

---

COMMITTENTE

CITTA' DI  
VENEZIA



CITTA' DI VENEZIA  
DIREZIONE LAVORI PUBBLICI

IL RESP. DEL PROCEDIMENTO  
Arch. Alberto Chinellato

---

PROGETTISTA



**DUEBARRADUE**

— STUDI ASSOCIATI DI PROGETTAZIONE —

Sede legale - Marcon (VE) via delle industrie 2|2  
Sede operativa VENEZIA: via delle industrie 9 c/o VEGA, Venezia (VE)  
Sede operativa PADOVA: via Vittorio Emanuele II 2/a, Conselve (PD)  
T.0415101422 e-mail info@duebarradue.com P.I. 03831070275

*COPYRIGHT STUDIO DUEBARRADUE. Tutti i diritti sono riservati a norma di legge.*

ARCHITETTO EDOARDO GAMBA  
ARCHITETTO DAVIDE PESAVENTO  
INGEGNERE FILIPPO VOLTAN

---

PROGETTO

## PROGETTO ESECUTIVO

RIPRISTINO STRUTTURALE DEL PONTE LONGO  
A MURANO (C.I.14626).

---

TITOLO

## RELAZIONE GENERALE

TAVOLA N.

# T.E.01.R.RG\_R01

Scala: -  
Data: 10/2023  
Disegnato da: F.B.  
Plottato in data: -  
Commessa n. 1311/ 2022  
Nome File:T.E.01.R.RG\_R01.pdf

---

### REVISIONI

REV.	DATA	OGGETTO
00	03/2023	PRIMA EMISSIONE
01	10/2023	AGGIORNAMENTO ORGANIZZAZIONE CANTIERE
-	-- / ----	-----

## Sommario

PREMESSA.....	2
OGGETTO DELL'APPALTO .....	2
INQUADRAMENTO DEL'AREA D'INTERVENTO .....	3
IL CONTESTO URBANO PRG E VINCOLI.....	5
RICERCA STORICA – PRECEDENTI INTERVENTI.....	7
DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	8
Indagini eseguite .....	9
Analisi del degrado.....	11
Strutture di fondazione e terreno.....	14
Sottoservizi .....	17
Messa in sicurezza temporanea (intervento eseguito nel 2021).....	22
DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI INTERVENTI .....	23
Ponteggio di servizio.....	24
Consolidamento strutture esistenti.....	25
Messa in opera nuove travi principali .....	27
Consolidamento opere di fondazione .....	29
By-pass sottoservizi.....	30
Sottoservizi .....	31
Lavorazioni complementari non oggetto del presente appalto .....	31
TEMPI DI REALIZZAZIONE .....	32
ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE .....	33

## PREMESSA

L'obiettivo principale del progetto esecutivo è quello affinare il progetto definitivo e di individuare le opere e le lavorazioni necessarie per il ripristino strutturale del Ponte Longo di Murano.

Il progetto prevede il restauro delle quattro travi ad arco esistenti con trattamenti di ripristino delle sezioni portanti e degli strati protettivi superficiali eseguiti in opera e l'integrazione di tre nuove travi alle quali sarà affidata la quasi totalità dei carichi. Oltre agli interventi sulle strutture ad arco del ponte sono previsti anche consolidamenti delle opere di fondazione mediante l'esecuzione di nuovi micropali e la risagomatura posteriore del plinto.

## OGGETTO DELL'APPALTO

L'oggetto dell'appalto sono tutte le opere che interessano direttamente il ponte dalle sue opere di fondazione al recupero delle strutture portanti di acciaio, alle nuove strutture metalliche di rinforzo, alle sue finiture di legno dei gradini e dell'impalcato del ponte e pietra per i gradini di imbocco e infine al ripristino delle opere di illuminazione pubblica del ponte stesso.

Il progetto generale, oltre al ripristino strutturale del ponte, ha previsto altre lavorazioni interconnesse con quelle relative al ponte legate prevalentemente al mantenimento in funzione dei servizi collegati alle linee impiantistiche che attraversano il ponte e al mantenimento dei flussi pedonali anche a ponte chiuso. Tali opere direttamente interconnesse con il recupero strutturale del ponte non sono oggetto del presente appalto e possono essere brevemente riassunte nel seguente elenco:

- *Rimozione della pavimentazione di legno e dei parapetti di legno installati nel 2021.*
- *Realizzazione di passerelle di servizio e del ponte di barche che servono per non avere interruzioni per i flussi pedonali che devono attraversare il canal Grande di Murano.*
- *Rifacimento dell'impianto di illuminazione pubblica del ponte.*
- *Fornitura e posa di tutti i nuovi condotti per gli impianti sia sulle fondamenta sia sotto il ponte sia per il by pass provvisorio sia nella posizione definitiva.*

## INQUADRAMENTO DEL'AREA D'INTERVENTO

L'area di progetto è situata nel Comune di Venezia nell'isola di Murano.



Figura 1: Immagine da google earth ® vista prospettica



Figura 2: Immagine da google earth ® vista da ovest

Il ponte Longo insiste sul Canal Grande di Murano e collega le fondamenta Da Mula e dei Vetrai poste a sud, con le fondamenta Venier e Cavour a nord, e detiene un ruolo fondamentale nel sistema viario di Murano, in quanto unico collegamento tra le due maggiori isole.

Con riferimento al piano quotato Ramses prodotto da Insula SpA, la quota media di Fondamenta da Mula e Fondamenta Venier è di 110 cm ed è riferita allo zero mareografico di Punta Salute.



Figura 3: Immagine correlazione tra sistemi di riferimento IGM 1942 e ZMPS 1897

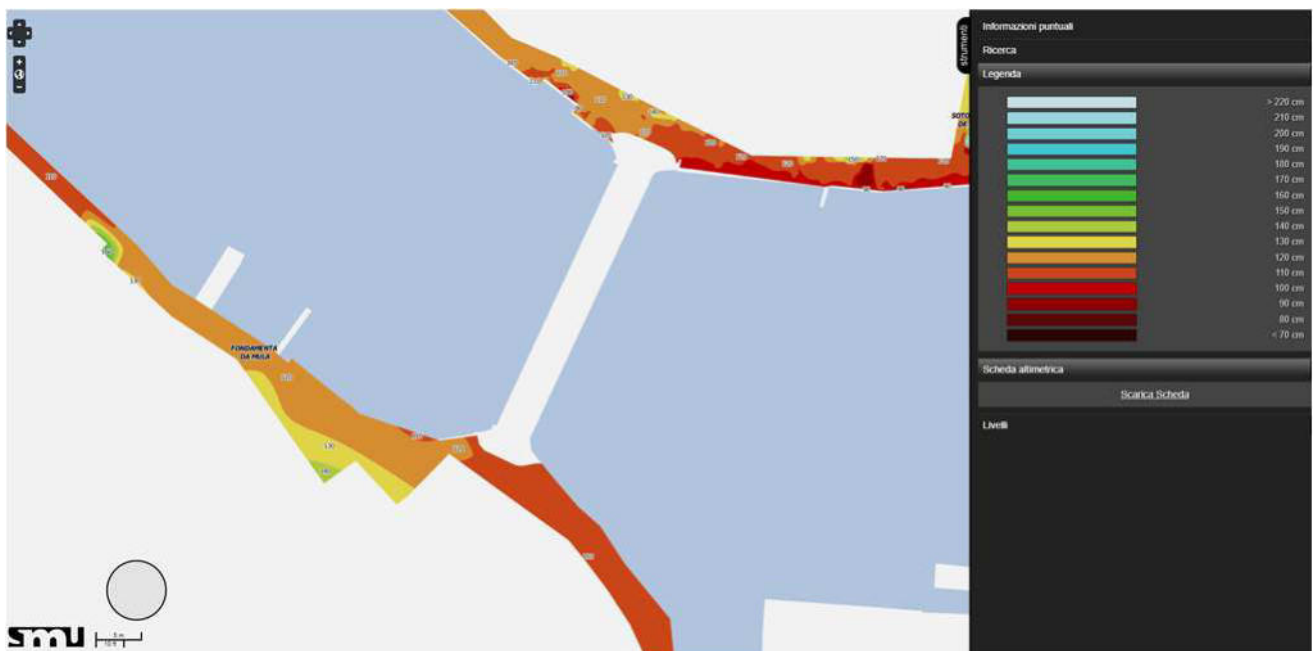
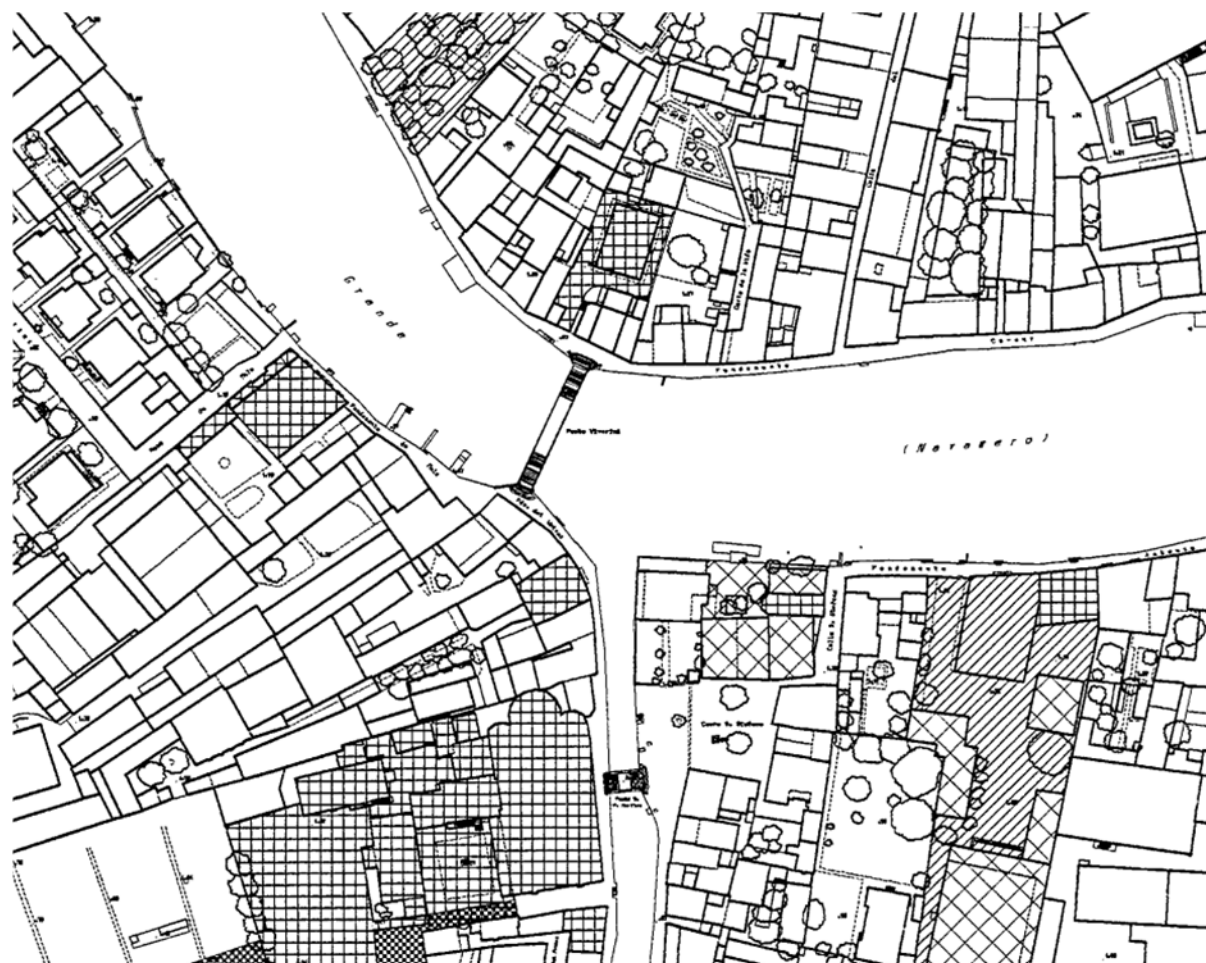


Figura 4 Mappa piano quotato estratta da Ramses



## IL CONTESTO URBANO PRG E VINCOLI

La mappa sotto riportata identifica le zone catastali secondo la variante al Piano regolatore Generale



### LEGENDA

AREE PER SERVIZI ESISTENTI	
	AREE PER L'ISTRUZIONE
	AREE PER PARCO, GIOCO, SPORT
	AREE PER ATTREZZATURE DI INTERESSE COMUNE
AMBITI DI DEFINIZIONE DELLE AREE PER SERVIZI DI PROGETTO	
	PROGETTO UNITARIO 3
	PIANO EDILIZIA ECONOMICA POPOLARE
	PIANO PARTICOLAREGGIATO 1
	PIANO PARTICOLAREGGIATO 2
	PIANO PARTICOLAREGGIATO 3
	NUOVI PERCORSI PUBBLICI
	AREA DI RISPETTO CIMITERIALE

Figura 5: Estratto da PRG (Murano)



Figura 6 VPRG Destinazioni

Il ponte e le Fondamenta su cui poggia ricadono in "percorsi e campi Antichi".

