

Ordinanza Capo Dipartimento Protezione Civile n° 616/2019 - 851/2022
Decreto del Sindaco della Città di Venezia n° 69630 del 14/02/2022

AMMINISTRAZIONE COMPETENTE

CITTA' DI
VENEZIA



Ordinanza CDPC n° 851/2022

SOGGETTO ATTUATORE

CITTA' DI
VENEZIA



AREA LAVORI PUBBLICI, MOBILITA' E TRASPORTI
SETTORE VIABILITA' VENEZIA CENTRO STORICO E ISOLE ENERGIA e IMPIANTI
SERVIZIO MANUTENZIONE VIABILITA' VENEZIA C.S.I.

C.I. 14959-20

**INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA,
CONSOLIDAMENTO MARGINAMENTO E
RIPRISTINO PAVIMENTAZIONE DELLA RIVA SETTE MARTIRI**

CUP:J77H21001610001

FASE	ELABORATO
PROGETTO ESECUTIVO	14959-20_ RG
DISCIPLINA	DATA
RESTAURO	luglio 2022

DESCRIZIONE
RELAZIONE GENERALE



RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
arch. cons. Cristian Tonetto

COLLABORATORI DEL R.U.P.
arch. Shana Catanzaro
arch. M. Amin Al Ahdab

PROGETTISTA
ing. Andrea Marascalchi

COLLABORATORI
arch. Stefano Carlini
ing. Davide Bellato
ing. Simone Tagliapietra

Marascalchi Ingegneria Stp Srl
Santa Croce 2005
30135 Venezia

T/F +39 041 2770233
amministrazione@marascalchiingegneria.it
mi@pec.marascalchiingegneria.it



PI / 04656180272 — SDI / SUBM70N
Capitale Sociale euro 10.000,00 i.v.
www.marascalchiingegneria.it

COORDINAMENTO SICUREZZA
arch. Antonio Girello



Arch. Antonio Girello
San Marco 4270 - Venezia 30124
tel. 041 5285544 - @mail: a.girello@awn.it

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

INDICE

1	Premessa	1
2	Notizie storiche.....	3
3	Stato di fatto	10
3.1	Condizioni generali di conservazione.....	10
3.2	Rilievo plano-altimetrico.....	16
3.3	Indagine geognostica	17
3.4	Indagini subacquee.....	20
3.5	Ispezioni dirette	24
3.6	Tracciati dei sottoservizi.....	27
4	Progetto	29
4.1	Opere provvisionali.....	29
4.2	Ripristino del muro di sponda.....	31
4.3	Restauro e conservazione della listolina in pietra	33
4.4	Restauro delle rive d'acqua.....	36
4.5	Ripristino della pavimentazione.....	38

1 Premessa

La presente relazione generale descrive i criteri e le scelte progettuali adottate nella redazione del progetto di messa in sicurezza, consolidamento del marginamento e ripristino della pavimentazione della riva Sette Martiri alla luce delle condizioni di fatto rilevate, delle indagini condotte e delle finalità dell'intervento.

L'incarico è stato affidato alla scrivente Società nell'ambito del Piano degli interventi autorizzato ai sensi dell'art. 1 co. 3 e 5 dell'OCDPC n. 616/2019; in particolare all'opera in oggetto è stato assegnato il codice intervento n. 14959-20.

Il muro di sponda, che si estende dal ponte della Veneta Marina al ponte di S. Domenego sul rio di S. Isepo, ha subito pesanti conseguenze dalla mareggiata del 12 novembre 2019, che si è abbattuta con particolare violenza sul marginamento nord est del Bacino di san Marco.

Su questo tratto di riva, in particolare, si sono verificati crolli parziali dei rivestimenti, soprattutto in corrispondenza della parte bassa delle rive d'acqua, che hanno perso una parte consistente dei blocchi in pietra che costituiscono le gradinate. La listolina in pietra di sommità della banchina presenta un esteso dissesto dei blocchi, che va dalla lesione da urto fino alla frattura passante, con perdita di parte del blocco.

La pavimentazione presenta soprattutto una diffusa perdita di planarità dei piani di posa, che localmente ha generato dissesti e sconnessioni degli elementi lapidei, con locali perdite di gruppi di cubetti in corrispondenza del porfido posato a coda di pavone, sostituiti poi da rappezzi in malta cementizia.



inquadramento dell'area interessata



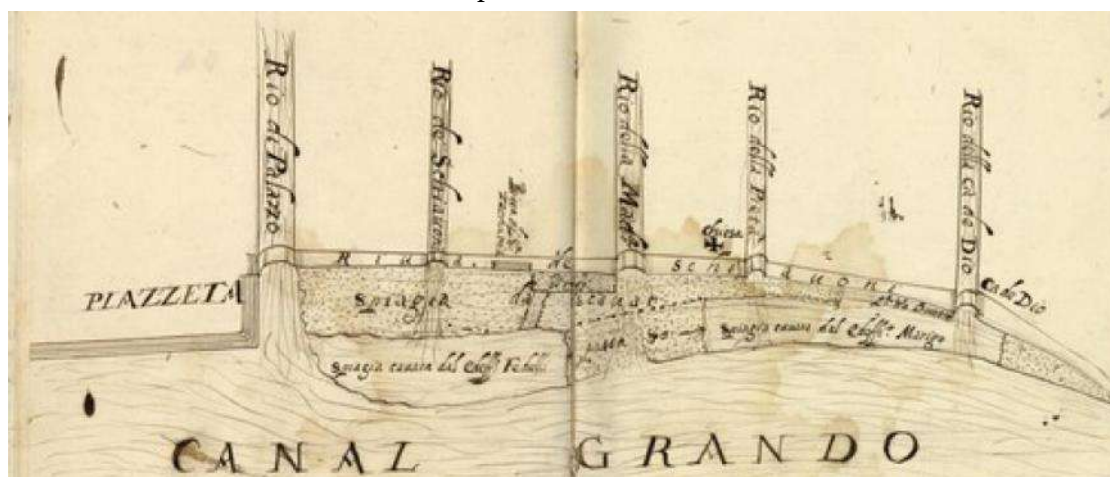
vista satellitare dell'area interessata

2 Notizie storiche¹

L'area prima del XX secolo

Fino al Cinquecento la fondamenta che partiva di fronte a Palazzo Ducale terminava con il Ponte della Paglia.

L'aspetto attuale della Riviera di San Marco, in cui fondamenta ampie e ponti in pietra si susseguono dalla Piazzetta ai Giardini di Castello, è stato ottenuto mediante una serie di interventi che si estendono dal XIII alla prima metà del XX secolo.



ASV, Savi ed esecutori alle acque, Disegni, Atti (secc. XV-XVIII) :: b. 141, dis. 37. Anno 12 agosto 1715

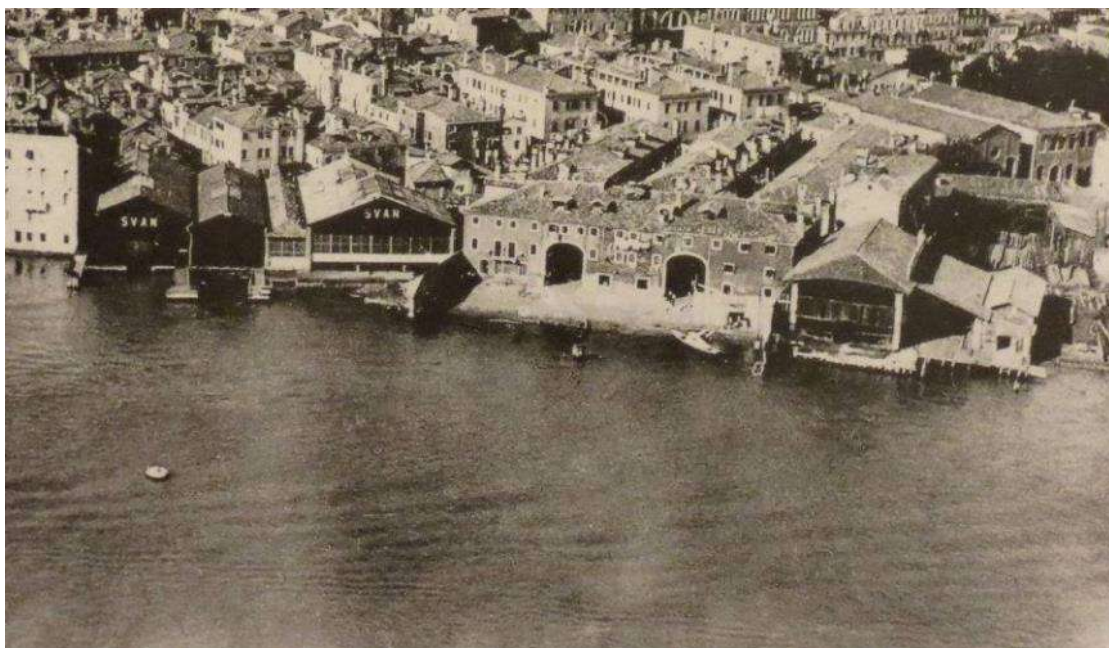
In particolare tre grandi interventi concorrono alla sua definizione:

- l'intervento di fine Settecento (fra il 1780 ed il 1796), da parte della Repubblica di Venezia, nel tratto dal Ponte della Paglia sino alla Riva Cà di Dio in prossimità dell'ingresso all'Arsenale;
- la creazione dei Giardini e la sistemazione della Riva, ora Riva dei Partigiani, nel periodo napoleonico;
- il raccordo fra Riva Cà di Dio e i Giardini, inaugurato nel 1937 e denominato prima Riva dell'Impero, poi Riva dei Sette Martiri.

