

# Ministero della Cultura

**SOPRINTENDENZA ABAP per le province di Pisa e Livorno**

Lungarno Pacinotti, 46, 56126 Pisa PEC. sabap-pi@pec.cultura.gov.it



## INTERVENTO

**SAN GIULIANO TERME - PISA | Acquedotto mediceo**  
**Lavori di messa in sicurezza e restauro tratto urbano ed extraurbano**

## FINANZIAMENTO

Finanziamento MiBACT Programmazione finanziata ai sensi dell'articolo 1, commi 9 e 10, della legge 23 dicembre 2014, n. 190 (legge di stabilità 2015) annualità 2019 e 2020 cap 8099/1 Euro 3.200.000,00

## STAZIONE APPALTANTE

**Soprintendenza ABAP per le province di Pisa e Livorno**

## LIVELLO

**PROGETTO ESECUTIVO**

## ELABORATO

**MANUALE D'USO**

## CODICE ELABORATO

**PE-PM-23-MUS**

## SOPRINTENDENTE

dr. arch. VALERIO TESI

## RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

dr. arch. VALERIO TESI

## PROGETTISTI

FRANCESCHI GERMANI architetti associati  
ingegneri associati TALINI & VENTURI

## COORDINATORE PER LA SICUREZZA

dr. arch. EMANUELA MOLLIKA

## RILIEVO DIGITALE E FOTOGRAMMETRICO

dr. arch. FRANCESCO TIOLI

## INDAGINI DIAGNOSTICHE STRUTTURALI

geom. SILVIO OLIVERIO (SurveyItalia srl)

## RELAZIONE GEOLOGICA E INDAGINI GEOGNOSTICHE

dr. ERALDO SANTARNECCHI

## REVISIONE

## DATA REVISIONE

## AGGIORNAMENTI

0

MARZO 2024

EMISSIONE

## Indice Manuale d'Uso

<b>Premessa</b>	<b>2</b>
<b>Progetto</b>	<b>2</b>
<b>Elenco de Corpi d'Opera</b>	<b>3</b>
<b>Corpo d'Opera: 01 Consolidamento e Restauro dei materiali e delle strutture costitutivi l'Acquedotto mediceo di Pisa</b>	<b>3</b>
<b>Unità Tecnologiche: 01.01 Restauro</b>	<b>4</b>
01.01.01 Muratura in pietra calcarea e muratura mista di pietra calcarea e laterizio	4
<b>Unità Tecnologiche: 01.02 Consolidamento</b>	<b>5</b>
01.02.01 Muratura in pietra calcarea e muratura mista di pietra calcarea e laterizio	5
<b>Unità Tecnologiche: 01.03 Rivestimenti esterni</b>	<b>6</b>
01.03.01 Rivestimenti lapidei - Copertine in ecopietra	7
01.03.02 Rivestimenti lapidei - Copertine in laterizio	7
<b>Unità Tecnologiche: 01.04 Interventi su strutture esistenti</b>	<b>8</b>
01.04.01 Sperone esterno in acciaio	9

# Manuale d'Uso

## Premessa

Il progetto di restauro dell'acquedotto mediceo, così come è stato promosso dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio delle province di Pisa e Livorno comprende:

1. l'intervento di conservazione delle superfici lapidee dell'acquedotto;
2. l'analisi del quadro fessurativo generale, la sua analisi ed il conseguente consolidamento statico della struttura.

L'intervento di conservazione sulle superfici del paramento murario è motivato dal suo generale stato di conservazione.

Il consolidamento strutturale è invece dettato dall'analisi del quadro fessurativo e deformativo: il cattivo stato di conservazione di alcuni elementi e fenomeni di cedimenti in fondazione, determinati, fondamentalmente dalla natura del terreno, sono stati riconosciuti come le cause che hanno determinato il quadro fessurativo e deformativo.

## Progetto

### **Analisi del quadro fessurativo ed indicazioni degli interventi di consolidamento strutturale**

Gli interventi proposti sono stati progettati per arrestare i meccanismi di cedimento in atto in modo da cristallizzare la situazione allo stato attuale. Pertanto gli interventi di consolidamento non prevedono il ripristino di capacità funzionali del manufatto tali da consentire il passaggio dell'acqua, bensì si basano sull'ipotesi di conservare l'attuale destinazione del manufatto, classificabile come monumento.