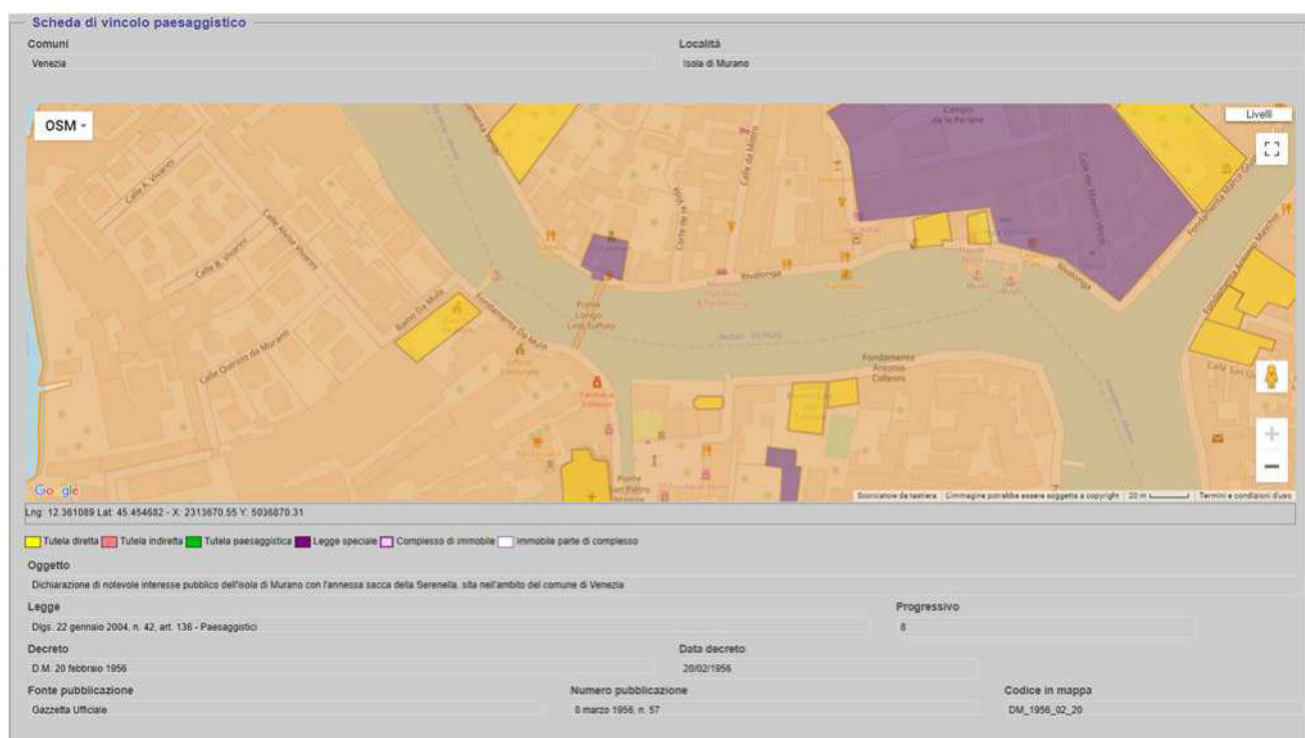


Figura 7 Carta dei vincoli

Dalla lettura degli elaborati grafici dei Beni culturali, si evince che l'area è soggetta ai seguenti vincoli:

- Vincolo Beni Paesaggistici – notevole interesse pubblico D.Lgs. 42/2004 art.136

## RICERCA STORICA – PRECEDENTI INTERVENTI

L'Amministrazione e il progetto definitivo hanno fornito dei dati storici di cui riportiamo alcuni estratti che aiutano a comprendere la natura del Ponte Longo di Murano.

Il metodo di costruzione con arcate di acciaio e piano di calpestio in legno, rimanda ai metodi impiegati a Venezia nell'Ottocento: esso risulta realizzato ad arcata unica a sesto ribassato di luce pari a 32 m, con una freccia di 3,56 m che determina un rapporto di ribassamento dell'arco pari a 1/8,9.

La struttura del ponte è lunga complessivamente 38,6 m, comprese le gradinate in trachite. La parte aggettante sul canale è lunga circa 32.6 m e larga 3,92 m ed è pavimentata in tavole di legno. Le due rampe di accesso in muratura poste sulle fondamenta con pianta trapezoidale di larghezza compresa tra 5,15 m e 3,92 m presentano pavimentate in trachite e pietra bianca.

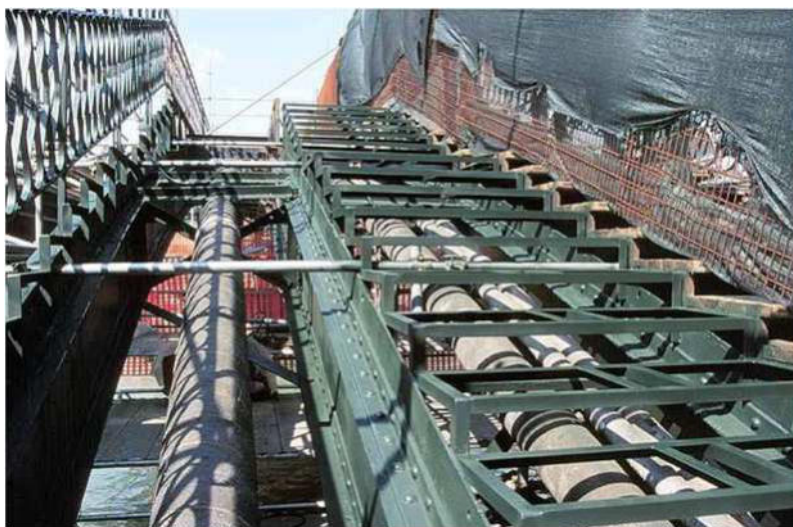
Dalla relazione di ricerca storica prodotta dallo Studio Associato Arcomai del dott. Davide Busato, redatta nel mese di ottobre 2022, è stato possibile determinare ulteriori informazioni in merito alle fondazioni su pali del ponte. In particolare, come si legge nella citata relazione sono stati infissi a ridosso delle mura della fondamenta n° 6 pali di lunghezza 5.20 m, alla base della fondazione furono infissi i seguenti pali di rovere numero 19 di metri 3 di coronella (lungo il perimetro), n° 12 di lunghezza 3 m, n° 12 di lunghezza 2.4 m e n° 15 di lunghezza 1.60 m per un totale di 58 pali. I pali di legno hanno diametro compreso tra 20 e 25 cm.

Nei primi anni ottanta del secolo scorso il ponte è stato oggetto di un intervento di rialzo finalizzato a consentire il transito dei mezzi di navigazione pubblica lungo il Canal Grande. Tale intervento lo ha portato all'attuale aspetto architettonico e sono ancora ben visibili sulle spalle in pietra del ponte i vecchi appoggi in ferro.

L'intervento avviato da Insula nel corso del 1999, aveva invece come obiettivo il completo restauro del manufatto in quanto sia le componenti strutturali che le sovrastrutture in acciaio a sostegno della pavimentazione lignea, manifestavano un degrado diffuso dovuto al ristagno dell'acqua e dell'umidità, degrado che si manifestava con fenomeni di corrosione lungo tutti i punti di giunzione delle varie componenti metalliche. Oltre ai segni di ossidazione presenti sull'intera struttura, si sono potute rilevare vaste aree interessate da esfoliazione con la conseguente riduzione delle sezioni originali ed estesi fenomeni di vaiolatura di dimensioni rilevanti, particolarmente accentuati – a seguito dell'aggressione marina – alle estremità dei quattro arconi, formanti la parte strutturale del ponte, in corrispondenza degli appoggi. L'intervento di restauro



ha comportato la sostituzione di piatti e profili in acciaio per una quantità di circa 4.062 kg, il rinforzo strutturale delle parti terminali degli arconi realizzato con l'impiego di elementi in acciaio inox AISI 316L, la idropulitura, spazzolatura meccanica e dipintura di tutte le superfici metalliche per una superficie complessiva pari a 625 mq e la sostituzione delle vecchie tavole in legno formanti il piano di calpestio, con delle nuove in legno di larice impregnate di lunghezza pari alla metà della sezione del ponte, al fine di consentire eventuali interventi di manutenzione ai sottoservizi o alla struttura del ponte e nel contempo garantire la viabilità pedonale.



**Figura 8 Foto intervento 1999 tratta dai Quaderni di Insula relativo all'intervento del 1999.**

## **DESCRIZIONE DELLE OPERE**

Nei mesi di aprile e maggio 2020 è stata condotta una campagna di indagini conoscitive sullo stato di conservazione delle strutture del ponte dalla ditta specializzata Geo-Controlli s.a.s.. nell'ambito di tali indagini sono stati eseguiti anche dei rilievi geometrici degli elementi strutturali del ponte.

La struttura portante è costituita da quattro archi ribassati di acciaio di sezione composta a doppio T, formata da un'anima in piatto di acciaio alto circa 90 cm e spesso 12 mm su cui sono fissati, mediante chiodi ribattuti a caldo e bulloni (in sostituzione di chiodi ammalorati), dei profili L 100x12 e 120x12 mm.

L'anima delle arcate si prolunga di 20 cm oltre i profili ad L per consentire il collegamento, mediante saldatura della sovrastruttura in profili di acciaio a L e a U, di appoggio al piano di calpestio.

Ogni arcata è costituita da 6 o 7 elementi uniti mediante chiodatura a caldo da piastre e profili angolari di acciaio. Alcune delle chiodature di unione, divenute inefficaci nel tempo per il degrado

da ossidazione, sono state sostituite con bullonature, parte delle quali pure manifestano lo stesso spinto degrado.

Sono stati pure sostituiti gli originari elementi di estremità delle arcate, collegati alle spalle d'imposta in calcestruzzo rivestito in elementi in pietra d'Istria, con altri in acciaio inox.

Sono poi presenti delle strutture di irrigidimento trasversali formate da croci in profilo L80x10 e dei piatti di controventamento inferiori in profilo piatto.

Sulla struttura principale è saldata la struttura secondaria in profili L 40x3 sulla quale poggia il piano di calpestio in tavole di legno di larice spessore 50 mm.