Dopo il periodo napoleonico, in cui si era proceduto alla creazione dei Giardini e la sistemazione della Riva, procedendo dalla Piazzetta si incontrava una serie di rive di tipo tradizionale, con ponti che scavalcavano i rii fino a quello de la Tana: qui la fondamenta si restringeva e, lasciando il canale di San Marco e l'Isola de San Isepo a sud, si inoltrava nella via Eugenia, poi via Garibaldi, frutto dell'interramento del rio di Castello.

¹ Analisi storica costruzione Riva dell'Impero 1932-1940. A cura di Davide Busato - Maggio 2021

I dipinti d'epoca e le prime foto disponibili mostrano come si presentasse l'attuale Riva dei Sette Martiri, dall'imbocco di via Garibaldi in direzione Giardini: una riva sabbiosa, fatta di squeri, palafitte lignee e ormeggi provvisori.



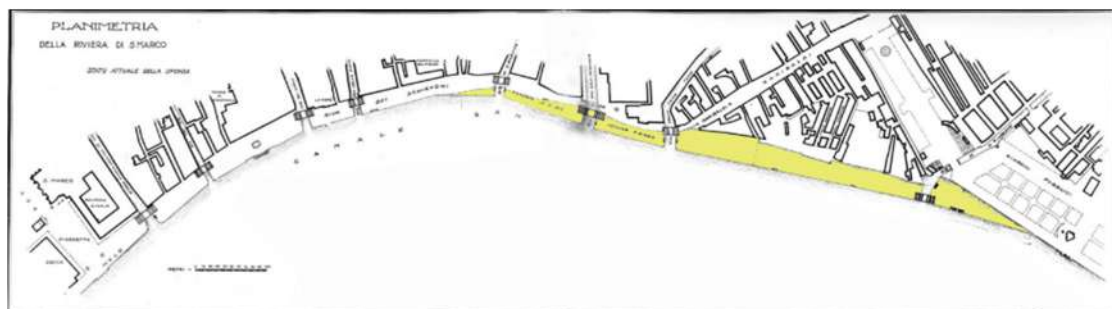
fotografia aerea che immortalava la situazione prima della costruzione del nuovo marginamento

La costruzione di Riva dell'Impero

Il cedimento della banchina all'altezza della chiesa di San Biagio, avvenuta nel 1932, costituì l'episodio che portò alla decisione di intervenire sull'area, allargando contestualmente la riva e prolungandola fino ai Giardini Pubblici. Il progetto prese ben presto la forma di una grande opera, anche come tentativo da parte del regime fascista di dimostrare una continuità di intenti con il glorioso passato della repubblica di Venezia.

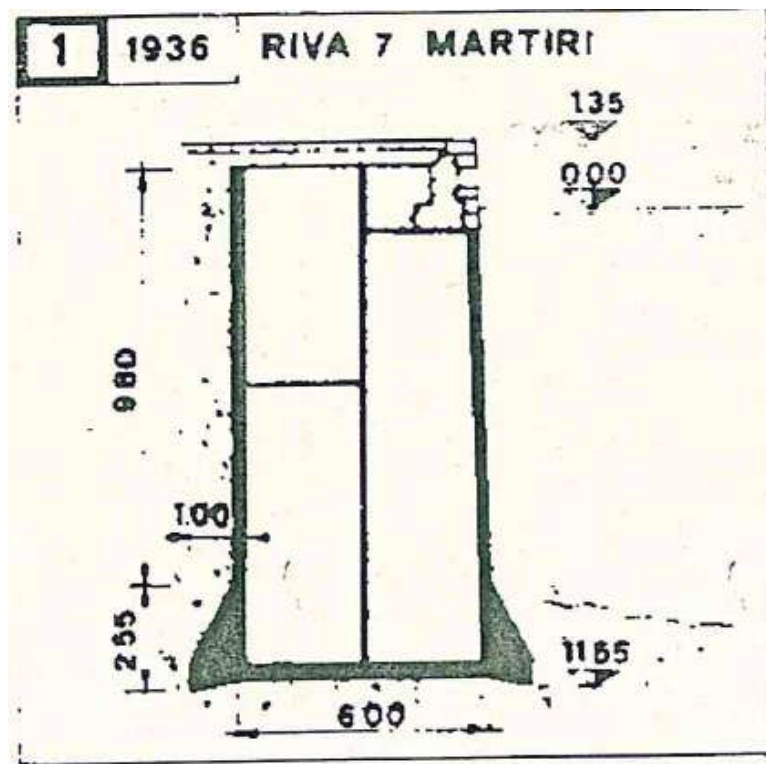
La parte più cospicua dell'allargamento era quella relativa al tratto compreso fra l'imbocco di via Garibaldi e i Giardini, su cui si affacciava la *Marinarezza*, alcuni squeri e la palazzina Canonica, quest'ultima eretta nel 1911 come dimora-studio dello scultore Pietro.

Il tratto doveva essere rettilineo, cosa che unitamente ad un fondale posto a circa 10 metri sotto il medio mare avrebbe permesso l'attracco di navi di grandi dimensioni. Si utilizzò pertanto come riferimento il filo determinato dalla facciata della palazzina Canonica, che si affacciava direttamente sul bacino, spostando il margine del nuovo muro di sponda a 20 metri da quest'ultima.



planimetria generale dell'intervento iniziato nel 1932 per l'allargamento delle rive fra il rio di San Martino e i giardini pubblici

Il sistema costruttivo scelto, vista l'ampiezza del nuovo muro e la profondità dei fondali, fu quello dei cassoni galleggianti di calcestruzzo armato, che venivano prodotti da un grande impianto posizionato presso il rio de la Tana. Da qui venivano rimorchiati, messi in posizione (previo scavo dei fondali con la draga) ed affondati uno accanto all'altro per creare l'allineamento della nuova fondamenta. Alle loro spalle la grande fossa rimasta fra i cassoni e la vecchia riva venne colmata con terra, poi compattata.



Sezione estratta da una tavola intitolata "tipi di banchine" dell'Autorità Portuale di Venezia del 1999



foto storica del trasporto dei cassoni

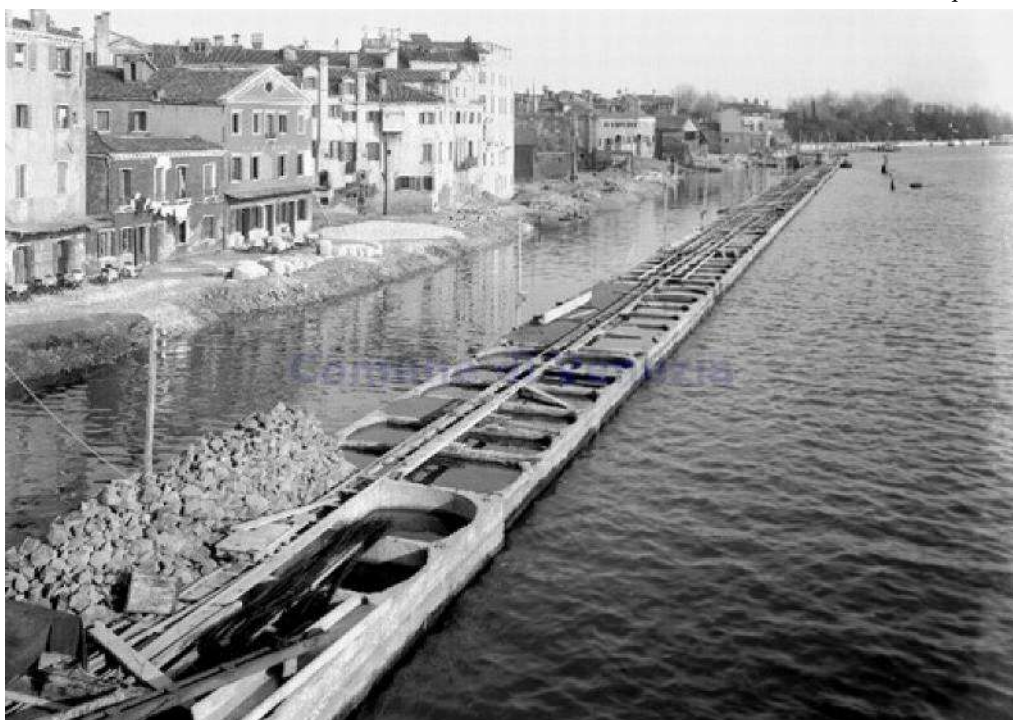


foto storica della messa in opera dei cassoni

La sommità dei cassoni venne completata con un muro continuo in calcestruzzo, rivestito in corsi di pietra d'Istria, montati a paramento ed usati anche come casseri per il muro stesso. Sulla sommità venne posta una listolina in blocchi di pietra d'Istria.

