del micropalo: $FS > 1$ 	$FS = 0,72 < 1$ 
Verifica a Slittamento	-	$FS = 2,73 > 1$ 
Verifica sezione in c.a.	-	-
Note	La geometria e le caratteristiche dell'opera sono conformi al progetto (Rif. P.S. N. 613/2009). Criticità: presenza di giunti aperti tra i muri prefabbricati.	Non conformità rispetto alle sezioni di progetto (Rif. P.S. N. 613/2009). Alta criticità delle opere arginali rialzate con gabbionate riempite da scaglie di marmo: la tenuta non è garantita per la massima piena.

\* Il sopralzo in gabbioni è stato realizzato con lastre di marmo anziché con riempimento in pietrame come previsto nel progetto. Inoltre la funzione di tali gabbioni è “antierosione” e non di arginatura vera e propria dei livelli di piena. Tali elementi sono pertanto da ritenersi ad alta criticità e necessitano di interventi di sostituzione se l'altezza del massimo livello di piena raggiunge la quota a cui sono innestati poiché la tenuta non è garantita. L'opera in oggetto è stata interessata dal crollo del sopralzo in gabbioni di materiale sciolto e gabbioni di marmo durante gli eventi alluvionali di novembre 2014. Il crollo ha interessato il muro esistente con conseguente ribaltamento dei gabbioni soprastanti e franamento del piazzale della segheria adiacente.

VERIFICA	** MURO IN CLS Dx – Scheda 65	MURO IN PIETRA Dx – Scheda 66	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 67
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-	-	
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,71 < 1 	FS = 0,70 < 1 	FS > > 1 
Verifica a Slittamento	-	-	-
Verifica sezione in c.a.	-	-	-
Note	La profondità del muro non è stata indagata. Criticità: a confine dell'argine, il muro di un fabbricato presenta una grossa lesione verticale.	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. FS < 1 in condiz. sismiche 	La geometria (a meno della larghezza) e l'armatura rilevata in sito è conforme al progetto (Rif. P.S. N. 613/2009).

\*\* Criticità: Il tratto di argine in oggetto confina con il muro di un fabbricato che presenta una grossa lesione verticale ed è in forti condizioni di instabilità. Si suggerisce un immediato intervento di consolidamento. Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 6** - Zona: via Carriona 230 - Tipo Intervento: Realizzazione scogliera piazzale segheria franato e realizzazione sottofondazione muro scalzato in destra. - Ente: Provincia MS.

VERIFICA	MURO IN CLS Dx – Scheda 67	*** MURO IN CLS Sx – Scheda 68
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-	-
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 1,03 > 1 	FS = 0,60 < 1 
Verifica a Slittamento	FS = 0,89 < 1 	FS = 0,85 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-
Note	La profondità del muro non è stata indagata. Si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate.	La profondità del muro non è stata indagata. Si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate. Criticità: fenomeni di erosione in sinistra idraulica con pericolo di instabilità del muro a gravità.

\*\*\* Criticità: per erosione spondale a valle della confluenza col fosso Valenza, in sinistra idraulica, con conseguente pericolo per la stabilità del muro di sponda a gravità in calcestruzzo. Realizzazione di scogliera a protezione erosione. Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 7** - Zona: Ponte Cimato confluenza Canale Valenza - Tipo Intervento: Protezione argine in sx in erosione (scogliera). - Ente: Provincia MS.

Il tratto nel suo complesso sia in sponda sx che in sponda dx comprende nuovi muri d'argine in c.a. e sopralzi in c.a. di muri d'argine in cls esistenti che fanno riferimento alla pratica sismica N. 613/2009. La geometria e le armature presenti risultano in generale conformi.

I muri prefabbricati in sinistra idrografica sono conformi allo stato di progetto e non presentano particolari criticità se non quella legata alla presenza di giunti aperti tra i vari elementi prefabbricati che lasciano una via di uscita per l'acqua in caso di piena.

I sopralzi in c.a. che risultano essere opportunamente collegati ai muri di base con ferri inghisati, presentano i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. La criticità si riscontra però nel muro di base. Infatti i muri di base a gravità (in pietra e in cls), relativamente alla profondità rilevata dalle indagini in sito, hanno coefficienti di sicurezza in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena, che non risultano conformi a quelli previsti dalla norma.