Le strutture di fondazione sono a plinto su pali, le indagini hanno permesso di determinare le dimensioni del plinto e la profondità dei pali però non hanno permesso di identificare la tipologia e la maglia dei pali di fondazione. I pali si intestano su un banco a profondità di circa 11 m dal piano delle fondamenta, tale dato risulta differente dai dati storici recuperati e pertanto in fase di lavori sarà oggetto di approfondimento come meglio descritto negli elaborati tecnici del progetto esecutivo.

Come si evince dalla relazione generale del progetto definitivo, redatta dall'ing. Ardizzone, le verifiche analitiche confermano che già con perdite di spessore, degli elementi resistenti, dell'ordine del 10%, le sollecitazioni agenti non sono più compatibili con la resistenza dei materiali. Nella citata relazione è specificato che le verifiche sono state condotte considerando, oltre al peso proprio delle strutture, un sovraccarico permanente di 0.50 kN/mq per quanto riguarda il tavolato di calpestio e la struttura portante dei gradini, di 0.25 kN/mq dovuto ai sottoservizi presenti e i carichi mobili previsti dalla vigente normativa per ponti pedonali corrispondenti allo *Schema di Carico 5* (folla compatta) avente intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5.00 kN/mq (NTC 17.01.2018 – Ponti: 5.1.3.3.3 Schemi di Carico).

Con tali valori le tensioni sull'acciaio sono superiori ai limiti ammissibili per l'acciaio, così come rilevati mediante le prove e i sondaggi svolti.

### Indagini eseguite

Oltre al rilievo topografico strumentale del ponte e alla determinazione della geometria dei profili che lo costituiscono, la ditta Geo-Controlli ha condotto le seguenti indagini (si riporta l'elenco estratto dalla relazione di Geocontrolli):

- *prove vibrazionali per la determinazione della tipologia delle strutture fondazionali; le prove, eseguite in più punti della fondazione hanno permesso di definire con buona attendibilità le*

dimensioni del plinto di fondazione che si estende in profondità per circa 2 m e in orizzontale per circa 3.5 metri; è stato, inoltre, rilevato che la lunghezza dei pali di fondazione è di circa 11 metri;

- *indagine dinamica sulla struttura ad arco del ponte allo scopo di rilevarne la frequenza fondamentale di vibrazione; tale prova ha consentito di verificare l'attendibilità del modello di calcolo adottato per le verifiche di sicurezza del ponte; il ponte alle sollecitazioni imposte presenta una frequenza fondamentale di 4,1 Hz con uno smorzamento pari a 0,03 e si segnala che sono state rilevate altri due picchi di frequenza a 7,6 e 12,1 Hz, le frequenze rilevate potranno essere confrontate in un eventuale risposta dinamica simulata con modello ad elementi finti;*
- *prelievo di carote sulle strutture in calcestruzzo delle fondazioni;*
- *prelievo di campioni dalla struttura in acciaio del ponte; le successive prove di laboratorio sui campioni prelevati hanno evidenziato una buona resistenza dell'acciaio con resistenza a rottura pari a circa 360 MPa;*
- *indagini geognostiche per la determinazione della stratigrafia dei terreni di fondazione; è stata definita la presenza di una lente di sabbia-limosa alla profondità di circa - 11 m, pertanto i pali sono correttamente intestati in tale strato portante;*
- *indagine sismica passiva per la determinazione le caratteristiche sismiche e stratigrafiche dell'area.*

Di seguito si riportano alcune immagini dello stato di fatto e dei rilievi eseguiti.

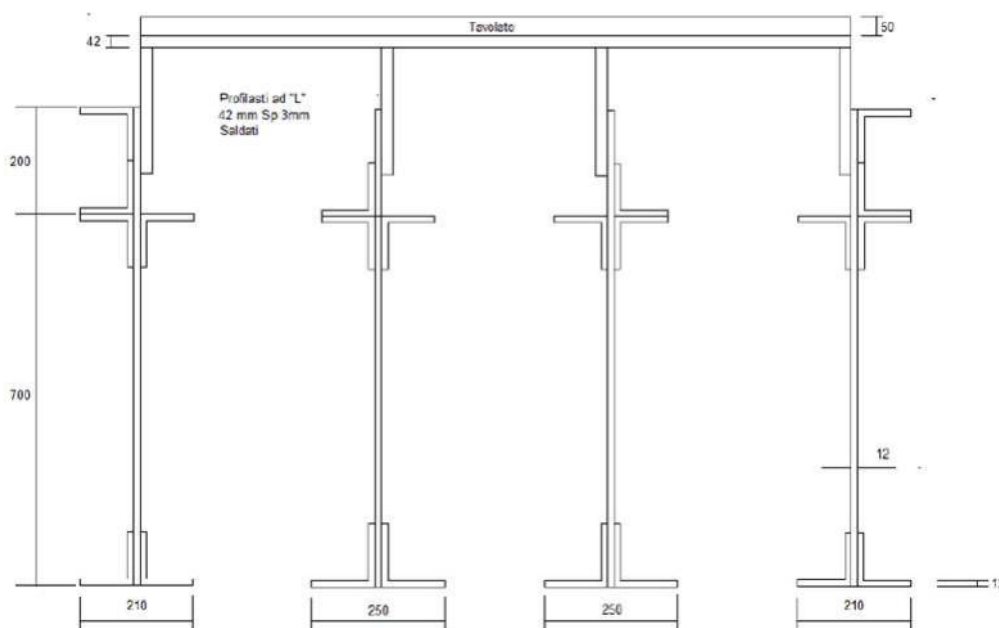


Figura 9 Rilievo geometrico estratto da elaborato Geo-Controlli

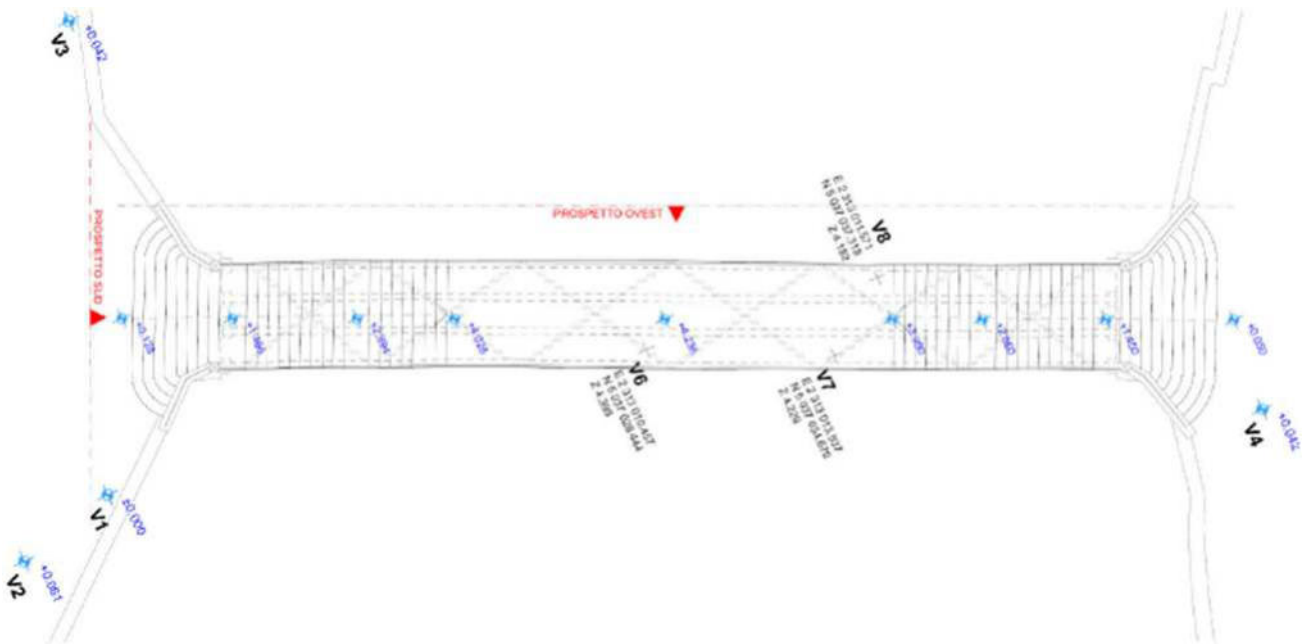


Figura 10 Planimetria del ponte

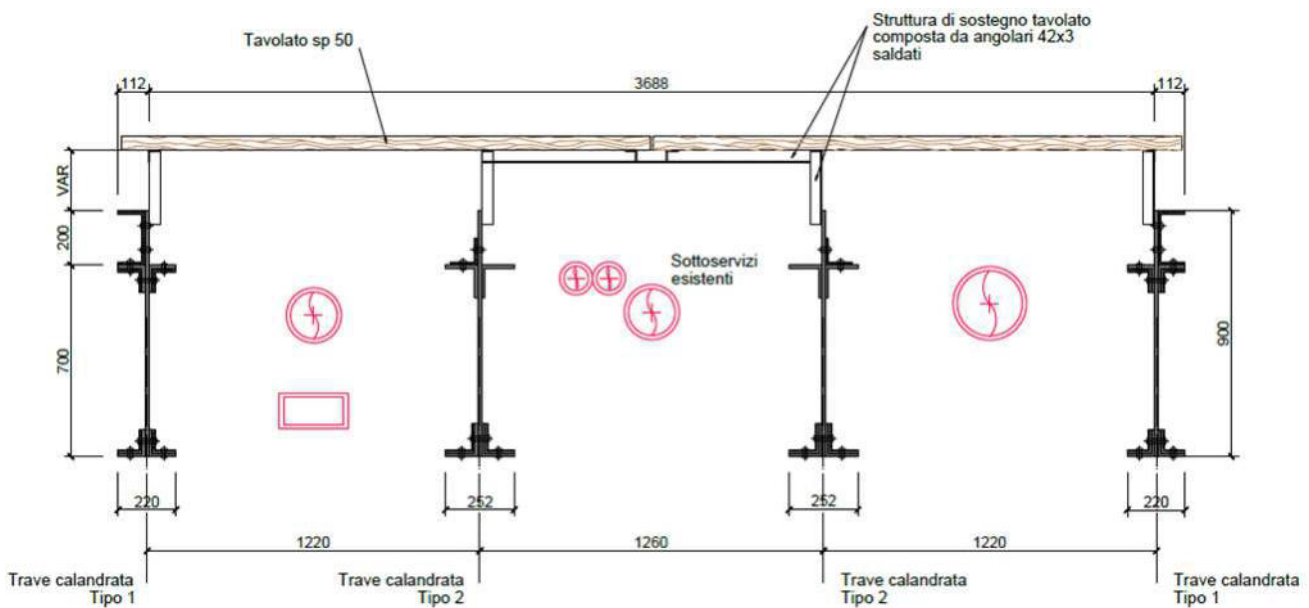


Figura 11 Sezione tipica dello stato di fatto con individuazione dei sottoservizi

### Analisi del degrado

L'ispezione visiva condotta da Geo-controlli finalizzata ad acquisire informazioni sullo stato di conservazione delle arcate di acciaio ha messo in evidenza fenomeni di ossidazione molto spinti con processi di esfoliazione delle superfici molto pronunciati.

In particolare gli elementi maggiormente attaccati sono le sovrastrutture a sostegno dei gradini, gli irrigidimenti trasversali, i controventi all'intradosso e le porzioni in sommità delle travi sia dell'anima sia le estremità libere dei profili ad L.



Detti processi sono dovuti, essenzialmente, all'ambiente salmastro in cui il ponte è installato, unitamente ai ristagni d'acqua nelle zone d'angolo e in corrispondenza agli accosti dei vari elementi che formano le strutture.