Il muro di sponda venne dotato di tre rive d'acqua, una centrata rispetto agli edifici della *Marinarezza* e altre due poste simmetricamente ai lati. Vista la destinazione della fondamenta a punto di sbarco per le grandi navi di allora, essa fu dotata ad intervalli regolari di grandi bitte metalliche, agganciate a blocchi di fondazione in c.a., e di panchine monolitiche in pietra.

La pavimentazione, così come descritta nel verbale di consegna delle aree del 1937, consisteva in due campi di masegni di trachite, posti ai due estremi della fondamenta, e collegati fra loro da una fascia di 3,85 metri, sempre in masegni di trachite, lungo tutta la fondamenta. La restante pavimentazione era in ghiaietto bitumato dello spessore medio di 4 centimetri.

Le questioni relative ai due ponti di collegamento, quello sul rio de la Tana e quello sul rio de San Isepo, vennero affrontate nel 1935, quando venne affidato un incarico specifico all'arch. Duilio Torres per la sistemazione architettonica delle rive; la discussione fra progettista e gli Enti si concentrò soprattutto sulla collocazione dei ponti e sulle loro caratteristiche decorative. Il ponte esistente sul rio de la Tana era stretto e accostato alle case di via Garibaldi, e quindi trascurava naturalmente la nuova fondamenta appena creata, mentre il ponte sul rio de San Isepo non esisteva, e doveva raccordare la nuova fondamenta con l'imbonimento a pianta triangolare che si veniva costruendo a lato dei Giardini. La scelta finale fu di collocare i due ponti a metà della profondità della fondamenta, ciascuno preceduto da un campo di masegni in trachite.

Al posto dei grandi squeri, che non si affacciavano più sul bacino, vennero realizzati due giardini, con l'intento di creare un passaggio graduale fra le parti fittamente costruite di Riva degli Schiavoni e la massa di verde dei Giardini Pubblici.

Alla fine del 1936, nel frattempo, iniziò da parte del Genio Civile la progettazione di una Stazione Marittima per passeggeri da turismo, che prevedeva di demolire la parte frontale della *Marinarezza* e di estendersi con due ali simmetriche all'interno dei giardini appena ricavati: il progetto venne di fatto bloccato nel 1938 dalla Soprintendenza, che si oppose alle demolizioni. Una volta completata anche la parte di ampliamento su Riva degli Schiavoni, nel 1940 si poté inaugurare l'intera Riva dell'Impero.

Successivamente, probabilmente fra il dopoguerra e gli anni '50, la pavimentazione in ghiaietto bitumato venne sostituita da un tappeto centrale largo 12 metri e fatto di sanpietrini in porfido, spaccati a mano e posati a coda di pavone su sottofondo in sabbia; mentre verso terra gli spazi antistanti gli edifici ed i giardini vennero trattati con lastre di porfido a spacco su una soletta di calcestruzzo.

Tutte le notizie storiche sono state riportate nelle tavole 14959-20_PD.02 e _PD.03.

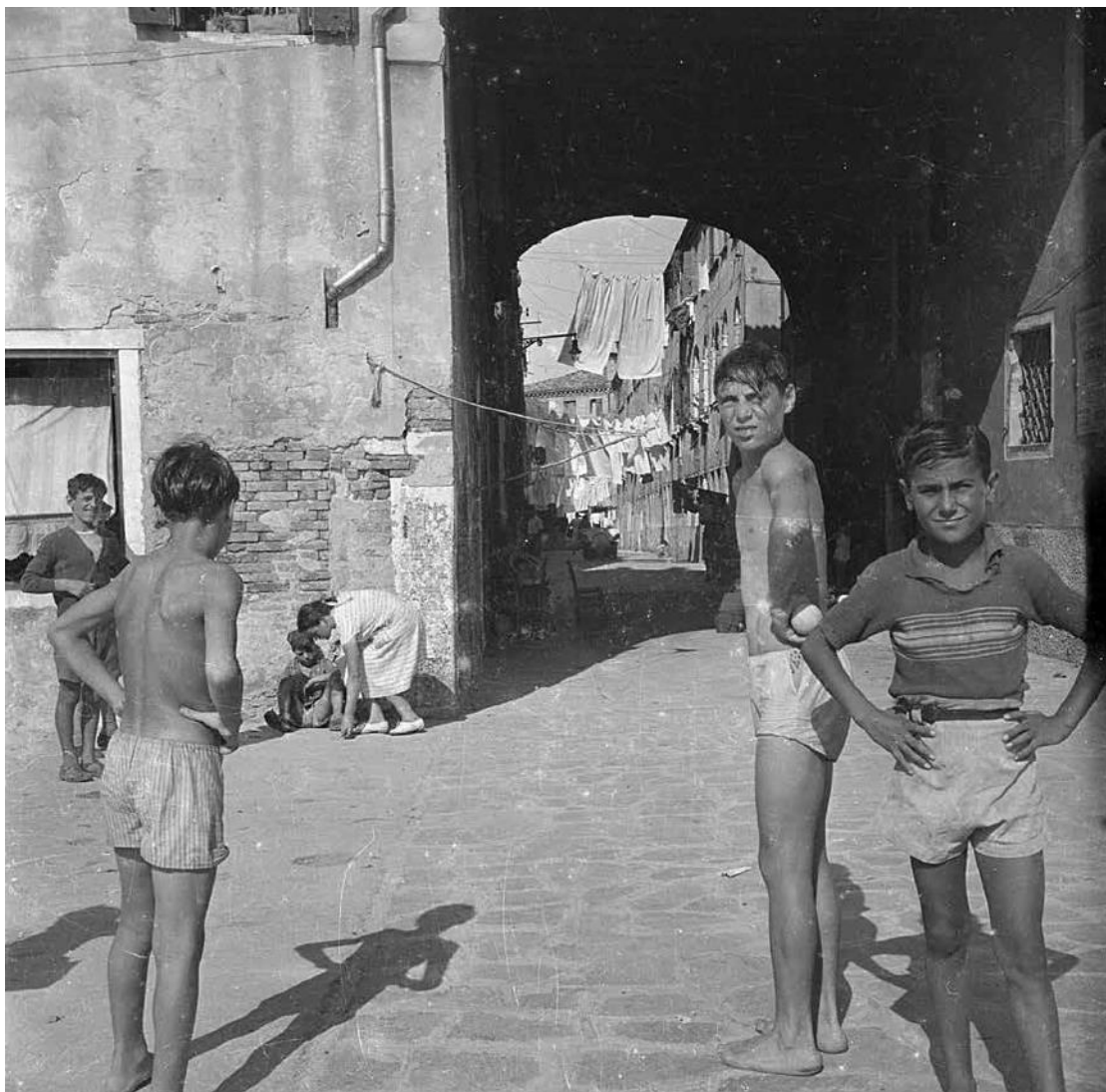


foto del 1951 dove si nota la pavimentazione in porfido a spacco di fronte alla Marinarezza