I vecchi muri in pietra e cls, con le proprietà del materiale rilevato e con le caratteristiche tipologiche proprie dei vecchi muri a gravità, risultano non essere adeguati a sopportare le azioni sismiche in accordo alle nuove norme tecniche sulle costruzioni NTC 2008.

Criticità diffuse si riscontrano sulle porzioni di muri esistenti in cls e muratura per problemi di instabilità e erosione.

Criticità specifiche sono legate alle difese spondali realizzate con il rialzo di gabbionate riempite da scaglie di marmo posizionate su muri esistenti in cls. Tali elementi sono ritenuti ad alta criticità e necessitano di interventi di sostituzione.

*Interventi previsti:*

- *In destra e sinistra idraulica si prevede il rifacimento dei vecchi muri in cls e in pietra (compresi quelli sormontati da gabbioni di marmo) mediante paratia di micropali con o senza tiranti.*

Tali interventi dovranno essere caratterizzati da una fase propedeutica alla progettazione in cui occorre approfondire la geometria dei muri esistenti, mediante rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008.

## 10.1 All. A - Verifica Muro in c.a. prefabbricato sinistra idraulica (rif. scheda 63 – sez.58) - Riepilogo

### 10.1.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → la geometria del muro è conforme a quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 613/2009) sia per la parte del paramento verticale, sia per la parte della ciabatta di fondazione (relativamente a quanto rilevato: geometria ciabatta lato alveo e fila di micropali lato alveo).

**Armature** → Non rilevate.

**Rischi** → Tenuta dell'acqua in caso di piena per la presenza di giunti aperti.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni statiche e sismiche di magra.

**Verifiche** →  $FS > 1$  per la portanza dei micropali.

### 10.1.2 Criticità

- 1) Criticità riscontrata sullo stato delle strutture durante il sopralluogo: presenza di giunti aperti tra i muri prefabbricati che lasciano una via di uscita per l'acqua in caso di piena.



**Fig. 3 – Foto Muro lato alveo – particolare giunti**





















#### 10.1.3 Interventi













- 1) ***Sigillare i giunti aperti tra i muri prefabbricati mediante l'applicazione di elastomeri idonei al contenimento dell'acqua. L'applicazione dovrà avvenire su giunti asciutti e ben puliti (in assenza di muffe e vegetazione). L'applicazione avverrà per l'altezza del muro al disopra del terrapieno per evitare che l'acqua possa filtrare nel piazzale restrostante.***










La sigillatura dei giunti implica la verifica del muro alla spinta idraulica e ai problemi di sifonamento.










## 11 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 10

VERIFICA	MURO IN CLS Sx – Scheda 69-70	MURO IN CLS Sx – Scheda 72	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 71
Qualità Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-	-	 Sopralzo Non armato
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,62 < 1 	FS = 1,06 > 1 	FS = 0,37 < 1 
Verifica a Slittamento	FS = 1,12 > 1 	Si trascura la presenza dell'argine in terra superiore (no info) →	FS = 0,38 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	quota piena = estradosso muro cls.	-
Note	Non essendo nota la profondità del muro, non ci sono informazioni sufficienti per valutare le reali condizioni di sicurezza dell'opera.	Criticità: se la piena raggiunge l'argine in terra.  FS < 1 in condiz. sismiche 	Il sopralzo risulta non armato.

VERIFICA	MURO IN CLS Dx – Scheda 71	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 73	MURO DI BASE IN C.A. Sx – Scheda 73
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-		
Caratt. ferri di inghisaggio	-		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,75 < 1 	FS > 1 	FS = 0,35 < 1 
Verifica a Slittamento	FS = 1,20 > 1 	-	FS = 0,34 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	FS > 1 	
Note	Muro in cls con sopralzo in c.a.	La geometria rilevata in sito è conforme al progetto, l'armatura in parte differisce (Rif. P.S. N. 896/2009 - 802/2013).	No info ciabatta di fondazione lato opposto alveo. Da verificare geometria e tipologia fondazione con indagini + approfondite.

VERIFICA	MURO IN CLS Dx – Scheda 74	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 75	MURO DI BASE IN C.A. Sx – Scheda 75
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		 difforme dal progetto	
Caratt. ferri di inghisaggio	-	 conforme al progetto	-
Verifica a Ribaltamento	-	FS = 1,1 > 1 	FS = 0,19 < 1 
Verifica a Slittamento	-	-	FS = 0,18 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	FS = 0,5 < 1 	
Note	Muro in cls sormontato da un muretto in pietrame a secco. Informazioni insufficienti sulla geometria del muro.	La geometria e le armature rilevate in sito sono difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 896/2009 - 802/2013).	La geometria non corrisponde alle sezioni di progetto (Rif. P.S. N. 896/2009 - 802/2013). Criticità: rilevata lesione nel muro in c.a. nuovo confinante con l'opera in oggetto.