C'è anche da considerare che l'accoppiamento di elementi in acciaio, effettuato in epoche diverse, oppure di partite di differente fornitura sono caratterizzati da differenti percentuali di contenuti di carbonio, che hanno portato alla formazione di correnti galvaniche con la conseguente perdita di materiale per ossidazione da parte degli elementi di acciaio meno nobile. Si nota infatti che i profili di sostegno dei gradini e i nuovi bulloni inseriti in sostituzione di chiodi più vecchi sono forse gli elementi più attraccati e peggio conservati.

Si riporta della documentazione fotografica a corredo dell'ispezione eseguita.



**Figura 12 Croce di irrigidimento trasversale e croce di controventamento all'intradosso del ponte**



**Figura 13 Dettagli dello stato di ossidazione delle parti metalliche delle strutture secondarie a supporto dei gradini**



**Figura 14** Dettagli dell'appoggio delle travi principali



**Figura 15** Dettagli delle travi principali



**Figura 16** Dettagli dei giunti delle travi principali





Figura 17 Dettagli esfoliazione profili e corrosione bulloni di recente fattura



Figura 18 vista generale da sotto il ponte

### Strutture di fondazione e terreno

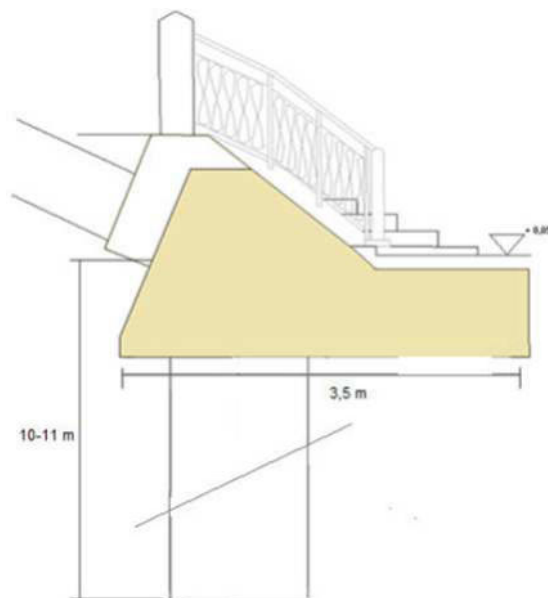
Come si evince dalla relazione della ditta Geo-Controlli la geometria delle fondazioni ed in particolare le dimissioni del plinto di fondazione è stata eseguita con la tecnica di indagine puntuale impact-echo che per le sue caratteristiche intrinseche una permette una elevata penetrazione risoluzione del mezzo da indagare.

Le prove sono state eseguite in più punti sopra fondazione ed hanno permesso di definire con

buona attendibilità le dimensioni del plinto. Il plinto di fondazione si estende in profondità per circa 2 m, in corrispondenza dell'attacco delle travi metalliche, e per circa 1 m nella zona più interna sulla Fondamenta. La larghezza complessiva è circa 4,60 m mentre l'estensione del plinto dal punto di appoggio delle travi è di circa 3.5 m.

L'indagine dinamica è stata eseguita in più punti permettendo di definire la lunghezza delle fondazioni profonde che si estendono sino a una profondità massima di 11 m dal piano zero di riferimento corrispondente alla quota del piano viabile delle fondamenta. Non è stato possibile, tuttavia, definire esattamente il numero dei pali presente sotto la fondazione superficiale e neppure la maglia dei pali stessi.

La profondità dei pali rilevata con le indagini risulta differente dai dati storici recuperati e pertanto in fase di lavori sarà oggetto di ulteriori indagini di approfondimento come meglio descritto negli elaborati tecnici del progetto esecutivo.



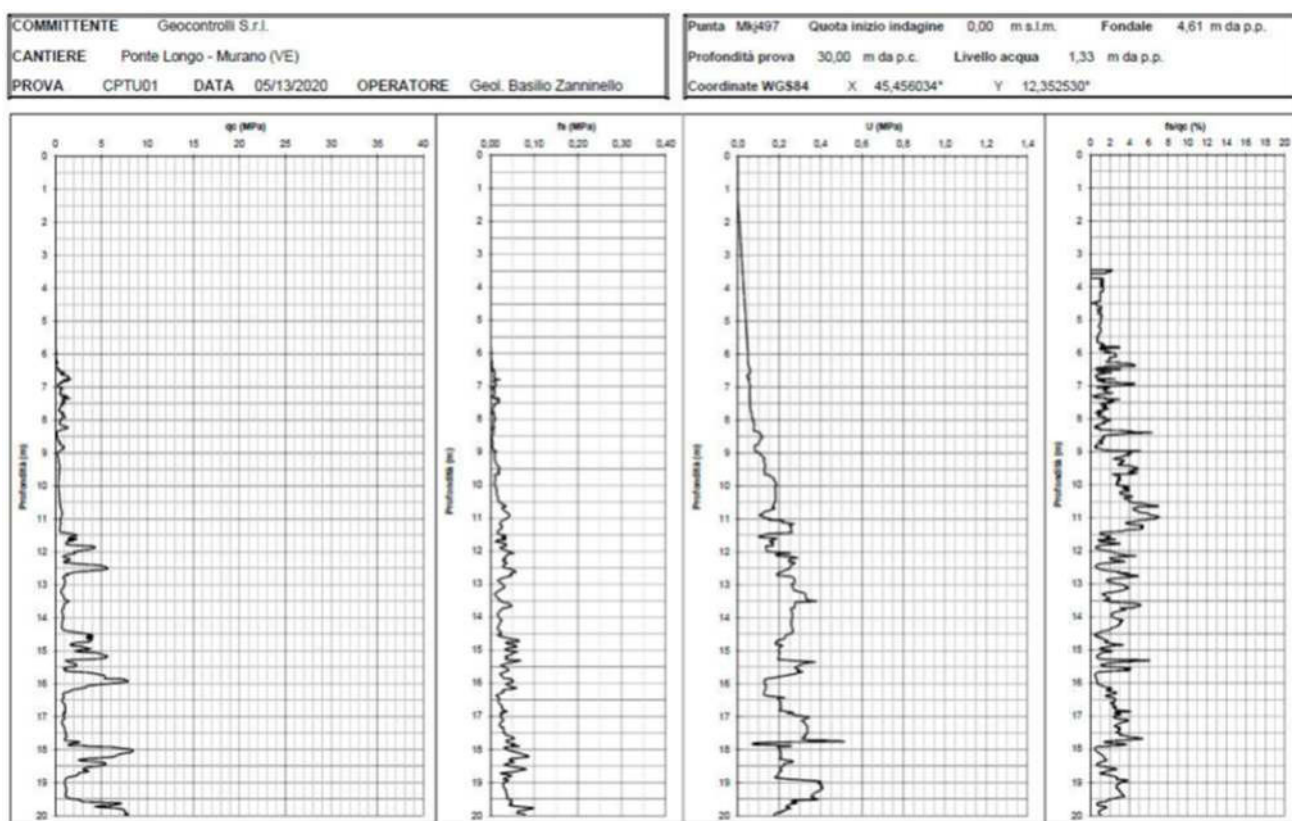
**Figura 19 Rappresentazione schematica della fondazione di calcestruzzo tratto da relazione Geo-Controlli**

Un altro dato interessante evinto dalla redazione di Geo-Controlli è legato alla velocità di propagazione delle onde acustiche, generate dalla tecnica ad impatto, nell'elemento di fondazione. In dettaglio in fase di elaborazione la velocità di propagazione nel mezzo è stata calcolata pari a 4000 m/s corrispondente ad una eccellente qualità del calcestruzzo. Si porta a tal proposito la tabella in cui è riportata la classificazione della qualità del materiale attraversato in relazione ai valori della velocità di propagazione nel mezzo.



QUALITA' CLS	VALORI MEDI DI VELOCITA'
ECCELLENTE	4000 m/s < Velocità rilevata > 4500 m/s
BUONA	3500 m/s < Velocità rilevata < 4000 m/s
DISCUTIBILE	3000 m/s < Velocità rilevata < 3500 m/s
SCADENTE	2000 m/s < Velocità rilevata < 3000 m/s
MOLTO SCADENTE	Velocità rilevata < 2000 m/s

Le indagini geotecniche eseguite dalla società GE Ground Engineering S.r.l. di Campolongo Maggiore (VE), sono consistite in una prova penetrometrica statica con piezocono CPTU. La prova è stata condotta da pontone e in prossimità della riva al lato fondamenta Venier ed è stata spinta fino a profondità di -35.5 m rispetto al piano del pontone.



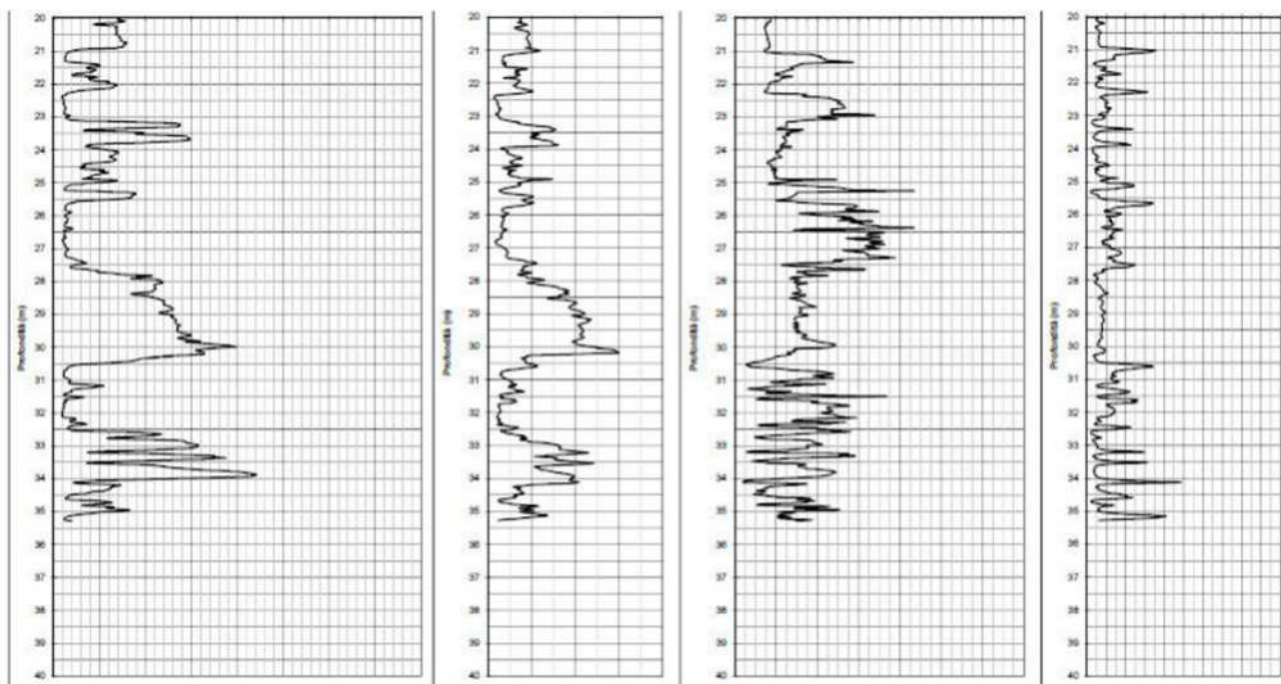


Figura 20 Estratto della prova CPTU

### Sottoservizi

Il ponte è attraversato dai seguenti sottoservizi:

- -n. 2 tubazioni  $\varnothing$  200 dell'adduzione idrica gestita dalla società Veritas;
- -n. 1 tubazione  $\varnothing$  250 della distribuzione del gas di città gestita da Italgas (lato ovest);
- n. 2 tubazioni  $\varnothing$  120 e una cassetta mm 250x130 di guida delle linee elettriche e telefoniche.