foto storiche prima e dopo la costruzione della nuova fondamenta

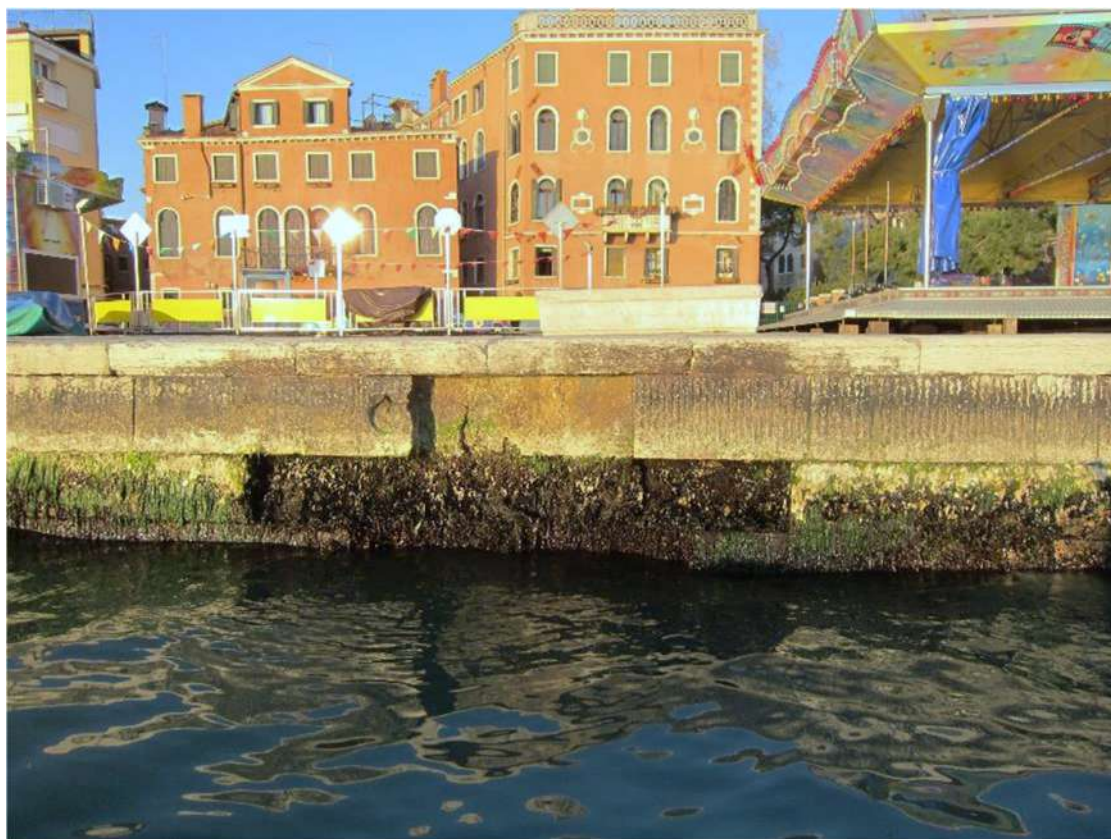
3 Stato di fatto

3.1 Condizioni generali di conservazione

Il tratto di riva oggetto di intervento verte in stato di conservazione precario e presenta diffusi segnali di scarsa sicurezza per la fruibilità del muro di sponda delle rive e della pavimentazione.

Il muro di sponda

Osservando il muro di sponda dal bacino, gli estesi e profondi attacchi biologici al di sotto della prima fila di blocchi con aggrappo di colonie di mitili e alghe infestanti rendono difficoltosa l'individuazione di fessurazioni e segni di degrado. Ciò nonostante, si notano numerosi distacchi con perdita di interi gruppi di blocchi lapidei del paramento.



distacco di alcuni blocchi del paramento lapideo

Inoltre sono presenti fratture, deformazioni e colature in presenza di elementi metallici ossidati (catene per la trattenuta dei parabordi fissi e anelli di approdo inseriti nel paramento lapideo).

Sulla parte sommitale del paramento murario, è presente una listolina di pietra d'Istria da 85 cm di larghezza e 20-30 cm di spessore.

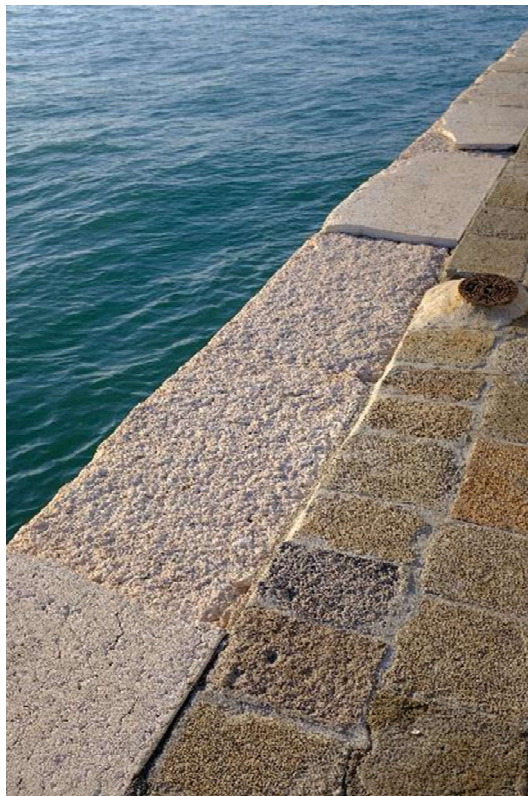
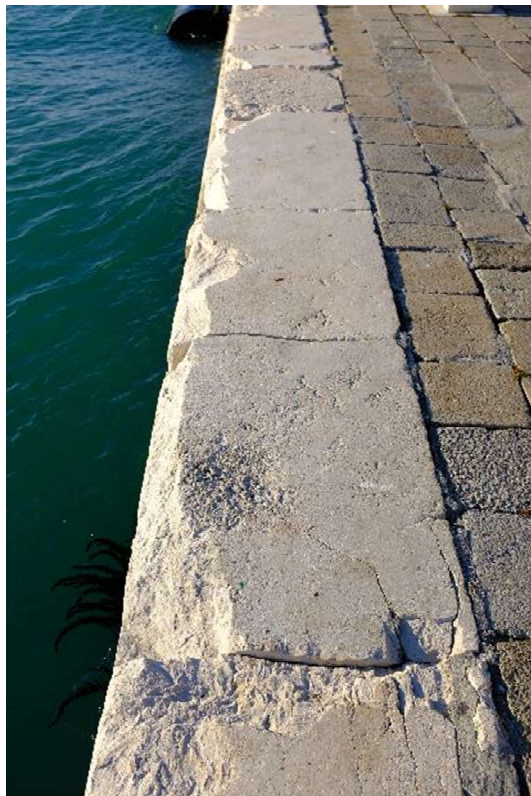
Questi presentano diverse tipologie di dissesto, come di seguito riportato:

- 1. frattura d'angolo con perdita della parte in distacco, dovute probabilmente a pressioni localizzate per mancanza di giunti di dilatazione;
- 2. frattura passante dell'intero blocco, talvolta con perdita della parte in distacco;
- 3. distacco e perdita del bordo superiore verso l'acqua, dovuta ad urto di natante o catena da ormeggio, talvolta con estensione della scagliatura alla superficie superiore secondo le linee di frattura;
- 4. sfogliatura e distacco lungo piani sub-orizzontali, creati dall'inclusione di strati di materiali meno resistenti nelle fasi di formazione della pietra.

La tavola 14959-20_PD.14 illustra le tipologie di dissesto del muro di sponda sopracitate



dissesti dei bolognini della tipologia 1 e 2 sopra descritte



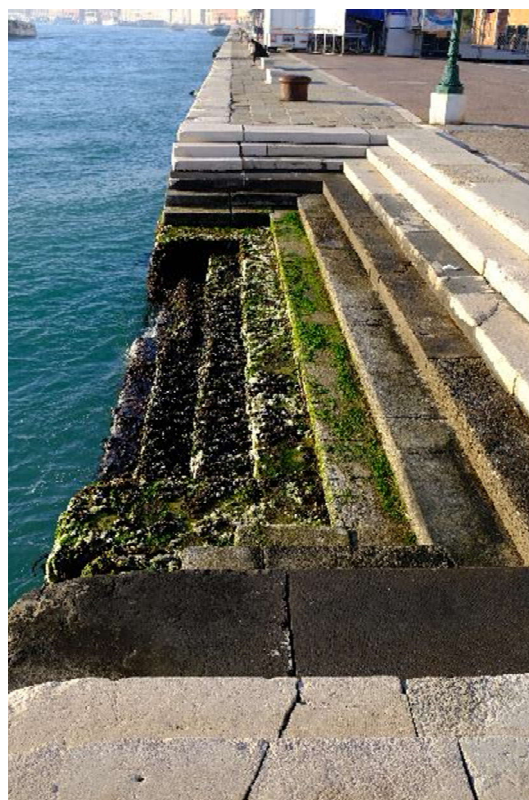
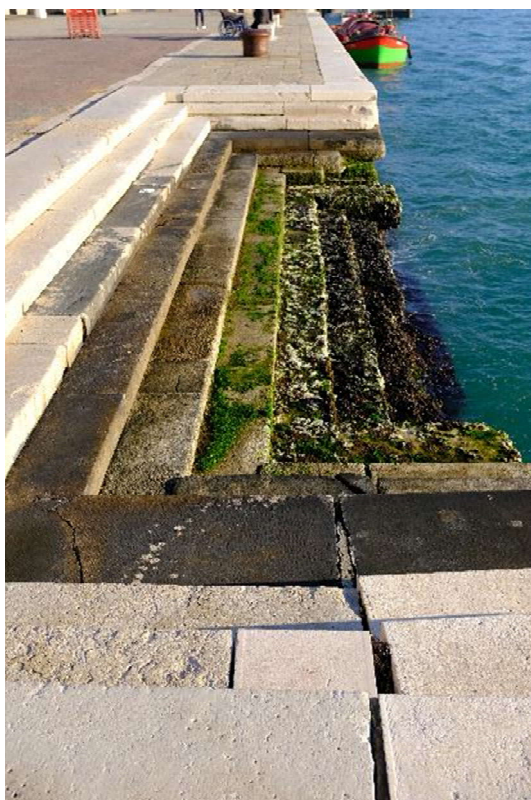
dissesti dei bolognini della tipologia 3 e 4 sopra descritte