La descrizione dei modelli strutturali adottati, l'interpretazione del quadro fessurativo, l'analisi dei risultati delle indagini diagnostiche, la simulazione analitica del comportamento statico dell'acquedotto e la descrizione degli interventi di consolidamento vengono meglio illustrate negli elaborati **Relazione Tecnico illustrativa [PE-RS-10-RTI]**; **Relazione Verifica Sismica [PE-RS-07-RVS]**; **Relazioni di Calcolo [PE-RS-08-RCL]**.

### **Interventi sulle superfici lapidee**

Il progetto prevede di intervenire sul trattamento dei diversi litotipi classificati mediante le usuali e collaudate fasi di disinfestazione, pulitura, consolidamento, stuccatura e protezione.

Preme mettere in luce che la particolare natura dei litoidi impiegati, presente in unico tipo (calcare del monte pisano) ma in diverse varietà, e la natura del degrado richiedono la messa in atto di specifiche cautele e procedure.

Il progetto prevede infatti una operazione di pulitura strutturata in fasi distinte e successive. Al fine di rimuovere il solo deposito superficiale incoerente si provvederà ad una preliminare pulitura, manuale a secco. Un successivo lavaggio con acqua nebulizzata sarà mirato alla

rimozione dei depositi più aderenti; la presenza di acqua favorirà il rinvigorismento delle patine biologiche e delle vegetazione infestante così da agevolare l'efficacia delle successive applicazioni del trattamento biocida.

Si fa notare che sono previsti distinti trattamenti con biocida in relazione all'intensità dell'attacco biologico. Sarà eseguito un trattamento tramite applicazione a spruzzo o a pennello per le patine biologiche, seguito da un lavaggio con acqua nebulizzata deionizzata. Un trattamento a spruzzo per la vegetazione superiore di tipo ruderale ed una applicazione ad iniezione o ad impacco previo taglio al colletto, per la vegetazione vascolare superiore (arbusti).

Il ricorso all'operazione di pulitura con microaeroabrasivatura a bassa pressione sarà indicato solo per la rimozione dei depositi superficiali particolarmente coerenti.

Sarà, viceversa, prevista la rimozione di tutte le stuccature cementizie.

In caso di fratture degli elementi componenti il paramento murario e di sollevamento di scaglie la riadesione delle parti distaccate avverrà mediante l'ausilio di resina epossidica e l'eventuale inserimento di microperni. Il consolidamento in profondità avverrà mediante iniezioni di maltine di calce idraulica. Il consolidamento corticale, da realizzarsi a pennello(e/o a spruzzo), è previsto per i soli elementi che presentano estesi fenomeni di disgregazione.

Per evitare i ristagni di acqua si provvederà alla stuccatura delle discontinuità presenti sulla superficie del paramento secondo modalità differenti per le fratture, i giunti e le mancanze.

Sarà obbiettivo del progetto: limitare l'assorbimento d'acqua del paramento eventualmente favorendone l'allontanamento con opportuni sguinci delle stuccature; garantire la leggibilità dell'intervento attraverso un preciso sottosquadro delle riprese; salvaguardare l'integrità cromatica del manufatto con una selezione della pigmentazione dei materiali impiegati per le riprese.

Il trattamento finale del paramento murario prevede l'applicazione di un protettivo con funzioni bioinibitorie e di un prodotto idrorepellente.

Nell'ambito degli interventi previsti per la conservazione dell'acquedotto il progetto di restauro prevede il 'riordino' della muratura di cresta e la chiusura della canaletta sommate con la messa in opera di una lastra di copertura in copipetra.

Per la descrizione puntuale degli interventi di conservazione e restauro si rimanda a quanto indicato nell'elaborato 'Relazione Tecnica Illustrativa' identificato con il codice **[PE-RS-10-RTI]**.

## **Elenco de Corpi d'Opera**

### 0.1 Consolidamento e Restauro dell'Acquedotto mediceo di Pisa

## **Corpo d'Opera: 01 Consolidamento e Restauro dei materiali e delle strutture costitutivi l'Acquedotto mediceo di Pisa**

Unità Tecnologiche

01.01 Restauro

01.02 Consolidamento e Rinforzo

01.03 Rivestimenti esterni

01.04 Interventi su strutture esistenti

## Unità Tecnologiche: 01.01 Restauro

Il Restauro può definirsi come una serie di attività, operazioni coerenti, coordinate e programmate che hanno per fine la conservazione, l'integrità materiale ed il recupero del patrimonio storico, artistico, architettonico ed ambientale in cui si riconosce un valore che si attua nel rispetto delle metodologie e criteri condivisi e diffusi attraverso norme, leggi vigenti e le carte internazionali del restauro. La manutenzione legata al restauro rappresenta quel complesso di attività e di interventi destinati al controllo del bene culturale e al mantenimento dell'integrità, dell'efficienza funzionale e dell'identità del bene e delle sue parti.