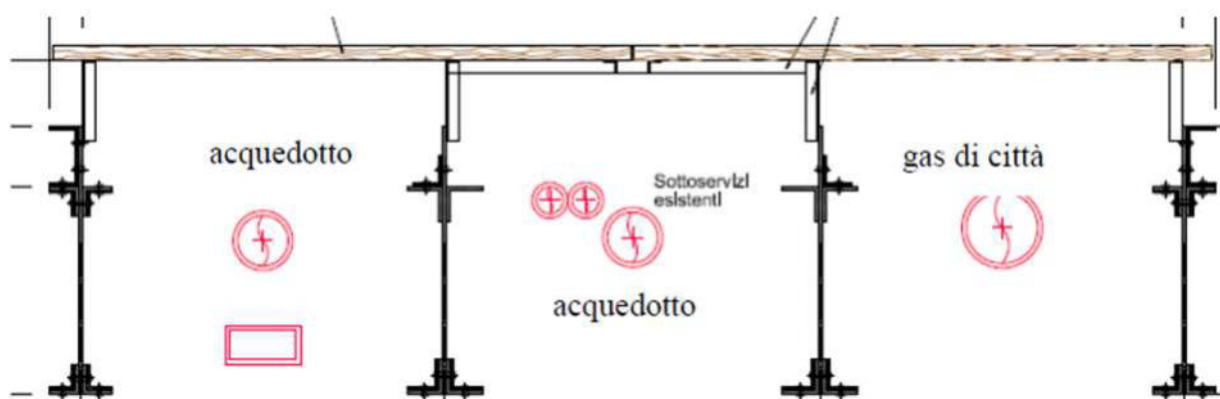


Figura 21 individuazione sottoservizi esistenti

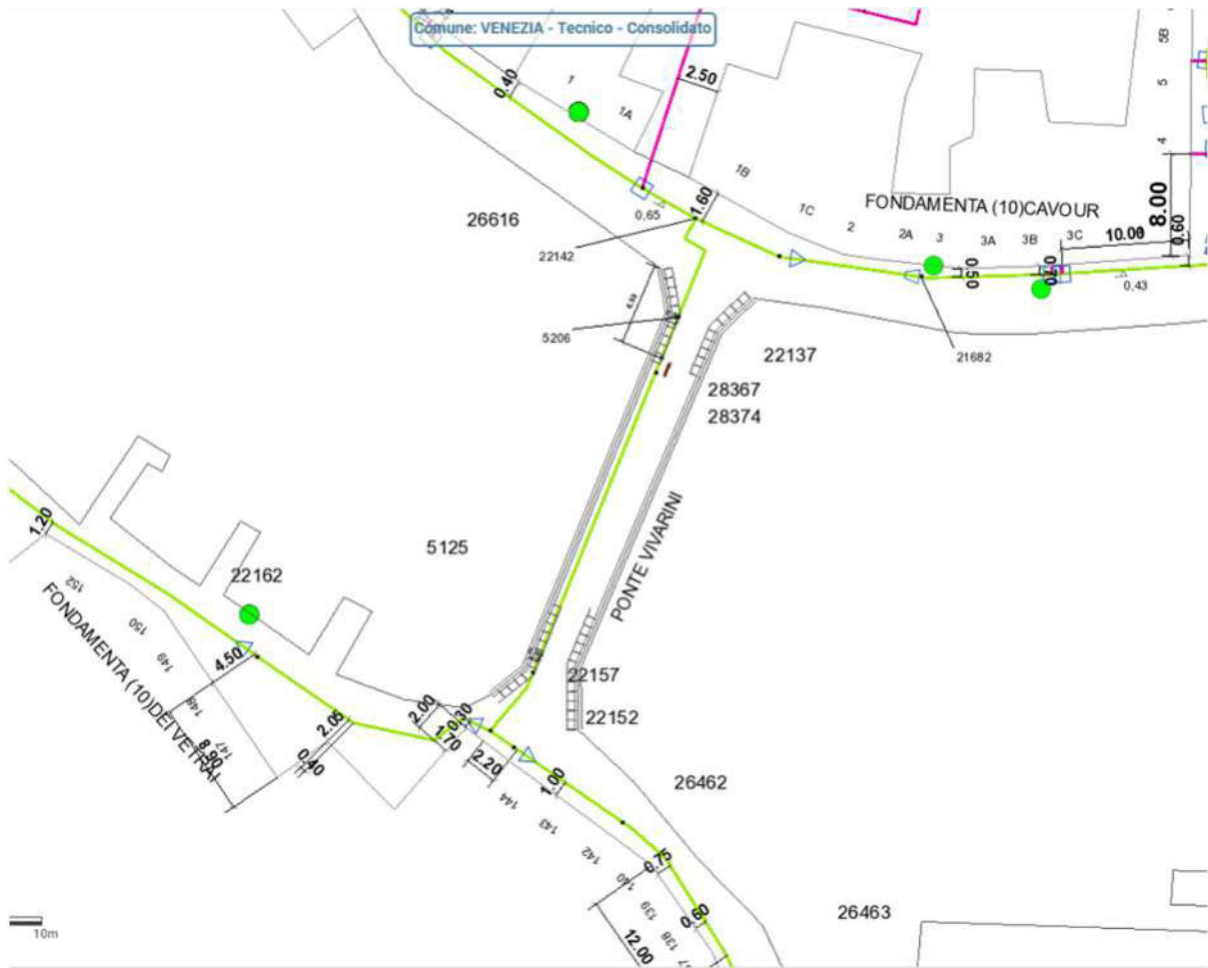


Figura 22 rete Italgas





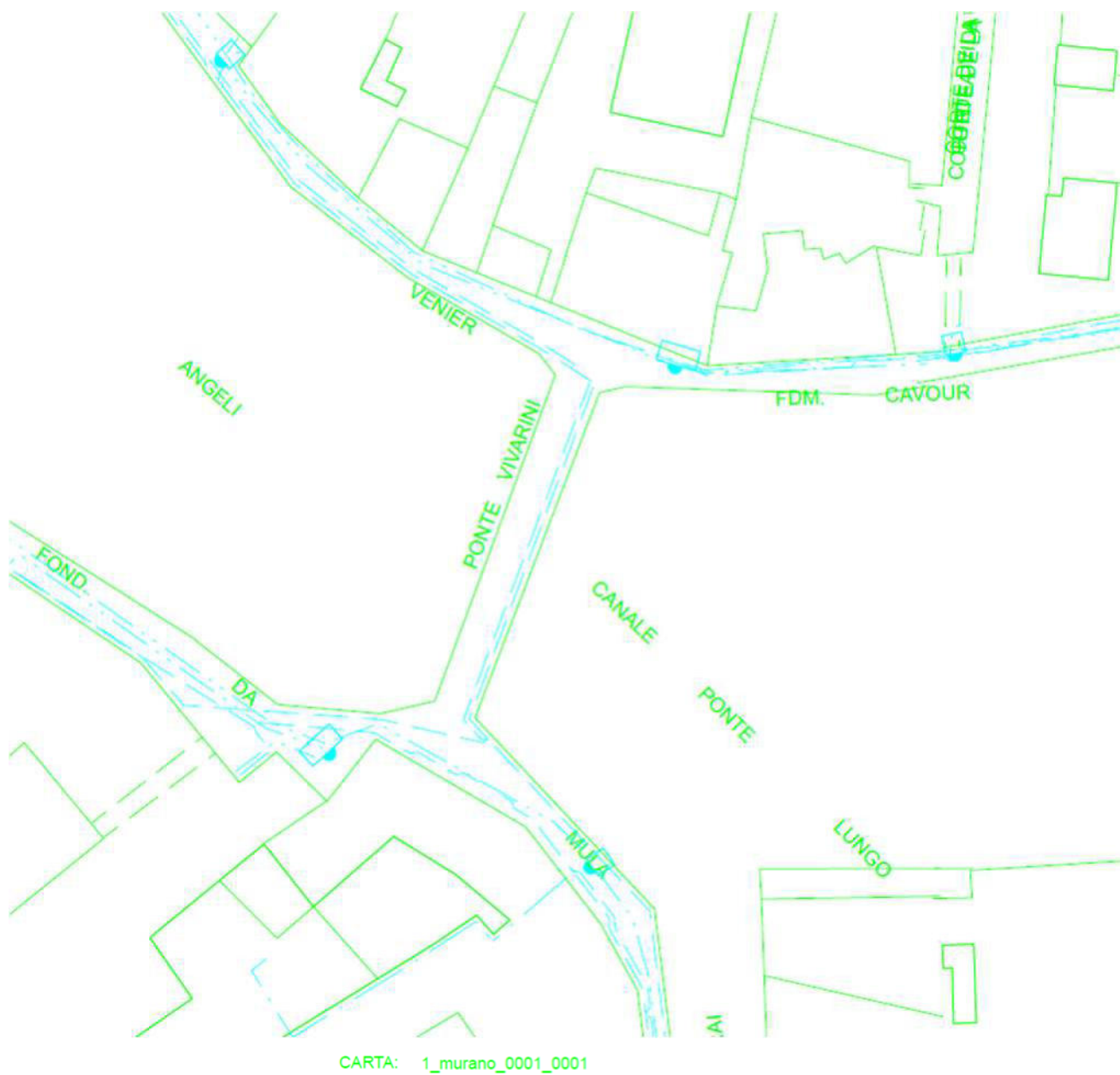
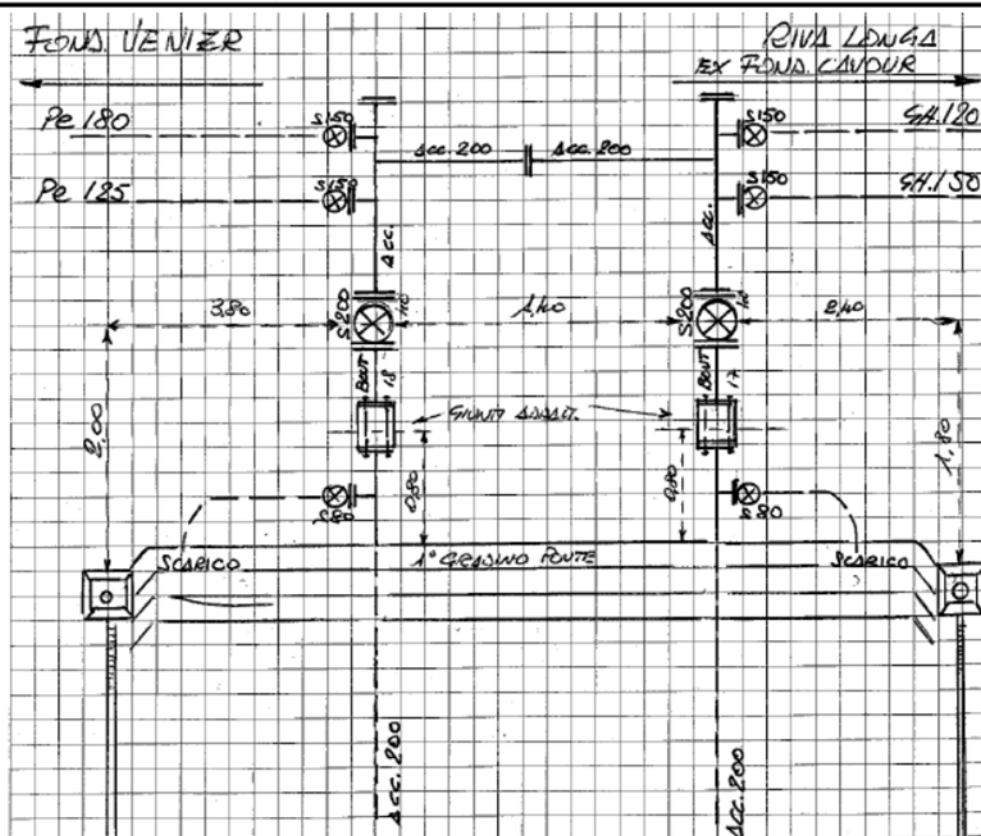
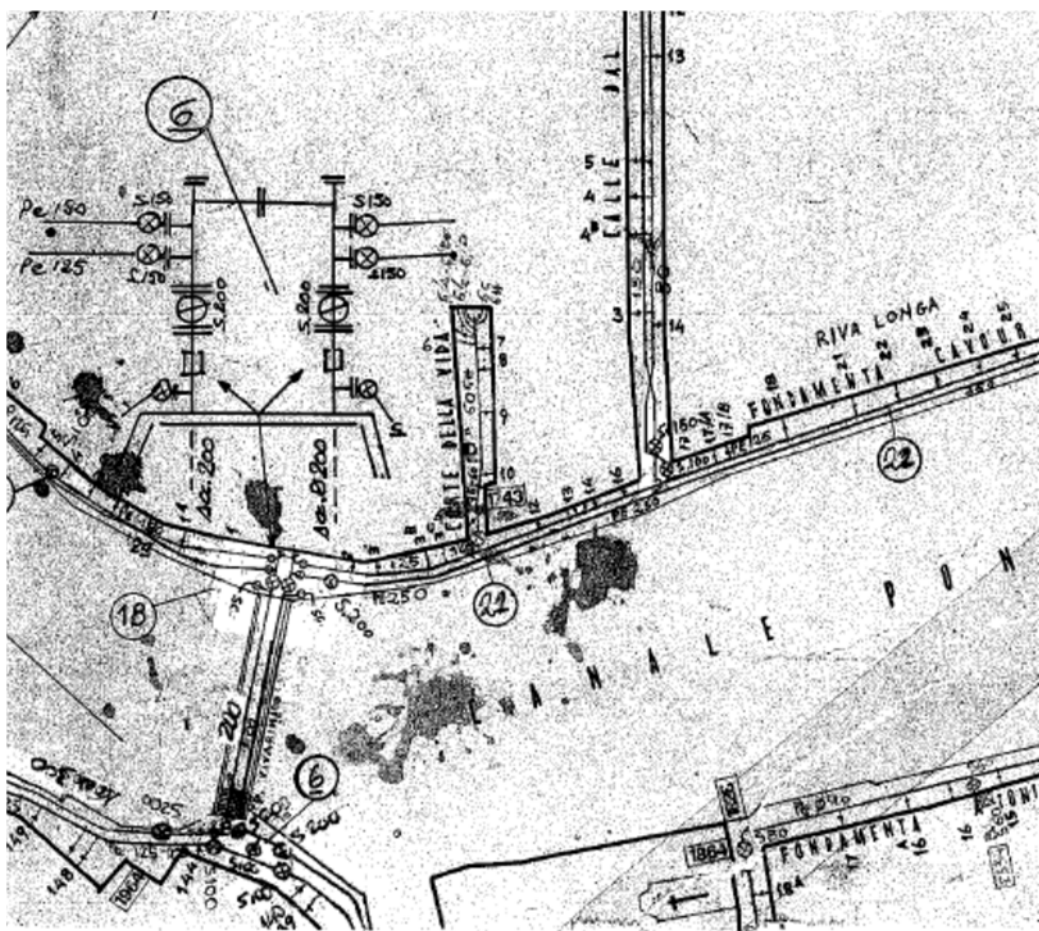