Le rive d'acqua

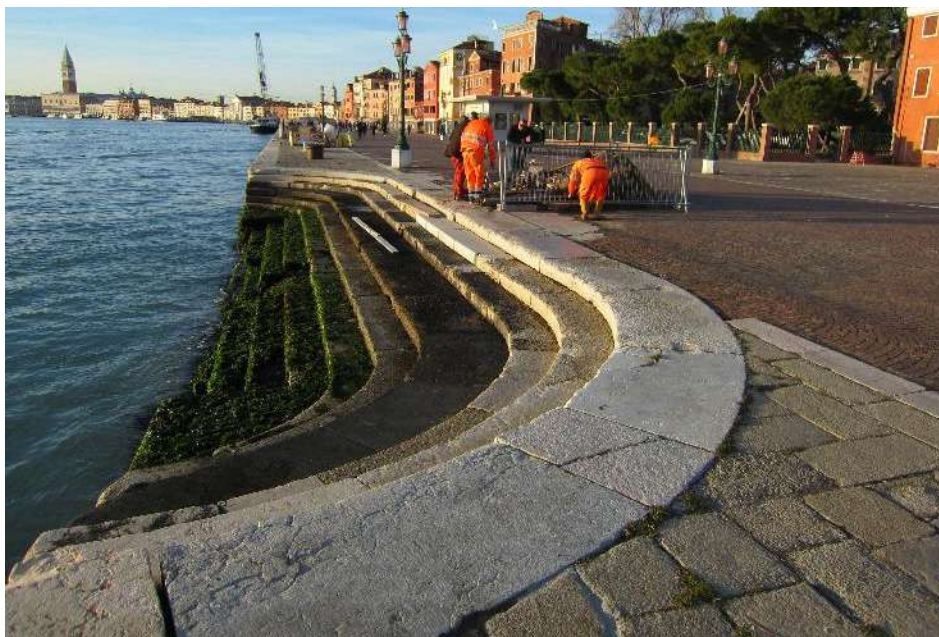
La riva dei Sette Martiri presenta tre accessi acquei principali: quella centrale che ha una forma rettangolare ad angoli arrotondati e quelle laterali di forma rettangolare. Tutte e tre presentano uno stato di conservazione molto compromesso che viene riassunto come:

- estesi e profondi attacchi biologici al di sotto del terzo gradino, con aggrappo di colonie di mitili e alghe infestanti;
- perdita del materiale costituente i giunti con esposizione dell'interfaccia fra i blocchi;
- frattura d'angolo con perdita della parte in distacco, dovute probabilmente a pressioni localizzate per mancanza di giunti di dilatazione;
- spostamento e rotazione di blocchi angolari

La tavola 14959-20_PD.15 illustra le tipologie di dissesto delle rive d'acqua sopra citate.



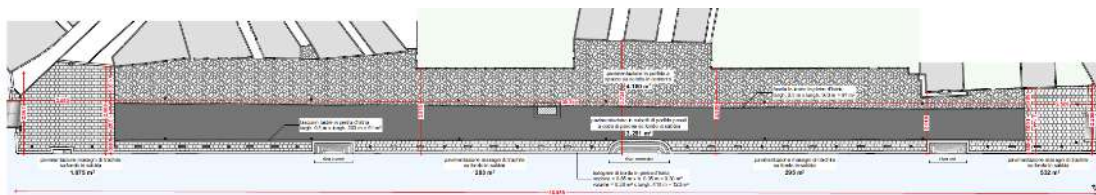
rive laterali, verso ovest a sinistra e verso est a destra



riva centrale

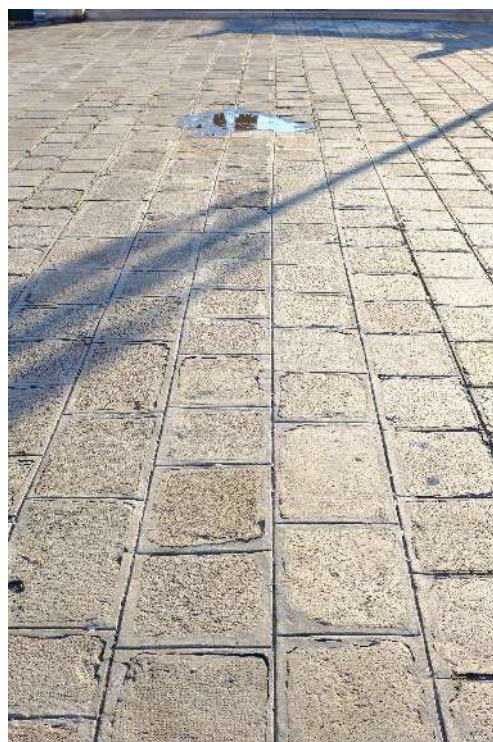
La pavimentazione

La pavimentazione della riva è suddivisa in tre fasce principali: la prima verso il bacino di larghezza pari a 4,6 m circa che è costituita da blocchi di trachite (“masegni”) delimitati ai lati da blocchi di pietra d’Istria, quella centrale di larghezza 12 m costituita da blocchetti quadrati di porfido disposti a coda di pavone e quella più interna composta da porfido a spacco su una soletta di cemento.



pianta con individuazione delle tre tipologie di pavimentazione

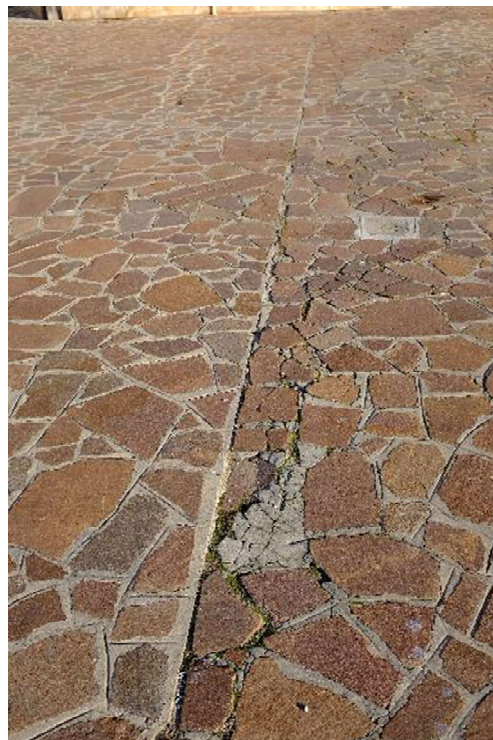
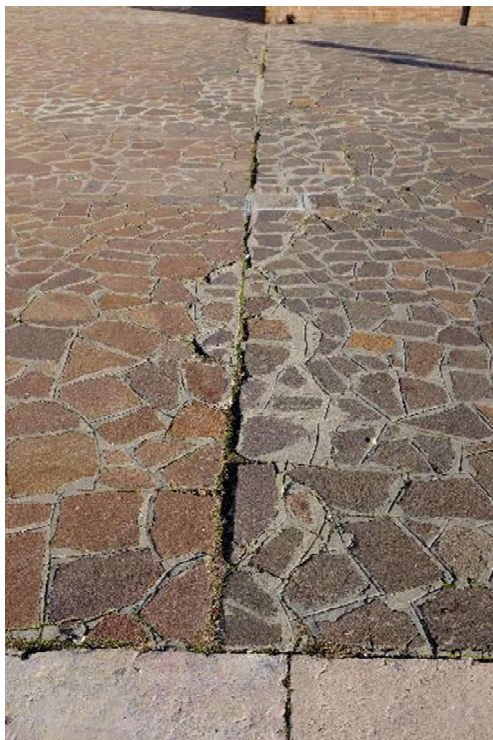
La pavimentazione presenta parecchi dissesti in tutte e tre le fasce, legati a svariati interventi singoli avvenuti nel tempo, rimozione con mancata sostituzione di elementi singoli e sovraccarichi dovuti al passaggio di mezzi gommati. La tavola 14959-20_PD.06 riporta una documentazione fotografica dello stato di fatto complessivo della pavimentazione.



pavimentazione in blocchi di trachite



pavimentazione in blocchetti di porfido a coda di pavone



pavimentazione in lastre di porfido a spacco

3.2 Rilievo plano-altimetrico

Il rilievo topografico di precisione con strumentazione laser scanner, appoggiato su una rete di capisaldi rilevati con stazione totale, è stato eseguito nel mese di dicembre 2021.