VERIFICA	MURO IN C.A. + SCOGLIERA Dx – Scheda 76	MURO IN PIETRA e CLS Dx – Scheda 77	MURO IN C.A. Sx – Scheda 78 Rif. All. A
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-	
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	-
Micropali	-	-	
Verifica a Ribaltamento	-	-	FS < 1 
Verifica a Slittamento	-	-	FS < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-	FS < 1 
Note	Informazioni insufficienti sulla geometria del muro → livelli di approssimazione eccessivi.	Informazioni insufficienti sulla geometria del muro → livelli di approssimazione eccessivi.	La geometria non corrisponde al progetto che prevede un muro in c.a. su micropali (Rif. P.S. N. 896/2009 - 802/2013). No indagini approfondite sulla presenza dei micropali. Anche le dimensioni e la geometria della ciabatta di fondazione non sono conformi, l'armatura in parte differisce.

VERIFICA	MURO IN C.A. Dx – Scheda 79	MURO IN PIETRA Sx – Scheda 80
Qualità Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Verifica a Ribaltamento	Argine in piena $FS = 1,38 > 1$  Argine in magra $FS = 0,36 < 1$ 	$FS = 0,76 < 1$ 
Verifica a Slittamento	Argine in piena Prevale la spinta passiva  Argine in magra $FS = 0,32 < 1$ 	-
Verifica sezione in c.a.	-	
Note	Necessari approfondimenti in sito sullo spessore del muro e sulla tipologia di fondazione (geometria lato monte e caratterizzazione – indagini sulla presenza o meno di pali di fondazione). Le verifiche condotte in questa sede non hanno significato poiché le ipotesi fatte rispetto alle informazioni acquisite, sono sovrabbondanti.	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. $FS < 1$ in condiz. sismiche 

Il tratto nel suo complesso sia in sponda sx che in sponda dx comprende un'eterogeneità delle tipologie spondali: sono presenti muri realizzati ex novo in c.a., vecchi muri in pietra con rialzo in calcestruzzo armato; muri in pietra con rialzo in muratura non idonea, fabbricati le cui strutture portanti hanno funzione di arginatura; arginature realizzate con scogliere intasate e rialzo soprastante con geoblocchi.

I nuovi muri d'argine in c.a. e i sopralzi in c.a. di muri d'argine in cls esistenti fanno riferimento alle pratiche sismiche N. 896/2009 - 802/2013. In molti casi si riscontrano difformità nella geometria e/o nella disposizione dell'armatura. In particolare per quanto riguarda il nuovo muro in c.a. riferito alla scheda 78 che nel progetto è previsto con fondazioni su pali, in sito la fondazione e la presenza dei pali non è stata sufficientemente indagata, ma per quanto rilevato lascia interpretare l'assenza dei micropali. Risultano quindi necessari approfondimenti, poiché con la geometria rilevata in sito, i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena, non sono rispettati.

Alcune delle opere arginali non sono state rilevate approfonditamente spesso per impossibilità di accesso. Laddove possibile si richiedono approfondimenti in sito.

I sopralzi in c.a. che risultano essere opportunamente collegati ai muri di base con ferri inghisati, presentano i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. La criticità si riscontra però nel muro di base. Infatti i muri di base a gravità (in pietra e in cls), relativamente alla profondità rilevata dalle indagini in sito, hanno coefficienti di sicurezza in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena, che non risultano conformi a quelli previsti dalla norma.

I vecchi muri in pietra e cls, con le proprietà del materiale rilevato e con le caratteristiche tipologiche proprie dei vecchi muri a gravità, risultano non essere adeguati a sopportare le azioni sismiche in accordo alle nuove norme tecniche sulle costruzioni NTC 2008.

Criticità diffuse si riscontrano sulle porzioni di muri esistenti in cls e muratura per problemi di instabilità e erosione.