Figura 24 Rete Telecom



**Figura 25** Rete idrica ponte e saracinesche lato Fondamenta Venier

### Messa in sicurezza temporanea (intervento eseguito nel 2021)

Attualmente la larghezza utile del ponte è stata ridotta inserendo un nuovo tavolato di pavimentazione e due nuovi parapetti di legno secondo lo schema seguente.

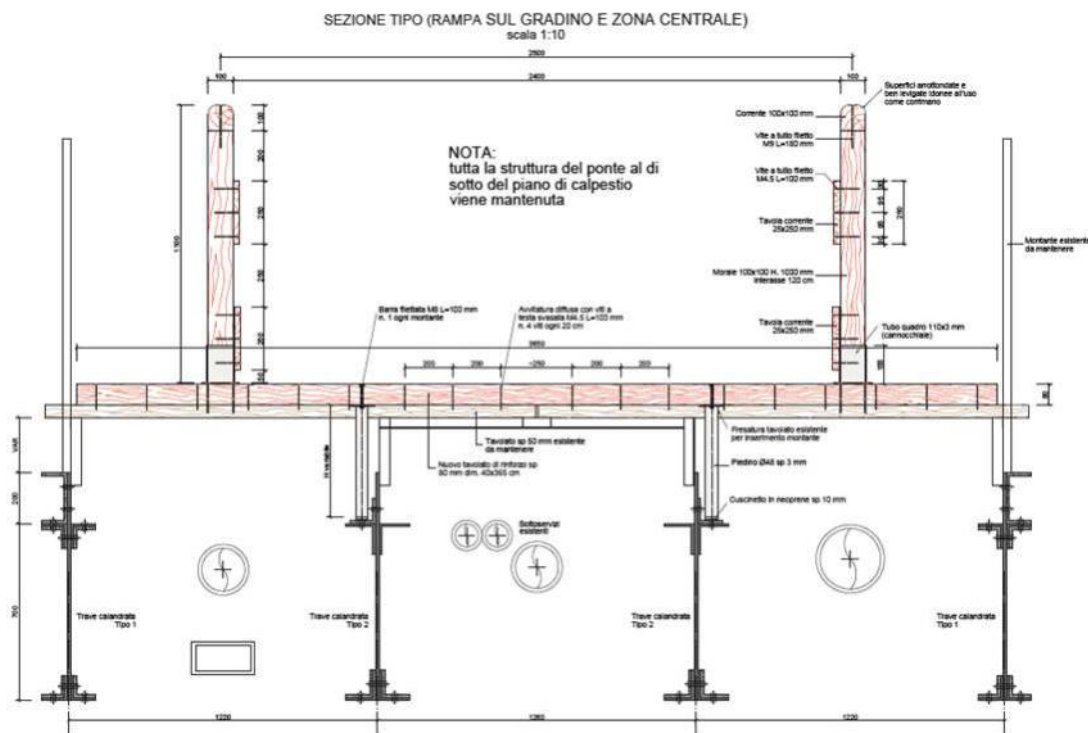


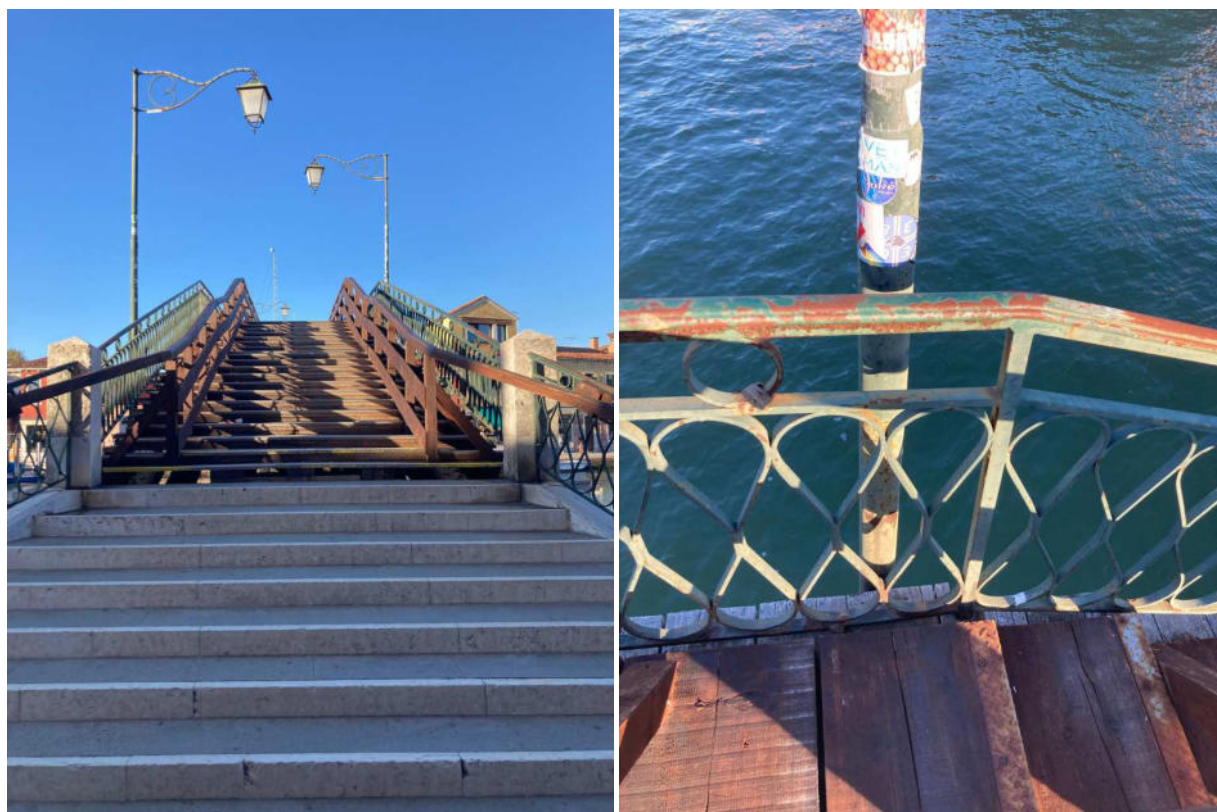
Figura 26 Parapetto e nuova pavimentazione per la messa in sicurezza temporanea

Il pessimo stato di conservazione della sovrastruttura, sopra descritto, ha reso necessario un intervento urgente di messa in sicurezza provvisorio, realizzato fra la fine dicembre del 2020 e gli inizi di gennaio del 2021.

L'intervento ha consentito di mantenere la viabilità pedonale sul ponte in condizioni di sicurezza fino ai successivi lavori di consolidamento statico dell'intera struttura. E' stato posto in opera un nuovo camminamento costituito da elementi lignei di abete di sezione di cm 40x8 e lunghezza di m 3.65, in appoggio, ciascuno, su quattro supporti in tubolare di acciaio  $\varnothing$  50 mm, direttamente sostenuti dalle due arcate centrali del ponte.

Il nuovo camminamento, per l'elevata inerzia sezionale, grava in maniera non significativa sul tavolato esistente in precarie condizioni conservative; inoltre, nel caso di un eventuale collasso del preesistente piano di camminamento, i nuovi elementi lignei sono in grado di sostenere, in maniera autonoma, l'intero carico pedonale previsto dalla vigente normativa.





**Figura 27 Parapetto e pavimentazione nuove.**

## **DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI INTERVENTI**

Lo sviluppo del progetto esecutivo è partito dalle considerazioni e dalle ipotesi del progetto definitivo cercando di migliorare la facilità di realizzazione di tutti gli interventi previsti.

Rispetto al progetto definitivo state apportate alcune modifiche legate alla progettazione esecutiva delle strutture nuove, alla verifica esecutiva delle strutture esistenti e anche sono state apportate modifiche legate alla realizzabilità delle opere cercando di eliminare interventi in opera su elementi precedentemente trattati in officina.

Una delle modifiche sostanziali riguarda anche le opere provvisorie. Si è infatti pensato di intervenire con un ponteggio montato su palancole infisse sul fondale del canale e non con un ponteggio appeso alle strutture esistenti come previsto nel progetto definitivo. Tale metodologia di realizzazione del ponteggio permette di non avere mai punti sulle strutture esistenti in cui gli interventi devono essere fatti in step successivi spostando in avanti o indietro, più volte, le strutture di sospensione del ponteggio alle strutture esistenti con il rischio di avere punti di ripresa delle varie lavorazioni di ripristino non perfetti.