Gli elaborati grafici 14959-20_PD.04 e 14959-20_PD.06, restituiscono graficamente i dati raccolti e le rielaborazioni critiche condotte.

È stata quindi ricostruita graficamente l'altimetria della pavimentazione al fine di confrontarla con quelle del progetto Ramses, attuato dalla Società Insula S.p.A. per conto del Comune di Venezia nel 2010.

Il confronto fra le due livellazioni di precisione, riportato nella tavola 14959-20_PD.09, evidenzia una sostanziale corrispondenza fra i due rilievi, con differenze locali, non sistematiche, poco significative.

Per le finalità del progetto di conservazione è stato quindi effettuato un fotoraddrizzamento della fascia di masegni verso il lato del bacino di San Marco e dei due campi ai piedi dei ponti di estremità.



pianta con foto raddrizzamento della pavimentazione di trachite

3.3 Indagine geognostica

Le indagini geologiche sono state effettuate a febbraio 2022 dalla ditta GE Ground Engineering S.r.l. con sede legale a Via Villa, 5/c – 30010 Campolongo Maggiore (VE) e sono servite a caratterizzare, dal punto di vista geologico e geotecnico, i terreni interessati dalla costruzione dei cassoni al fine di condurre, per quanto possibile, alcune valutazioni strutturali globali sulle condizioni dell'opera.

Le indagini complete sono riportate nella relazione geologica e di seguito se ne riassumono i contenuti principali.

Per la caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni sono state previste le seguenti indagini:

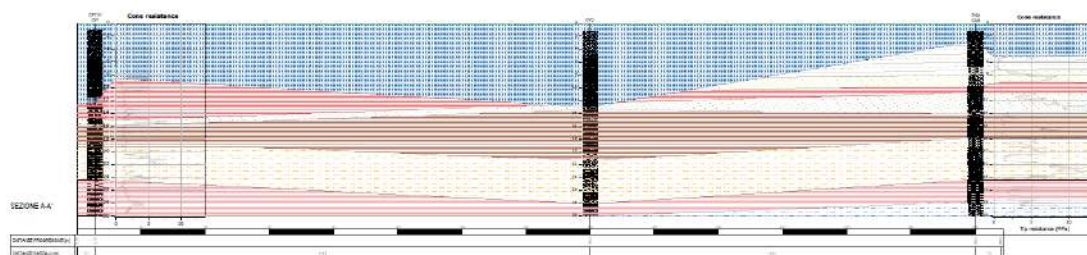
- n°2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTU), spinte fino a -30 m dal p.c.;
- n°3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino a -30 m dal p.c., denominati CV1, CV2 e CV3
- n°6 prove di carico su piastra (PLT);
- n°1 indagine geofisica di sismica attiva MASW.












pianta con individuazione delle prove geotecniche effettuate

Dagli esiti delle indagini in sito è emerso quanto segue.

- Le prove penetrometriche e i sondaggi geognostici hanno evidenziato la presenza di un primo strato di riporto di spessore variabile da circa 13 m in corrispondenza dei sondaggi CV1 e CV2 a circa 3 m in CV3. Il diverso spessore del riempimento corrisponde al naturale declivio del terreno preesistente l'intervento. I sedimenti naturali iniziano con uno strato argilloso limoso con resti vegetali, che si estende fino a 7/8 m dal p.c., seguito da un livello sabbioso, spesso circa 1,5 m. Questi strati sono stati riscontrati in corrispondenza del sondaggio CV3 e della prova PS2 mentre nei sondaggi CV1 e CV2 e nella prova PS1 risultano oblitterati dallo strato superficiale di riporto. Si riscontra successivamente un livello argilloso limoso, di spessore circa 1 m, che in corrispondenza del sondaggio CV2 risulta nascosto dal materiale di riporto. In seguito è presente un livello sabbioso, con spessore crescente procedendo da ovest verso est, che precede uno strato argilloso limoso con livelli organici. Tale strato coesivo raggiunge i 19,5 m dal p.c. nella prova PS1 e nel sondaggio CV1, i 21,5 m dal p.c. in CV2, mentre nel sondaggio CV3 e nella prova PS2 termina a circa 18,0 m. Da tali profondità inizia un banco sabbioso con intercalazioni limoso sabbiose, con spessore variabile tra circa 5 e 7 m, seguito da uno strato coesivo limoso argilloso con livelli di torba e, nelle indagini CV3 e PS2, nuovamente da uno strato sabbioso con limo e argilla.



LEGENDA

-  Strato 1: Riporto
-  Strato 2: Argille e limi
-  Strato 3: Sabbie e sabbie limose
-  Strato 4: Argilla limosa con livelli organici
-  Strato 5: Sabbia limosa e limo sabbioso
-  Strato 6: Argilla limosa con intercalazioni di limo argilloso e livelli organici
-  Strato 7: Sabbia limosa e limo sabbioso
-  Strato 8: Argilla limosa con intercalazioni di limo argilloso e livelli organici
-  Strato 9: Sabbia con limo e argilla

ricostruzione del profilo stratigrafico del terreno della riva

- La categoria di sottosuolo, secondo la normativa vigente, risulta essere C ovvero *“depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*

Strato	Vs [m/s]	Spessore [m]	Profondità [m]
1	202	1.9	1.9
2	167	6.3	8.2
3	168	4.3	12.5
4	179	3.4	15.9
5	200	2.9	18.8
6	291	1.9	20.7
7	322	2.4	23.1
8	373	Inf.	Inf.

$V_{Seq} = 216 \text{ m/s}$

Suolo di tipo C

modello di velocità delle onde S

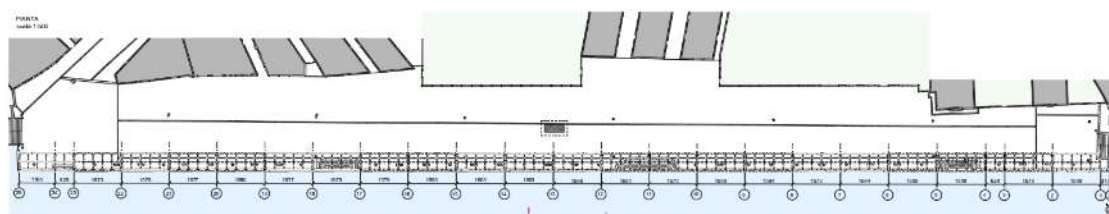
- Dalla verifica a liquefazione risulta che alcuni livelli sabbiosi centimetrici sono suscettibili di liquefazione; tuttavia dato lo spessore limitato di tali intervalli e la discontinuità sulla verticale, il rischio può considerarsi trascurabile.
- Il confronto fra le prove di carico su piastra eseguite evidenzia la variabilità dei valori di Modulo di Deformazione dovuta alla diversa composizione granulometrica dei materiali utilizzati ed al loro differente grado di costipamento.

Nella tavola 14959-20_PD.11 viene riportata una sintesi dei risultati ottenuti.

3.4 Indagini subacquee

Nel mese di gennaio 2022 la ditta MariSub Snc, con sede in Via Marzabotto 28, 30010 Campagna Lupia (VE), ha effettuato un'indagine subacquea con ispezione visiva della parte sommersa dell'intero fronte di intervento con locali approfondimenti in corrispondenza di alcuni giunti che hanno compreso la pulitura del paramento dalle alghe e dalle incrostazioni organiche.

L'indagine ha permesso di individuare l'esatta posizione dei giunti tra i cassoni in calcestruzzo rispetto alla parte visibile dalla riva e di misurarne la larghezza in sommità ed alla quota di imposta (tavole 14959-20_PD.12 e 14959-20_PD.13).