Criticità riscontrate:

- Erosioni diffuse alla fondazione delle arginature e presenza di eterogeneità costruttiva ad alta vulnerabilità.
- Presenza di lavori in corso in corrispondenza di discontinuità strutturale (giunti tra strutture contigue visibili e mancanza idonei giunti a tenuta idraulica).
- Rivalutazione della capacità portante dei fabbricati presenti in alveo, che presentano un avanzato stato di degrado, in quanto in disuso.

*Interventi previsti:*

- *In destra e sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale dei muri in cls e pietra mediante paratia di micropali con o senza tirantatura.*
- *In destra e sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale dei muri in cls o pietra + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali.*
- *In destra idraulica risultano necessari approfondimenti in sito sullo spessore del muro e sulla tipologia di fondazione (geometria e caratterizzazione – indagini sulla presenza o meno di pali di fondazione), prima di fornire indicazioni di intervento specifiche (rif. scheda 79).*

Tali interventi dovranno essere caratterizzati da una fase propedeutica alla progettazione in cui occorre approfondire la geometria dei muri esistenti, mediante rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008.



## 11.1 All. A - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 78 – sez.74) - Riepilogo

### 11.1.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Difformità delle caratteristiche tipologiche e delle dimensioni geometriche. Non indagata per la parte delle fondazioni profonde.

**Armature** → Conformi. Non indagata l'armatura di rinforzo alla base.

**Rischi** → Sicurezza strutturale per difformità geometriche e tipologiche rispetto al progetto.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni idrauliche di massima piena.

**Verifiche** →  $FS < 1$  per la sezione di incastro del muro in c.a. allo SLU.

$FS < 1$  per le verifiche di equilibrio.

### 11.1.2 Criticità

- 1) La geometria e la tipologia del muro è difforme da quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 802/2013): il nuovo muro, così come da rilievo in sito, ha un'altezza maggiore (4.0 m anziché 3.0 m) e presenta una ciabatta di fondazione a differenza della sezione di progetto che prevede un paramento verticale poggiante su una fondazione di micropali con trave di cordolo in sommità. Inoltre, non sono state eseguite indagini in profondità atte a verificare la presenza dei micropali. Le difformità riscontrate sulla fondazione portano a presupporre l'assenza dei micropali.
- 2) Assenza di informazioni sul palancolato di fondazione.









### 11.1.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione













- 1) Approfondire la geometria dell'opera prevedendo indagini e saggi mirati in profondità tali da poter rilevare l'effettiva presenza dei micropali di fondazione e le sue caratteristiche tipologiche.




### 11.1.4 Interventi

- 1) **Realizzazione di Paratia di micropali a tergo del muro.**

## 12 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 11

VERIFICA	* MURO IN C.A. Sx – Scheda 81-82	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 83
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	 difforme dal progetto	 difforme dal progetto
Caratt. ferri di inghisaggio	-	 difforme dal progetto
Verifica a Ribaltamento	Dimensioni geometriche della ciabatta di fondazione in disaccordo con quanto stabilito in progetto (Rif. P.S. N. 802/2013).  FS < 1 per l'equilibrio a ribaltamento dell'opera in condizioni di massima piena (ipotizzando che la ciabatta di	Ferri inghisaggio rilevati  FS = 0,61 < 1 Ferri inghisaggio da progetto  FS > 1
Verifica a Slittamento	fondazione di fondazione sia stata invertita riepetto al progetto: mensola minore lato terrapieno, mensola	-
Verifica sezione in c.a.	maggiore lato alveo).	FS > 1 
Note	Da verificare geometria fondazione lato terrapieno con indagini approfondite.	Geometria e armature rilevate difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 279/2009).

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 84	MURO IN PIETRA Sx – Scheda 85	
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	 difforme dal progetto	-	
Caratt. ferri di inghisaggio		-	
Verifica a Ribaltamento	Ferri inghisaggio rilevati  FS > 1	Assenza del terreno a tergo del muro	Presenza del terreno a tergo del muro (a 1,5 m dall'estradosso)
	Ferri inghisaggio da progetto  FS >> 1	FS = 0,16 < 1 	FS = 0,59 < 1 
Verifica a Slittamento	-	FS = 0,21 < 1 	FS = 0,82 < 1 
Verifica sezione in c.a.	FS > 1 	-	-
Note	La geometria rilevata in sito è conforme al progetto, l'armatura differisce (Rif. P.S. N. 279/2009).	<p>Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente.</p> <p>Da verificare profondità muro, geometria e stato antistante il muro con indagini + approfondite (informazioni non rilevabili neanche dalle sezioni topografiche di riferimento).</p> <p>FS &lt; 1 in condiz. sismiche </p>	