### L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili

01.01.01 Muratura in pietra calcarea e muratura mista di pietra calcarea e laterizio

#### 01.01.01 Muratura in pietra calcarea e muratura mista di pietra calcarea e laterizio

##### Elemento Manutenibile

Si tratta di murature realizzate da materiali diversi quali:

- pietra calcarea locale (estratta dal monte pisano) di differente varietà, pezzatura, colore e lavorazione;
- laterizio per la parte apicale; come elemento di riempimento (zeppe) fra i conci di pietra; in corsi regolari alternati ai corsi in pietra;
- sporadici elementi in arenaria.

##### Modalità di uso corretto

I fenomeni di degrado sono per la maggior parte legati alla presenza di anomalie legate principalmente al ruscellamento delle acque meteoriche e a fenomeni di corrosione per effetto di processi chimici legati alla presenza di acqua e all'azione meccanica di particelle trasportate dal vento con accumulo di materiali estranei di varia natura, quali ad esempio, polveri, terriccio, guano, con spessore variabile e, generalmente scarsa coerenza ed adesione al materiale sottostante.

L'utente dovrà soltanto accertarsi della comparsa di eventuali anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.

##### ANOMALIE RISCONTRABILI

- 01.01.01. A01 Alveolizzazione
- 01.01.01. A02 Alterazione Cromatica
- 01.01.01. A03 Concrezione
- 01.01.01. A04 Crosta
- 01.01.01. A05 Deposito superficiale
- 01.01.01. A06 Disgregazione
- 01.01.01. A07 Distacco
- 01.01.01. A08 Efflorescenza salina
- 01.01.01. A09 Erosione
- 01.01.01. A10 Esfoliazione
- 01.01.01. A11 Frattura
- 01.01.01. A12 Macchia (e graffito)

- 01.01.01. A13 Mancanza
- 01.01.01. A14 Patina biologica
- 01.01.01. A15 Penetrazione di umidità
- 01.01.01. A16 Polverizzazione
- 01.01.01. A17 Vegetazione superiore

## **CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE**

### **01.01.01. C01 Controllo generale**

**Cadenza:** ogni 2 anni

**Tipologia:** controllo a vista

Controllo dello strato superficiale ed in particolare dei rivestimenti in pietra. Verificare l'assenza di eventuali anomalie. In caso di dissesti verificarne l'origine, l'entità e il l'opera di consolidamento da effettuarsi.

- Requisiti da verificare: 1) permeabilità all'aria; 2) regolarità delle finiture; 3) resistenza meccanica; 4) tenuta all'acqua.
- Anomalie riscontrabili: vedi elenco.

## **Unità Tecnologiche: 01.02 Consolidamento**

Per consolidamento s'intendono quegli interventi, tecniche tradizionali o moderne di restauro statico eseguite su opere o manufatti che presentano problematiche di tipo statico, da definirsi dopo necessarie indagini storiche, morfologiche e statiche, relative all'oggetto d'intervento e che vanno ad impedire ulteriori alterazioni dell'equilibrio statico tale da compromettere l'integrità del manufatto. La disponibilità di soluzioni tecniche diverse e appropriate sono sottoposte in fase di diagnosi e progetto da tecnici competenti e specializzati del settore.

### **L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili**

01.02.01 Muratura in pietra calcarea e muratura mista di pietra calcarea e laterizio

### **01.02.01 Muratura in pietra calcarea e muratura mista di pietra calcarea e laterizio**

#### **Elemento Mantenibile**

Si tratta di murature realizzate da materiali diversi quali:

- pietra calcarea locale (estratta dal monte pisano) di differente varietà, pezzatura, colore e lavorazione;
- laterizio per la parte apicale; come elemento di riempimento (zeppe) fra i conci di pietra; in corsi regolari alternati ai corsi in pietra;
- sporadici elementi in arenaria.

#### **Modalità di uso corretto**

Effettuare controlli visivi per verificare lo stato della muratura e la presenza di eventuali anomalie.