Per quanto riguarda gli interventi strutturali è stato mantenuto quanto previsto nel progetto definitivo fatto salvo alcune modifiche dei profili originate dai calcoli esecutivi condotti. In



particolare, sono state modificate le porzioni di attacco delle tre nuove travi alle spalle inserendo dei profili HEB 450 al posto di quanto previsto nel progetto definitivo. Sono stati altresì modificati i giunti di continuità delle nuove travi metalliche e i giunti di collegamento tra le travi trasversali di irrigidimento con le nuove travi metalliche e con le travi metalliche esistenti che compongono le 4 arcate. Al fine di migliorare l'aspetto estetico delle giunzioni delle nuove travi trasversali di irrigidimento con le due travi di bordo esistenti sono previsti collegamenti con piatti o squadrette ad L saldati alle travi esistenti e non bullonati come precedentemente previsto dal progetto definitivo. Un'ulteriore modifica strutturale ha riguardato le sovrastrutture di sostegno dei gradini in legno. Tali strutture metalliche, formate da profili ad L e da profili a C hanno dimensioni e quasi sempre maggiori rispetto a quanto precedentemente previsto dal progetto definitivo. La causa di tali variazioni dei profili è molto probabilmente legata alla modellazione FEM che in questo caso è stata condotta globalmente inserendo oltre alle strutture principali anche le sovrastrutture e vincolando le stesse alle strutture principali di sostegno del ponte.

Anche per tutti i parapetti del ponte è stato scelto di intervenire direttamente in opera, senza smontare i parapetti esistenti per trattarli in stabilimento e successivamente per risaldarli strutture esistenti. Tale scelta è legata prevalentemente al fatto che i parapetti hanno punti di giunzione molto radi e quindi andrebbero tagliati e risaldati in molti punti, inoltre il nodo di base tra i montanti del parapetto e le strutture di acciaio esistenti sono di tipo saldato e quindi non compatibili con i trattamenti protezione superficiali previsti nel progetto definitivo per tali elementi.

Come detto in precedenza, oltre agli interventi prettamente strutturali, sono state progettate anche delle opere provvisorie temporanee necessarie per spostare i sottoservizi esistenti sotto il ponte e per consentire l'attraversamento pedonale del canale. Nei paragrafi che seguono si riportano brevemente le descrizioni dei principali interventi strutturali e dei principali interventi temporanei progettati, si ricorda che questi ultimi non sono oggetto del presente appalto e si riportano le descrizioni per una completezza di informazioni.

### **Ponteggio di servizio**

L'esecuzione dei lavori richiede la realizzazione di piani di lavoro in tavole (o in piastre metalliche) sotto il ponte e ai lati dei parapetti.

Affinché il ponteggio di servizio non generi interferenza con le strutture esistenti da consolidare, è

stato scelto di realizzare un ponteggio montato su palancole infisse sul fondale del canale. Sopra le palancole saranno predisposte delle travi metalliche appositamente dimensionate in profili HEA 240 sulle quali saranno installate le strutture reticolari dei ponteggi e il tavolato ligneo migliore per evitare cadute di materiale. Tale ponte di servizio si estende per una larghezza di 6 m sotto tutto il ponte esistente e avrà una conformazione a gradoni per seguire l'andamento ad arco del ponte stesso. La larghezza del ponte di servizio di circa 6 m permette di realizzare lateralmente, su ciascuno dei due lati, un'ulteriore ponte di servizio più alto, largo circa 1 m, necessario per le lavorazioni da eseguire sui parapetti del ponte stesso.

Nella parte centrale del ponteggio, il filo inferiore del piano di lavoro è previsto a un'altezza di circa 2,60 m rispetto allo zero mareografico di punta della salute per consentire il transito dei mezzi di soccorso in caso di necessità. La larghezza del tratto con franco di 2,6 m è di circa 6 m.

Il ponteggio viene schermato lateralmente mediante applicazione di teli in polietilene con grammatura circa 240 g/mq disposti sull'intera lunghezza del ponteggio.

È inoltre prevista una schermatura mobile del ponteggio lunga circa 10 m realizzata con un'telatura ignifuga in fibra di vetro sull'intero perimetro del ponteggio: piano di lavoro, pareti verticali e copertura. Tale schermatura garantisce la protezione degli elementi del ponteggio e il contenimento dei materiali di scarto durante le fasi di sabbiatura e metallizzazione.

### **Consolidamento strutture esistenti**

Lo stato di avanzato degrado per ossidazione delle quattro arcate principali esistenti, unitamente alla presenza di strati sovrapposti di vernice, richiede un intervento di sabbiatura del tipo SA3, a basse emissioni di polveri, che consentirà di asportare sia gli strati di vernice sovrapposti nel tempo, sia le parti di materia in fase di esfoliazione e/o di distacco.

Tale attività, come descritto in precedenza, richiede la formazione di un ambiente protetto ricavato mediante la posa in opera di una telatura ignifuga che consentirà, oltre al contenimento delle polveri, anche una protezione durante le operazioni di taglio, saldatura e metallizzazione delle travi esistenti.

La sabbiatura degli elementi principali esistenti avverrà in seguito alla rimozione della sovrastruttura metallica a supporto dei gradini e della pavimentazione lignea. Successivamente alla sabbiatura saranno eseguite delle misurazioni spessimetriche per verificare lo spessore residuo di tutti gli elementi. Qualora lo spessore residuo fosse inferiore a 9 mm si dovrà procedere

mediante la rimozione e la successiva saldatura di nuovi elementi che dovranno ripristinare le sezioni originali delle 4 travi metalliche. Anche per le due travi centrali esistenti è previsto il recupero dei profili di rinforzo ad L collocati nella parte superiore del profilo composto esistente. Infatti, contrariamente a quanto previsto nel progetto definitivo, la verifica di tali elementi risulta soddisfatta solo recuperando anche tali profili che consentono di contrastare le deformazioni laterali delle travi principali stesse.

Le lavorazioni di ripristino delle porzioni di trave, fortemente ossidate e prive ormai di capacità portante, viene eseguita mediante una prima fase di taglio delle porzioni dei profilati in acciaio mediante torcia al plasma seguita dalla successiva fornitura e saldatura in opera di laminati e profilati in acciaio necessari per il ripristino delle sezioni originali delle travi esistenti.

Il ripristino dei profili è prevalentemente concentrato nella porzione sommitale dell'anima e dei rinforzi ad L delle quattro travi in corrispondenza delle saldature con le strutture di supporto dei gradini. Gli ulteriori punti che presentano maggiori criticità sono i punti di collegamento degli irrigidimenti trasversali a croce e dell'attacco dei controventi a croce all'intradosso delle travi del ponte. Come meglio esplicitato nel computo metrico estimativo sono state ipotizzate delle percentuali di sostituzione degli elementi metallici con percentuali più importanti nella parte superiore delle travi e meno consistenti nella parte inferiore delle travi stesse.

Anche molti chiodi e bulloni esistenti versano in uno stato di ossidazione estremamente pronunciato e necessitano della sostituzione. È stato pensato di sostituire i chiodi ribattuti a caldo, con bottoni di saldatura in rilievo di più semplice realizzazione. Anche per tale lavorazione è stata prevista è stata stimata una quantità di bulloni e chiodi da sostituire in funzione dello stato di degrado che interessa prevalentemente l'unione dei profili a L nella parte superiore delle travature esistenti.

Il ciclo degli interventi di consolidamento delle travi metalliche esistenti si completa con l'intervento di metallizzazione in sito e la successiva verniciatura in tre mani.

La parte fondamentale è la metallizzazione con una Lega in zinco alluminio in percentuale 85% di zinco e 15% di alluminio per uno spessore di 120 micron.

La finitura superficiale consiste in un trattamento di verniciatura eseguito sull'acciaio già metallizzato e realizzato secondo le seguenti tre fasi in opera applicazione di un primer epossidico sigillante per uno spessore di 40 micron, l'applicazione di uno strato intermedio epossipoliammidico per uno spessore di 150 micron e l'applicazione mano a finire poliuretanica

per uno spessore di 60 micron. Complessivamente tutti i trattamenti di metallizzazione e verniciatura dovranno garantire il raggiungimento di uno spessore di 370 micron.

Prima di procedere con l'intervento di verniciatura è necessario eseguire anche un intervento localizzato di sigillatura nei punti di contatto tra i profili ad L e l'anima delle travi. In tali punti, infatti, dove i profili non sono rimossi, la sabbiatura non viene eseguita pertanto il processo di ossidazione viene bloccato mediante la sigillatura di questi punti.

In sede di progetto esecutivo è stato deciso di procedere in modo analogo anche per i parapetti che saranno pertanto rinforzati e protetti con lavorazioni in opera. Tali elementi saranno preventivamente rinforzati mediante la saldatura di un montante in profilo tubolare 40 x 30 x 4 mm saldato sia il montante esistente in tubo 30 x 30 sia al profilo ad L superiore della trave di bordo.

Dopo l'applicazione del rinforzo dei montanti dei parapetti verrà completata la sabbiatura e completato il ciclo di metallizzazione e verniciatura di tutte le specchiature dei parapetti esistenti comprese le colonnine ancorate alla pietra di Istria di coronamento delle gradinate e delle fondamenta in prossimità dell'imbocco del ponte.

Tale metodologia di lavorazione prevista per i parapetti che mantiene inalterato il ciclo di trattamento superficiale di protezione sia sulle travature principali sia sui parapetti permette di evitare la generazione di punti di discontinuità, che dovrebbero essere ripresi in opera successivamente, o di trattamenti differenziati tra i vari elementi esistenti che compongono il ponte.

### **Messa in opera nuove travi principali**

Il punto fondamentale del progetto prevede il recupero delle quattro travi metalliche esistenti e ciò è reso possibile solo mediante l'introduzione di tre nuove travi in profilo HEA 450 e HEB 450 in corrispondenza dell'appoggio sulle spalle del ponte.

Alle tre nuove travi verranno affidati quasi completamente i carichi permanenti e variabili del ponte, infatti, le strutture di sostegno dei gradini saranno vincolate alle tre nuove travi e alle due travi esistenti di bordo che tuttavia saranno assoggettate ad un'aliquota di carico decisamente inferiore rispetto allo stato di fatto.

Le tre nuove travi saranno anche irrigidite trasversalmente mediante l'introduzione di 8 profili HEA 320. Tali profili di irrigidimento trasversale saranno incastrati in corrispondenza delle nuove travi



mentre saranno incernierati in corrispondenza delle travi esistenti e avranno anche per queste ultime una funzione di stabilizzazione laterale.

La giunzione tra i profili di irrigidimento trasversale e le due travi di bordo sarà composta da squadrette ad L saldate direttamente sul lato interno, non visibile, delle travi esistenti e collegate mediante bulloni ai profili HEA 320. Tutte le altre giunzioni di tali elementi di irrigidimento trasversale saranno invece di tipo bullonato sia in corrispondenza delle nuove travi sia in corrispondenza delle due travi esistenti interne in quanto non visibili dall'esterno.

All'intradosso delle tre nuove travi strutturali principali saranno e saldate o bullonate anche delle staffe a supporto delle tubazioni dei sottoservizi. Tali nuove staffe saranno realizzate in corrispondenza delle travi trasversali e saranno pertanto 8 per ciascuna trave.

In particolare si prevede la realizzazione di due staffe formate da tubolari 60x120x8 mm saldati all'ala inferiore delle travi HEA 450 e collegate mediante due montanti in profilo doppio L 60x120x8 ad un profilo inferiore tipo UPN 120. Su tale ultimo profilo saranno e installate delle selle di appoggio in neoprene per le tubazioni e le tubazioni stesse, tali ultime lavorazioni saranno a carico degli enti gestori dei sottoservizi.