VERIFICA	MURO IN PIETRA Dx – Scheda 87
Qualita' Materiale	
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-
Caratt. ferri di inghisaggio	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,73 < 1 
Verifica a Slittamento	-
Verifica sezione in c.a.	-
Note	<p>Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente.</p> <p>Da verificare profondità muro, geometria altezza muro con indagini + approfondite.</p> <p>In mancanza di informazioni rilevate sulla geometria, le assunzioni ipotizzate danno luogo ad approssimazioni eccessive.</p> <p>FS &lt; 1 in condiz. sismiche </p>

Il tratto 11 interessa il centro di Carrara ed è caratterizzato da un'alternanza delle tipologie spondali che è molto eterogenea e diffusa in maniera discontinua: sono presenti muri realizzati ex novo in c.a., vecchi muri in pietra con rialzo in calcestruzzo armato, fabbricati le cui strutture portanti hanno funzione di arginatura.

I nuovi muri d'argine in c.a. e i sopralzi in c.a. di muri d'argine in cls esistenti fanno riferimento alle pratiche sismiche N. 896/2009 - 802/2013. Alla pratica sismica N. 279/2009 invece fanno riferimento le sistemazioni d'alveo comprese tra la sezione 93 e la sezione 94 prevedendo un sopralzo in c.a. in destra idraulica e la realizzazione di una berlinese di micropali realizzata sul fondo alveo con trave di coronamento superiore per abbassare il fondo alveo di circa 2,20 m.

In molti casi si riscontrano difformità nella geometria e/o nella disposizione dell'armatura delle opere realizzate rispetto ai progetti depositati. Risultano quindi necessari approfondimenti, poiché con la geometria rilevata in sito, i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena, spesso non sono rispettati.

I sopralzi in c.a. che risultano essere opportunamente collegati ai muri di base con ferri inghisati, presentano i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. La criticità si riscontra però nel muro di base. Infatti i muri di base a gravità (in pietra e in cls), relativamente alla profondità rilevata dalle indagini in sito, hanno coefficienti di sicurezza in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena, che non risultano conformi a quelli previsti dalla norma.

I vecchi muri in pietra e cls, con le proprietà del materiale rilevato e con le caratteristiche tipologiche proprie dei vecchi muri a gravità, risultano non essere adeguati a sopportare le azioni sismiche in accordo alle nuove norme tecniche sulle costruzioni NTC 2008.

### **Criticità riscontrate:**

Sono presenti erosioni di sponda, rialzi di muri di sponda in pietra realizzati con struttura in c.a., presenza di edifici in alveo. La presenza di "Fabbricati Argine" alternati a Muri in pietrame esistenti è spesso legata a criticità riscontrabili in termini di stabilità, resistenza, infiltrazione e tenuta alle portate del torrente.

#### *Interventi previsti:*

- *In destra e sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale dei muri in cls e pietra mediante paratia di micropali con o senza tirantatura.*
- *In destra e sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale dei muri in cls o pietra + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali.*

Tali interventi dovranno essere caratterizzati da una fase propedeutica alla progettazione in cui occorre approfondire la geometria dei muri esistenti, mediante rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008.

## 12.1 All. A - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 81-82 - sez.88-89) - Riepilogo

### 12.1.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Difformità nelle dimensioni geometriche della ciabatta di fondazione (per quanto rilevato lato alveo).

**Armature** → Difformità del passo dei ferri così come rilevato dalle indagini pacometriche.

**Rischi** → Sicurezza strutturale in condizioni di piena per difformità geometriche della ciabatta di fondazione rispetto al progetto.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni idrauliche di piena.

**Verifiche** →  $FS < 1$  per l'equilibrio a ribaltamento dell'opera in condizioni di massima piena.

### 12.1.2 Criticità

- 1) Dimensioni geometriche della ciabatta di fondazione in disaccordo con quanto stabilito in progetto.
- 2) A valle del muro è presente una porzione di argine costituita da una scogliera alla base e un varco aperto chiuso con geoblocchi in sommità (tale opera è rimasta incompiuta durante i lavori e occorre completarla con urgenza).



### 12.1.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire con indagini in sito mirate (fori diagonali che attraversano la ciabatta di fondazione) e con informazioni reperibili ove possibile le caratteristiche della fondazione lato terrapieno: se corrisponde o meno a quella di progetto.