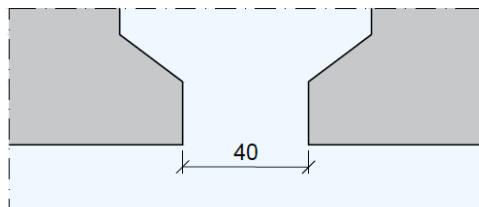
pianta con individuazione dei giunti tra i cassoni

È inoltre emerso che i giunti del lato est, fino al numero 12 che si trova subito dopo la riva centrale, sono senza l'elemento di chiave centrale e pertanto sono mediamente più larghi (raggiungendo una larghezza massima di 60 cm in corrispondenza del giunto 4) rispetto ai rimanenti che presentano una larghezza media di pochi centimetri. Questa mancanza, che potrebbe indurre a pensare ad una maggiore perdita del materiale di riporto retrostante i cassoni di c.a. a seguito dell'alternarsi delle maree e dell'infiltrazione di acqua, tuttavia non trova corrispondenza nei dissesti rilevati nella pavimentazione.

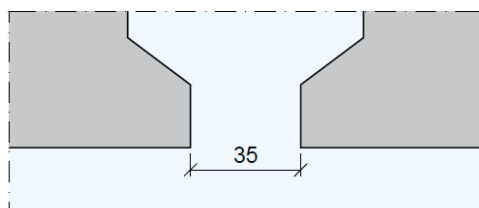
Il confronto tra i rilievi altimetrici del 2010 e del 2021, fatto salvo il diverso grado di approssimazione delle curve di livello, non ha evidenziato variazioni significative complessive dei profili altimetrici, ma solo abbassamenti locali, in qualche caso conseguenti ad interventi sui sottoservizi e comunque con distribuzione casuale non collegata alla posizione dei giunti tra i cassoni, come rappresentato nella tav 14959-20_PD.09.

GIUNTO 5

larghezza in sommità = 40 cm

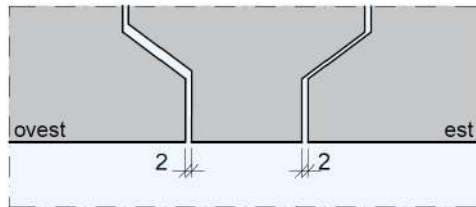


larghezza sul fondo = 35 cm

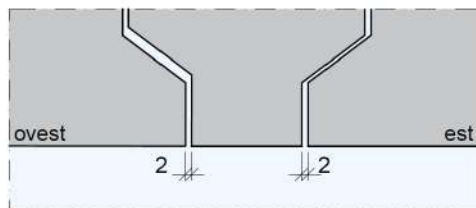


GIUNTO 16

larghezza in sommità = 2 cm (ovest) - 2 cm (est)



larghezza sul fondo = 2 cm (ovest) - 2 cm (est)



Rappresentazione delle due tipologie di giunto riscontrate sul lato est (giunto 5) e sul lato ovest (giunto 16)



indagini subacquee lungo la riva

Sono state effettuate inoltre tre perforazioni orizzontali volte ad indagare lo spessore e la consistenza del muro di sponda al fine di ricavare elementi utili per la valutazione della sua stabilità strutturale.

I tre carotaggi di seguito riportati, sono stati effettuati alla base del paramento murario, sopra ai cassoni di cemento, individuandoli con distanze progressive in metri partendo dall'angolo est verso la riva dei Giardini. Essi hanno evidenziato che, oltre al primo strato di rivestimento

lapideo in pietra d'Istria, vi è un muro di calcestruzzo che sembra essere in buono stato di conservazione.



pianta con individuazione dei carotaggi orizzontali effettuati

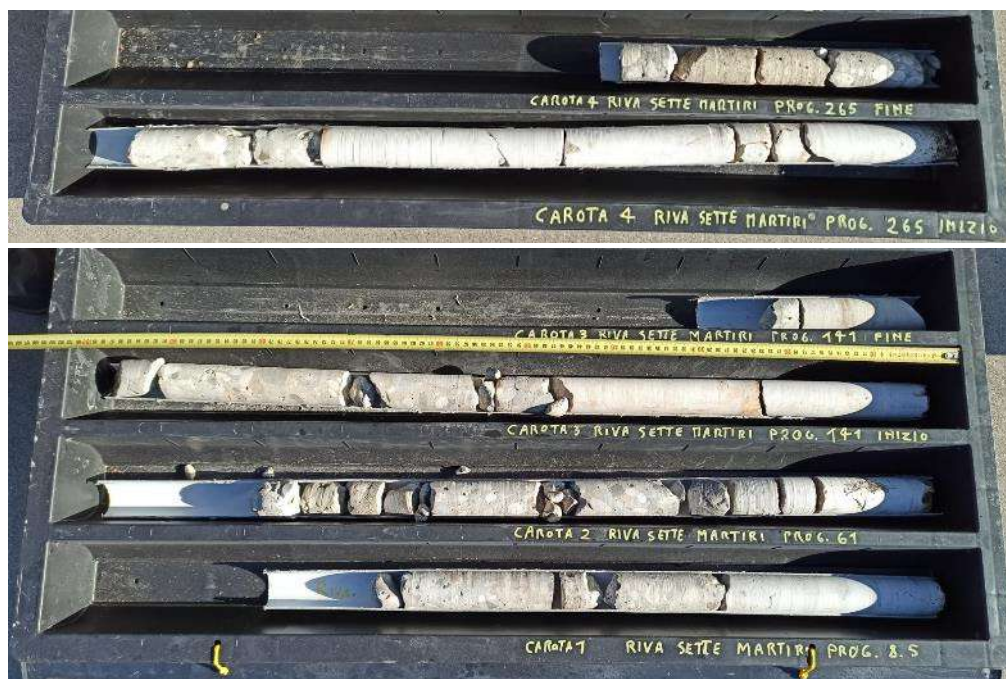
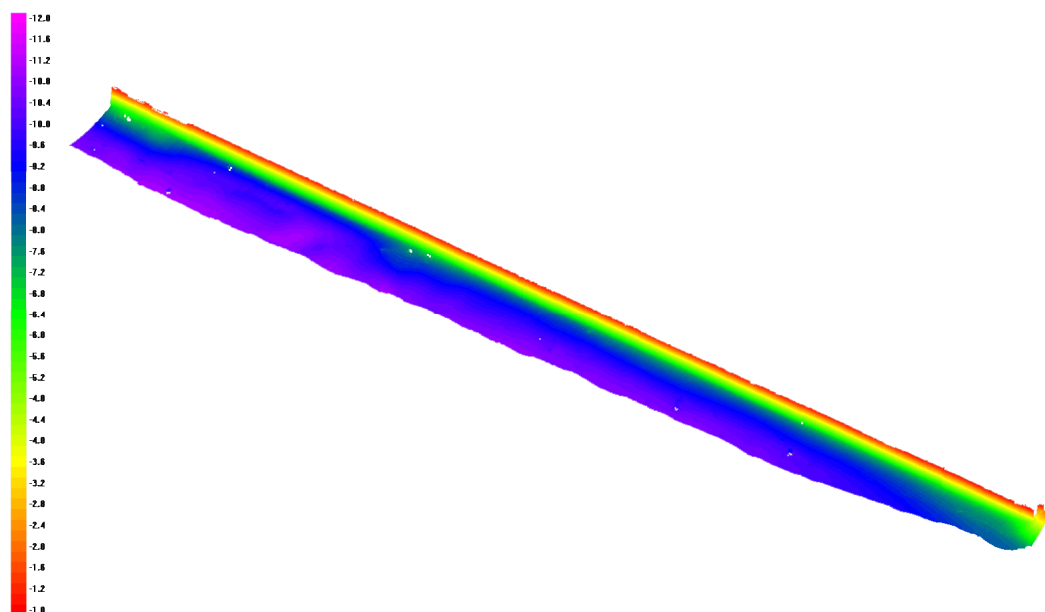


foto delle carote orizzontali sul paramento murario

Nell'ambito dell'indagine subacquea si è provveduto anche al rilievo batimetrico del fondale antistante la Riva dei sette Martiri per una larghezza pari a circa 10 m.

Il fondale è abbastanza omogeneo per tutta la lunghezza e parte da un'altezza di circa 8 m in corrispondenza del piede del cassone fino ad arrivare a circa 12 m procedendo verso il bacino.

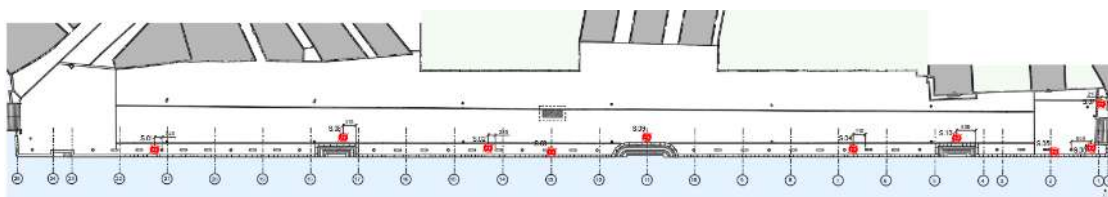


rappresentazione della batimetria del fondale

3.5 Ispezioni dirette

Per verificare la consistenza dei cassoni ed il loro rapporto con la parte superiore del marginamento di sponda rivestito in pietra, sono stati effettuati alcuni scavi d'ispezione locale diretta, affidati all'impresa Pacella Pietro Impresa Costruzioni con sede in Via Belvedere, 85054 Muro Lucano (PZ), variamente distribuiti a tergo del muro di sponda.