### **ANOMALIE RISCONTRABILI**

01.02.01. A01 Erosione/Disgregazione giunti di malta

- 01.02.01. A02 Caduta di materiale
- 01.02.01. A03 Dislocazione di elemento
- 01.02.01. A04 Frattura
- 01.02.01. A05 Fuoripiombo
- 01.02.01. A06 Lesione
- 01.02.01. A07 Mancanza
- 01.02.01. A08 Spanciamento
- 01.02.01. A09 Vegetazione superiore

## **CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE**

### **01.02.01. C01 Controllo giunti di malta**

**Cadenza:** ogni 2 anni

**Tipologia:** controllo a vista

Controllo dello stato di conservazione dei giunti e dell'integrità degli elementi.

- Requisiti da verificare: 1) Regolarità delle finiture; 2) Resistenza agli agenti aggressivi; 3) Resistenza agli attacchi biologici; 4) tenuta all'acqua.
- Anomalie riscontrabili: 1) Disgregazione/Erosione; 3) Mancanza; 4) Presenza di vegetazione.

### **01.02.01. C02 Controllo superfici**

**Cadenza:** ogni 2 anni

**Tipologia:** controllo a vista

Controllo dello stato superficiale degli elementi (lapidei e fittili) componenti il paramento murario. In caso di dissesti verificarne l'origine, l'entità e il l'opera di consolidamento da effettuarsi. Affinché tali controlli risultino efficaci sarà necessario affidarsi a personale tecnico con esperienza.

- Requisiti da verificare: 1) Regolarità delle finiture; 2) Resistenza meccanica; 3) Tenuta all'acqua.
- Anomalie riscontrabili: 1) Dislocazione di elementi; 2) Erosione profonda; 3) Fuoripiombo; 4) Lesione; 4) Mancanza; 6) Spanciamento.

## **Unità Tecnologiche: 01.03 Rivestimenti esterni**

Si tratta di strati funzionali, facenti parte delle chiusure verticali, la cui funzione principale è quella di proteggere il sistema di chiusura dalle sollecitazioni esterne degli edifici e dagli agenti atmosferici nonché di assicurarli un aspetto uniforme ed ornamentale.

### **L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili**

- 01.03.01 Rivestimenti lapidei - Copertine in ecopietra
- 01.03.02 Rivestimenti lapidei - Copertine in laterizio

### 01.03.01 Rivestimenti lapidei - Copertine in ecopietra

#### Elemento Manutenibile

Rivestimento costituito da lastre singole (60x60 cm sp.2 cm) la cui posa avviene in modo indipendente l'una dall'altra.

#### Modalità di uso corretto

Controllare periodicamente l'integrità delle superfici del rivestimento attraverso valutazioni visive mirate a riscontrare anomalie evidenti. Affinché tali controlli risultino efficaci sarà necessario affidarsi a personale tecnico con esperienza.

#### ANOMALIE RISCONTRABILI

- 01.03.01. A01 Degrado sigillante
- 01.03.01. A02 Deposito superficiale
- 01.03.01. A03 Dislocazione di elementi
- 01.03.01. A04 Mancanza
- 01.03.01. A05 Patina biologica
- 01.03.01. A06 Rottura di elementi
- 01.03.01. A07 Scheggiatura

#### CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE

##### 01.03.01. C01 Controllo generale delle parti a vista

**Cadenza:** ogni 12 mesi

**Tipologia:** controllo a vista

Controllo dello stato di conservazione delle finiture e verifica del grado di usura o di erosione delle parti in vista ed in particolare dei sistemi di ancoraggio. Controllare l'uniformità dell'aspetto cromatico delle superfici. Riscontro di eventuali anomalie (depositi, macchie, graffi, presenza di vegetazione, efflorescenze, microfessurazioni ecc.).

- Requisiti da verificare: 1) Regolarità delle finiture; 4) tenuta all'acqua.
- Anomalie riscontrabili: vedi elenco

### 01.03.02 Rivestimenti lapidei - Copertine in laterizio

#### Elemento Manutenibile

I laterizi impiegati come elementi da rivestimento in vista dovranno essere esenti da difetti quali scagliature o alterazioni cromatiche. Essi possono assumere formati e spessori diversi a secondo del loro utilizzo. Possono essere con superficie liscia, scabra o sabbiata ed avere colorazioni diverse. Importante per i rivestimenti in laterizio è la messa in opera. Particolare cura dovrà essere rivolta al regolare allineamento degli elementi, allo spessore dei giunti orizzontali e verticali che dovranno rispettare i requisiti di tenuta all'acqua e di resistenza al gelo.