### 12.1.4 Interventi

Si prevedono i seguenti interventi qualora non sia possibile reperire maggiori informazioni sulla geometria della ciabatta di fondazione lato terrapieno o qualora il rilievo confermi le difformità con quanto riportato nel progetto.














- 1) ***Considerare la condizione di emergenza quando la quota di piena supera il franco rispetto alla quota di estradosso del muro di 50 cm.***
- 2) ***Rinforzare il muro con paratia di micropali a tergo del muro esistente.***
- 3) ***Ricostruzione muro come da progetto in corrispondenza del varco aperto chiuso momentaneamente con geoblocchi – tratto lasciato incompleto –.***











### 13 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 12

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 88	MURO IN CLS Sx – Scheda 88
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 4,5 > 1 	FS = 0,28 < 1 
Verifica a Slittamento	-	FS = 0,40 < 1 
Verifica sezione in c.a.	FS = 2,9 > 1 	-
Note	-	Si considera lo spessore del muro come da rilievo in sito. Criticità: si segnala un'evidente fessurazione in sinistra idraulica nella parte sottostante del muro d'argine a gravità con sopralzo in c.a..



VERIFICA	II° SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 89	I° SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 89	MURO IN CLS Dx – Scheda 89
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura			
Caratt. ferri di inghisaggio			-
Verifica a Ribaltamento	FS = 5,4 > 1 	FS = 0,16 < 1 	-
Verifica a Slittamento	-	FS = 0,20 < 1 	-
Verifica sezione in c.a.	FS = 8,1 > 1 	FS = 0,83 < 1 	-
Note	-	No ferri di inghisaggio con il muro di base in cls.	Informazioni insufficienti sulla geometria per verificare il muro di base in cls. Il muro di base risulta non armato e di materiale scadente. L'opera in oggetto, con le caratteristiche tipologiche e le proprietà del materiale rilevato, risulta non essere adeguata a sopportare le azioni sismiche in accordo alle nuove norme tecniche sulle costruzioni NTC 2008.

VERIFICA	MURO IN PIETRA Dx – Scheda 90	MURO IN PIETRA Sx – Scheda 91
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-	-
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,35 < 1 	FS = 0,58 < 1 
Verifica a Slittamento	FS = 0,53 < 1 	FS = 2,27 > 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-
Note	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. Profondità massima del muro non rilevata. FS < 1 in condiz. sismiche 	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. Profondità massima del muro non rilevata. FS < 1 in condiz. sismiche 

Il tratto 12 interessa il centro di Carrara.

Nel tratto sono presenti arginature continue in muratura su entrambe le sponde, con presenza di discontinuità di tipologie costruttive e materiali, realizzati in epoche diverse. Nel tratto recentemente era stato aperto un cantiere, ente attuatore Comune di Carrara, interessante rialzi dei muri esistenti e consolidamento delle fondazioni.

La presenza di "Fabbricati Argine" alternati a Muri in pietrame esistenti è spesso legata a criticità riscontrabili in termini di stabilità, resistenza, infiltrazione e tenuta alle portate del torrente.

Il presente tratto è stato recentemente oggetto di lavori sulle arginature con innalzamento dei muri di sponda e consolidamento delle fondazioni per interventi legati alla risagomazione dell'alveo con berlinesi – Rif. pratica sismica N. 44/2010 e variante del 20/12/2012 e del 14/07/2014.

Alcune delle opere arginali esistenti (rif. muri in pietra) non sono state rilevate approfonditamente spesso per impossibilità di accesso. Laddove possibile si richiedono approfondimenti in sito.

I sopralzi in c.a. che risultano essere opportunamente collegati ai muri di base con ferri inghisati, presentano i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. La criticità si riscontra però nel muro di base. Infatti i muri di base a gravità (in pietra e in cls), relativamente alla profondità rilevata dalle indagini in sito, hanno coefficienti di sicurezza in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena, che non risultano conformi a quelli previsti dalla norma.

I vecchi muri in pietra e cls, con le proprietà del materiale rilevato e con le caratteristiche tipologiche proprie dei vecchi muri a gravità, risultano non essere adeguati a sopportare le azioni sismiche in accordo alle nuove norme tecniche sulle costruzioni NTC 2008.