Un caso particolare è dato dalle staffe e per la tubazione del gas, la società Italgas ha fornito dei dettagli costruttivi di una staffa composta da piatti incastrati, mediante bullonatura, all'ala inferiore delle travi HEA 450 e chiusa inferiormente mediante un rullo in nylon, il rullo ha la funzione di assorbire le eventuali deformazioni della tubazione del gas senza generare sovratensioni sulle strutture del ponte.

In entrambi i casi le staffe sono apribili dal basso e garantiscono pertanto interventi di manutenzione sulle tubazioni dei sottoservizi dal basso senza rimozione della pavimentazione del ponte come accadeva in precedenza.

Anche per tutte le strutture metalliche nuove sono previsti interventi di protezione mediante metallizzazione e verniciatura da eseguire in stabilimento.

Nel dettaglio l'intervento prevede inizialmente la sabbiatura di pulizia del metallo, la successiva metallizzazione con una lega in zinco alluminio per uno spessore di 120 micron (sempre lega Zn/AL 85/15) seguita dal ciclo di verniciatura sull'acciaio già metallizzato realizzata con le seguenti tre mani: applicazione di un primer epossidico sigillante per uno spessore di 40 micron, l'applicazione

di uno strato intermedio epossipoliamidico per uno spessore di 150 micron e l'applicazione mano a finire poliuretanica per uno spessore di 60 micron. Complessivamente tutti i trattamenti di metallizzazione e verniciatura dovranno garantire il raggiungimento di uno spessore di 370 micron.

La posa in opera delle nuove travi metalliche prevede l'ancoraggio dei sei monconi in corrispondenza degli appoggi sulle spalle e la successiva installazione dei tre conci di trave, preassemblati sul pontone, per ciascuna delle nuove arcate. I giunti sono tutti di tipo bullonato con flange di testa che consentono di ridurre il numero di bulloni da porre in opera e quindi di facilitare le operazioni di montaggio.

Tutte le fasi del montaggio delle nuove travi avverranno con impiego di gru installata su pontone di servizio motorizzato.

### **Consolidamento opere di fondazione**

Le indagini condotte sulle fondazioni hanno permesso di determinare con buona precisione solo la forma geometrica del plinto mentre non è stato possibile determinare con precisione né il numero né la maglia, né la tipologia dei pali di fondazione, per questi elementi è stato possibile determinare solo la quota di imposta a -11 m rispetto al piano delle Fondamenta.

In merito alla profondità dei pali, nel progetto esecutivo, si è fatto riferimento prevalentemente alla ricerca storica che, come riportato in precedenza, ha messo in evidenza dei dati differenti rispetto alle indagini in sito. La scelta è legata solo ad un aspetto cautelativo nei confronti della sicurezza in quanto i pali desunti dalla ricerca storica hanno una capacità portante complessiva inferiore ai pali ipotizzati con i dati desunti dalle indagini di Geocontrolli.

Durante i lavori dovranno essere eseguite delle ulteriori indagini di tipo ecometrico per determinare la maglia e la lunghezza dei pali, tali indagini saranno svolte una volta rimosse le opere di finitura e gli impianti eventualmente presenti sopra i plinti per limitare le interferenze. Tale approfondimento delle indagini sarà necessario per confermare o modificare i dati di progetto e nel caso adattare i nuovi pali di fondazione ai dati più esaustivi raccolti in corso d'opera.

Sulla scorta dei dati disponibili e in funzione dei notevoli carichi verticali e taglianti agenti sui pali dovuti a tutte le azioni statiche, dinamiche e alle variazioni termiche agenti sulle strutture del ponte è stato scelto di integrare i pali di fondazione esistenti con nuovi micropali spinti fino a una

profondità di 18 m al di sotto del plinto in numero di 14 per ciascun plinto di fondazione ai quali affidare la quasi totalità delle sollecitazioni determinate secondo le normative attualmente vigenti. I micropali dovranno avere un diametro reso di 24 cm e saranno armati con un tubolare metallico di diametro 152,4 mm e spessore 10 mm in acciaio S 355.

La realizzazione dei micropali di fondazione sarà preceduta dalla accurata rimozione della pavimentazione dei gradini e dallo scavo fino alla sommità del plinto esistente.

Dopo la realizzazione dei micropali saranno eseguite delle demolizioni per l'abbassamento dei sottoservizi che saranno, come detto precedentemente, appesi alle tre nuove travi metalliche.

Per migliorare gli interventi di futura manutenzione degli impianti, saranno predisposte delle camicie in PVC all'interno del plinto che permetteranno lo sfilamento dei tubi dei sottoservizi senza nuove demolizioni dei plinti.

Dopo la posa delle camicie per i sottoservizi saranno eseguiti i getti di completamento del plinto che ingloberanno i nuovi micropali e irrigidiranno la parte posteriore del plinto. La connessione tra il plinto esistente e le nuove porzioni di plinto sarà formata da inghisaggio di barre di armatura con resina epossidica.

### **By-pass sottoservizi**

La realizzazione degli interventi di manutenzione delle travi di acciaio esistenti e di installazione delle nuove travi principali del ponte prevede il preventivo spostamento delle tubazioni dei sottoservizi appese sotto il ponte.

Le tubazioni saranno supportate da una struttura integrata nelle strutture a supporto del ponteggio.

Lo spostamento provvisorio avviene installando una struttura composta da palancole con funzione di trave, su cui saranno poggiate le condotte, saldate alle travi principali che supportano il ponteggio. Lo spostamento avviene intercettando sulle due fondamenta, da Mula e Venier i sottoservizi esistenti e installando delle tubazioni provvisorie sulle palancole del bypass.

Il bypass viene realizzato ad ovest del ponte Longo per la tubazione del gas e a est del ponte per acqua e telefonia. Per il suo completamento necessita della rimozione di alcune porzioni di parapetto esistente su entrambe le fondamenta e la rimozione della pietra di coronamento di due tratti di fondamenta con demolizione localizzata del paramento murario per il passaggio delle tubazioni.

## **Sottoservizi**

Durante le fasi iniziali di scavo necessarie per l'intercettazione dei sottoservizi sulle fondamenta e per la realizzazione del by-pass saranno installati anche dei nuovi pozzetti che avranno la funzione di accogliere le nuove derivazioni che consentiranno l'attraversamento del ponte per tutti i sottoservizi nella soluzione finale.

Inoltre durante il consolidamento dei plinti saranno collocati dei tubi camicia all'interno dei plinti stessi per facilitare eventuali future operazioni di manutenzione.

## **Lavorazioni complementari non oggetto del presente appalto**

### Illuminazione pubblica ponte

Gli impianti installati sul ponte consistono in: quattro lampioni, quattro fari di segnalazione per il traffico marittimo e un'insegna dei carabinieri. Tutti questi elementi saranno rimossi prima di eseguire le lavorazioni di consolidamento previsti per le travi principali esistenti del ponte e saranno reinstallati nel corso dei lavori dopo aver proceduto all'esecuzione dei trattamenti protettivi come per le altre strutture del ponte.

Tutti i cavidotti e le scatole di derivazione esistenti saranno rimossi e le nuove dorsali saranno installate sulla parte interna delle travi di bordo e quindi non in vista per migliorare l'aspetto estetico.

### Passerelle pedonali temporanee e ponte di barche

Le lavorazioni previste interesseranno l'intera sezione del ponte per la sua intera lunghezza. Pertanto, è stato pensato, come già riportato nel progetto definitivo di realizzare un ponte su barche che sarà fornito e montato di indiretta amministrazione dal Comune.

Il collegamento tra le fondamenta Venier, a nord, e da Mula, a sud, al ponte di barche sarà effettuato mediante la fornitura e posa in opera di due passerelle di collegamento fisse su pali di legno composte da travi e tavolato di legno e dotate di idoneo parapetto ligneo.

Anche in corrispondenza dello spigolo sud est del ponte sarà realizzata una passerella in legno con funzione di allargamento della fondamenta esistente, in quel punto molto molto stretta. L'impiego di tale passerella sarà alternativamente dedicato all'impresa e al flusso pedonale in funzione delle lavorazioni che saranno eseguite o sui gradini del ponte o sulla fondamenta per l'intercettazione dei sottoservizi.



Per la realizzazione delle passerelle sopra descritte saranno rimosse delle paline e delle briccole dedicate ai posti barca presenti lungo il canale. Al termine delle lavorazioni. Tutte e tre le passerelle di servizio saranno rimosse e saranno ripristinate le briccole e le paline di ormeggio delle imbarcazioni.

### Sottoservizi e impianti

I sottoservizi che saranno appesi alle apposite mensole predisposte sotto le nuove travi portanti del ponte sono i seguenti:

- *n° 1 condotta per il gas con diametro nominale DN 250;*
- *n° 2 condotte per l'acqua potabile DN 200*
- *n° 2 cavidotti Telecom in PVC rigido*
- *n° 2 cavidotti in PVC rigido per il ripristino dell'illuminazione pubblica del ponte e il riallacciamento dell'insegna dei carabinieri.*

Tutte le tubazioni nuove saranno installate su rulli di Nylon o su selle in neoprene. Italgas ha fornito le specifiche dei rulli che installeranno mentre per acquedotto e cavidotti saranno previste le selle in neoprene con il collare di fissaggio. Tali selle hanno la funzione di ridurre al minimo le spinte generate dalle variazioni termiche o dai colpi d'ariete che si generano all'interno delle tubazioni.

### **TEMPI DI REALIZZAZIONE**

Come riportato nel cronoprogramma sono stati analizzati nel dettaglio le tempistiche delle lavorazioni.

La durata complessiva dei lavori è di 6 mesi e tiene in considerazione tutti i lavori sia oggetto di appalto sia interconnessi con gli stessi ma esclusi dal presente appalto. Tale scelta è legata ad uno studio migliore delle possibili interferenze tra lavorazioni eseguite contemporaneamente.

Si prevede mantenere sempre a disposizione un pontone di servizio non motorizzato sul quale saranno installati i box di cantiere e dotato anche di pannellature atte allo stoccaggio di materiali scioli. Durante le lavorazioni di infissione ed estrazione delle palancole e durante l'installazione delle nuove travi del ponte sarà presente anche un ponteggio motorizzato con le dotazioni necessarie per le lavorazioni particolari.

## ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE

Lo specchio acqueo di cantiere sarà delimitato da reti e nastri di segnalazione fissate su pali lignei infissi; il perimetro sarà segnalato, nelle ore serali e notturne con lampade di segnalazione installate sui pali e sui pontoni.

Per la logistica e il deposito temporaneo dei materiali sarà ormeggiato, in prossimità del ponte, un pontone delle dimensioni di m 9.00 x 18.00, tale pontone sarà presente solo nelle fasi in cui sarà necessario avere dello spazio di supporto per deposito temporaneo dei materiali. Sul perimetro del pontone dovrà essere installata una recinzione cieca in tavolato idonea al contenimento di materiali sciolti provenienti dagli scavi e dalla sabbiatura in opera.

Nel vicino Campo Santo Stefano saranno installati i box per il personale e di supporto della logistica.

Le attività montaggio delle nuove travi, di infissione ed estrazione delle palancole, di realizzazione delle passerelle di servizio, del by-pass dei sottoservizi e del ponteggio saranno eseguite con l'ausilio di un pontone motorizzato ed attrezzato con gru e con altri mezzi idonei alle lavorazioni previste.

Il ponteggio, nella parte centrale del ponte, garantirà un franco di 2.6 m di altezza per una larghezza di 6 m tale scelta consente di garantire un passaggio di mezzi di soccorso qualora si rendesse necessario.