#### Modalità di uso corretto

Controllare periodicamente l'integrità delle superfici del rivestimento attraverso valutazioni visive mirate a riscontrare anomalie evidenti. Affinché tali controlli risultino efficaci sarà necessario affidarsi a personale tecnico con esperienza.



## **ANOMALIE RISCONTRABILI**

- 01.03.02. A01 Alveolizzazione
- 01.03.02. A02 Alterazione Cromatica
- 01.03.02. A03 Cavillature superficiali
- 01.03.02. A04 Crosta
- 01.03.02. A05 Deposito superficiale
- 01.03.02. A06 Disgregazione
- 01.03.02. A07 Distacco
- 01.03.02. A08 Efflorescenza salina
- 01.03.02. A09 Erosione
- 01.03.02. A10 Esfoliazione
- 01.03.02. A11 Frattura
- 01.03.02. A12 Macchia (e graffito)
- 01.03.02. A13 Mancanza
- 01.03.02. A14 Patina biologica
- 01.03.02. A15 Penetrazione di umidità
- 01.03.02. A16 Polverizzazione
- 01.03.02. A17 Scagliatura/Scheggiatura
- 01.03.02. A18 Vegetazione superiore

## **CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE**

### **01.03.02. C01 Controllo generale delle parti a vista**

**Cadenza:** ogni 12 mesi

**Tipologia:** controllo a vista

Controllo dello stato di conservazione delle finiture e verifica del grado di usura o di erosione delle parti in vista ed in particolare dei sistemi di ancoraggio. Controllare l'uniformità dell'aspetto cromatico delle superfici. Risccontro di eventuali anomalie (depositi, macchie, graffiti, presenza di vegetazione, efflorescenze, microfessurazioni ecc.).

- Requisiti da verificare: 1) Regolarità delle finiture; 4) tenuta all'acqua.
- Anomalie riscontrabili: vedi elenco

## **Unità Tecnologiche: 01.04 Interventi su strutture esistenti**

Gli interventi sulle strutture esistenti, rappresentano tutti le opere di consolidamento e rinforzo esterne alle strutture esistenti, attraverso le quali avviene il ripristino delle condizioni di sicurezza delle stesse nel rispetto della normativa vigente. Tali interventi possono avere come finalità:

- di riportare gli elementi strutturali alla situazione iniziale di capacità resistente;
- di rafforzare gli elementi strutturali per cambiamento di destinazione d'uso, per adeguamento alle normative sismiche, per rafforzare gli elementi strutturali per mutate condizioni statiche ecc.

Prima di ogni intervento è opportuno avere un quadro conoscitivo completo delle strutture. In particolare avviare un processo diagnostico per una valutazione dello stato di salute della struttura. Il grado di approfondimento e le metodologie più adeguate andranno ogni volta

misurate sulla base delle destinazioni d'uso dell'organismo strutturale in esame e delle sue tipologie e schemi strutturali-statici.

### **L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili**

01.04.01 Sperone esterno in acciaio

#### **01.04.01 Sperone esterno in acciaio**

##### **Elemento Manutenibile**

Si tratta di rinforzi/presidi a scarpa di tipo 'passivo' realizzati in acciaio Cor-Ten in grado sia di assorbire eventuali azioni dinamiche orizzontali sia di contrastare il ribaltamento di porzioni di paramento.

##### **Modalità di uso corretto**

Non compromettere l'integrità delle pareti. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Ricontro di eventuali anomalie

##### **ANOMALIE RISCONTRABILI**

- 01.04.01. A01 Corrosione
- 01.04.01. A02 Deformazione
- 01.04.01. A03 Deformazioni e spostamenti
- 01.04.01. A04 Distacco
- 01.04.01. A05 Imbozzamento
- 01.04.01. A06 Snervamento

##### **CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE**

##### **01.04.01. C01 Controllo generale delle parti a vista**

**Cadenza:** ogni 12 mesi

**Tipologia:** controllo a vista

Controllo dello stato di conservazione delle finiture e verifica del grado di usura o di erosione delle parti in vista ed in particolare dei sistemi di ancoraggio. Controllare l'uniformità dell'aspetto cromatico delle superfici.

- Requisiti da verificare: 1) Regolarità delle finiture
- Anomalie riscontrabili: vedi elenco

Pisa, 11.03.2024

dr.arch. Stefania FRANCESCHI

dr.arch. Leonardo GERMANI