#### **Criticità riscontrate:**

Sono presenti muri esistenti in pietra costituiti da materiale eterogeneo e con visibili discontinuità e aperture, scalzamenti e erosioni di sponda, rialzi di muri di sponda in pietra realizzati con struttura in c.a., presenza di edifici in alveo, presenza di storica passerella in pietra (ponte romano) con erosione all'attacco della stessa e rischio di sormonto della stessa, mancanza di completamento della tirantatura della sottofondazione in costruzione e visibili lesioni sui muri d'argine soprastanti. Sono necessari adeguamenti delle opere spondali in corrispondenza dell'antico ponte romano.

Si segnala un'evidente fessurazione in sinistra idraulica nella parte sottostante del muro d'argine a gravità con sopralzo in c.a. (rif. sez. 105). Le indagini sul muro di base in cls con sopralzo in c.a. in destra idraulica (rif. sez. 105 e scheda n.89) hanno rilevato una scarsa qualità del calcestruzzo che può compromettere la sicurezza strutturale dell'opera (muro disgregato). Si segnalano dunque interventi prioritari su tale tratto (sinistra e destra idraulica).

*Interventi previsti:*

- *In sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale del muro in cls + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali con o senza tirantatura.*
- *In destra idraulica si prevede il rinforzo strutturale del muro in cls + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali con o senza tirantatura.*
- *In sinistra e destra idraulica si prevede il rinforzo strutturale dei muri in pietra mediante paratia di micropali.*
- *Si prevede l'adeguamento delle opere spondali adiacenti all'antico ponte romano (Sez. 102): da valutare il rifacimento ex novo o in alternativa il rinforzo strutturale degli argini esistenti.*

Tali interventi dovranno essere caratterizzati da una fase propedeutica alla progettazione in cui occorre approfondire la geometria dei muri esistenti, mediante rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008.

## **14 Sintesi dei risultati delle verifiche preliminari sulle opere arginali del tratto 13**

Nel tratto 13 non sono state previste indagini conoscitive sulle strutture delle difese spondali poichè il tratto è interessato per buona parte da lavori attualmente in corso che prevedono interventi di risagomazione e adeguamento delle sezioni idrauliche del torrente; in aggiunta essendo il tratto interessato da fabbricati privati di epoche passate con funzione di argine, si ritiene di non dover intervenire con indagini e sondaggi su tali opere per salvaguardare la stabilità.

Per le specifiche delle opere in costruzione si rimanda ai documenti progettuali depositati.

### **Criticità riscontrate da valle verso monte:**

- Presenza di erosione in vari tratti dei vecchi muri d'argine, dove si sta intervenendo con rinforzi localizzati di fondazione con posa di micropali e tiranti. Si evidenzia lo scalzamento del cordolo di fondazione e messa in luce dei micropali. Il fenomeno è diffuso su buona parte del tratto.
- Criticità dovute alla presenza del cantiere in corso; in tal caso si riscontra che per l'accesso all'alveo erano state create aperture nei muri d'argine e che prima dell'evento alluvionale del novembre 2014 non erano state previste o attuate misure di sicurezza tali da non aumentare il rischio nelle aree interessate dai lavori. Solo successivamente all'evento meteorologico che ha provocato l'esondazione, sono stati posizionati geoblocchi a protezione delle aperture.
- Presenza in alveo di teste di micropali sia in destra che in sinistra, di recente realizzazione, assenza di cordolo di completamento, ad esclusione di un breve tratto in destra idrografica di circa 50 m.
- Erosioni localizzate del calcestruzzo a protezione della scogliera in pietrame sottostante.
- A monte del fabbricato Forti e a valle del Ponte della Bugia in destra idraulica è presente un varco parzialmente aperto e parzialmente protetto con geoblocchi che va richiuso con un'opera spondale adeguata.



*Interventi previsti:*

- *Chiusura del varco aperto in destra idraulica a monte del fabbricato Forti e a valle del Ponte della Bugia mediante realizzazione di nuovo argine (muro o paratia di micropali) tale da avere la quota e le caratteristiche adeguate da un punto di vista idraulico e strutturale.*

*Interventi previsti dallo studio idraulico:*

- *Allargamento dell'alveo nel tronco compreso fra le sezioni 123 e 124 portando la larghezza della sezione misurata alla sommità dei muri spondali a 11 m. L'allargamento potrà avvenire in sponda destra, a spese di una fascia di territorio attualmente occupata da aree di deposito e in parte da manufatti, alcuni apparentemente dismessi. Tale intervento prevede la realizzazione di una paratia di micropali.*