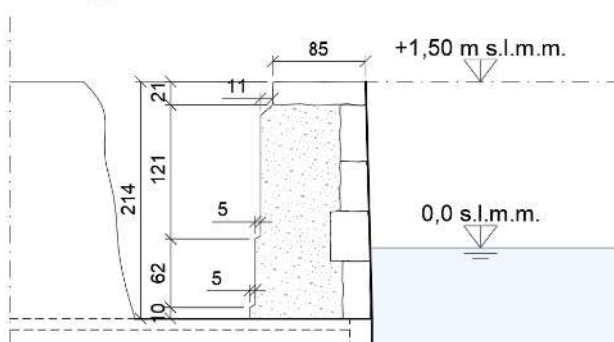
La tavola 14959-20_PD.10 riporta l'ubicazione dei sondaggi e la restituzione dei dati raccolti.



pianta delle ispezioni fatte

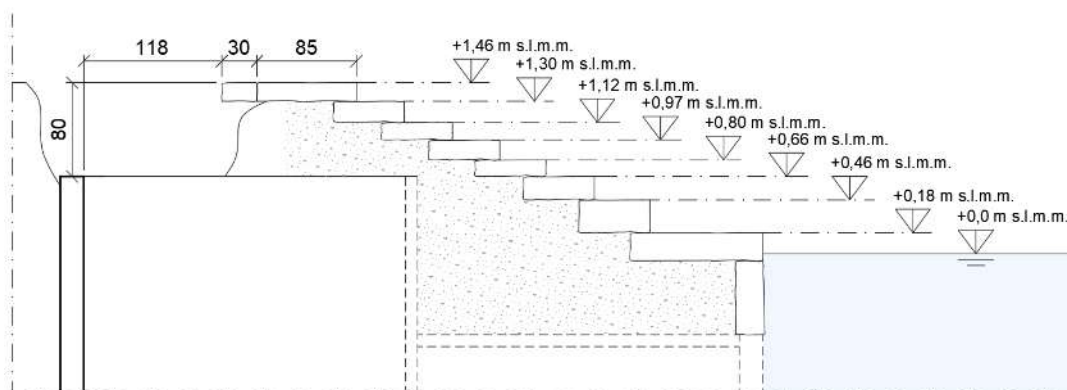
Essi hanno permesso di capire la geometria del muro e di ricostruire le sezioni in corrispondenza della riva e delle scalinate dell'accesso acqueo.

Sondaggio S.01



sezione costruita in corrispondenza del muro di marginamento

Sondaggio S.07



sezione costruita in corrispondenza della gradinata di accesso alla riva

Dai sondaggi effettuati sul muro di sponda è emerso che, sulla parte retrostante i bolognini visibili dal bacino, è presente un muro in calcestruzzo di circa 1 m di spessore, poggiante su una soletta di c.a..

Il sondaggio S.09 è risultato molto importante per comprendere il meccanismo di giunzione fra i cassoni poichè ha messo in luce il giunto fra due elementi contigui in corrispondenza della riva d'acqua centrale (giunto 11). E' stato quindi possibile ispezionare, in particolare, la sommità dell'elemento di congiunzione infilato nelle scanalature tra due cassoni attigui per impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento utilizzato per imbonire ed allargare la riva.

Lo scavo ha inoltre messo in luce la staffa di acciaio che è stata probabilmente utilizzata per il governo del cassone in galleggiamento, dal luogo di fabbricazione fino alla posizione definitiva in opera prima dell'affondamento. Questa operazione avveniva pompando all'interno materiale inerte, forse dopo una prima fase di regolazione della posizione che poteva avvenire pompando all'interno dell'acqua per maggiore facilità di regolazione dei manufatti in fase di posizionamento.

Sopra al giunto è poi presente una soletta da 20 cm di spessore che si sviluppa parallelamente alla riva e sorregge la parete di mattoni utilizzata per sostenere la soletta di sottofondo e la gradonata.



giunto 11 tra due cassoni adiacenti del lato opposto al bacino

Un altro sondaggio effettuato in corrispondenza del giunto 13 (S.03), ha permesso di osservare una seconda tipologia di chiave tra due cassoni attigui e soprattutto ha messo in luce una fessurazione verticale del muro di sponda che si è creata proprio in questo punto di discontinuità naturale della base di appoggio del muro.



giunto 13 tra due cassoni adiacenti verso il lato del bacino



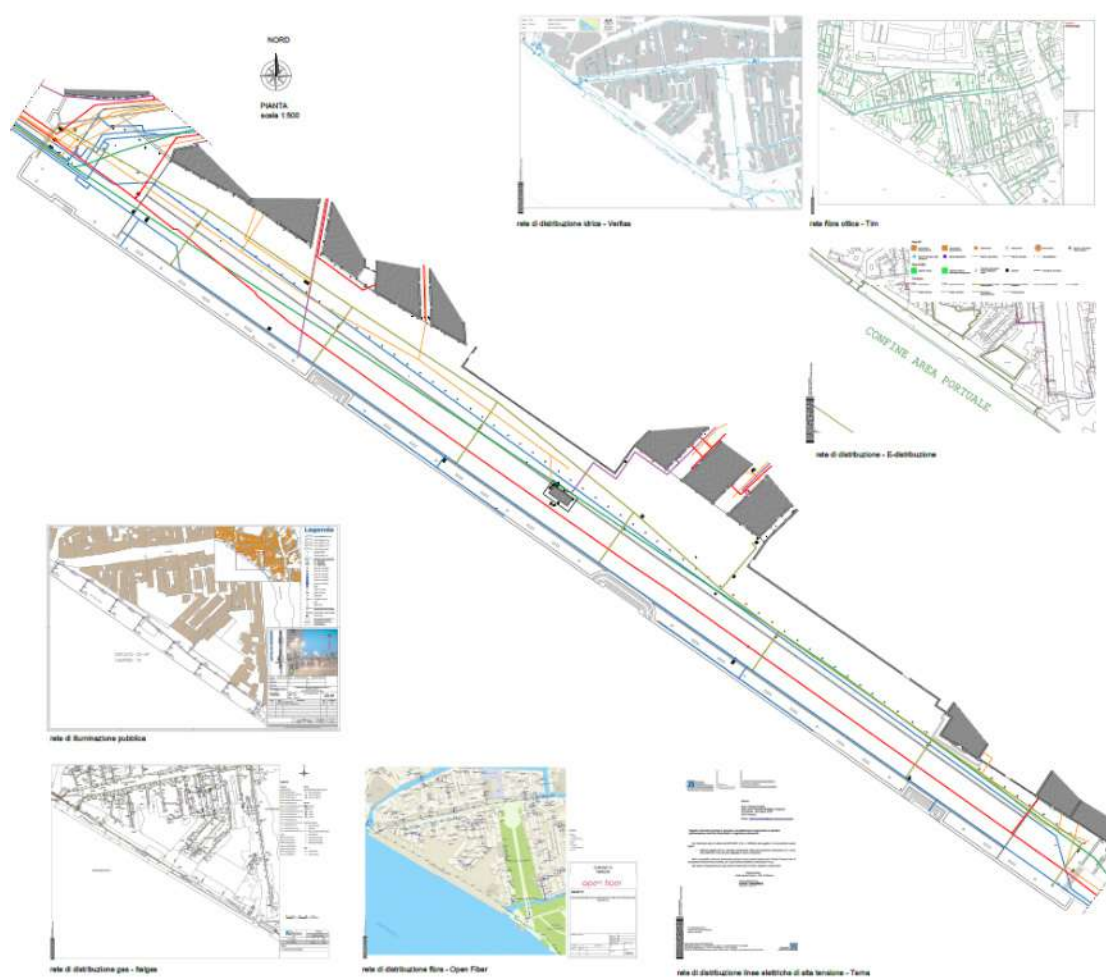
spostamento di un gradino di marmo già scollegato

3.6 Tracciati dei sottoservizi

Le planimetrie dei sottoservizi sono state richieste dal Comune di Venezia agli Enti gestori e le informazioni raccolte sono state riportate nell'elaborato grafico 14959-20_PD.08.

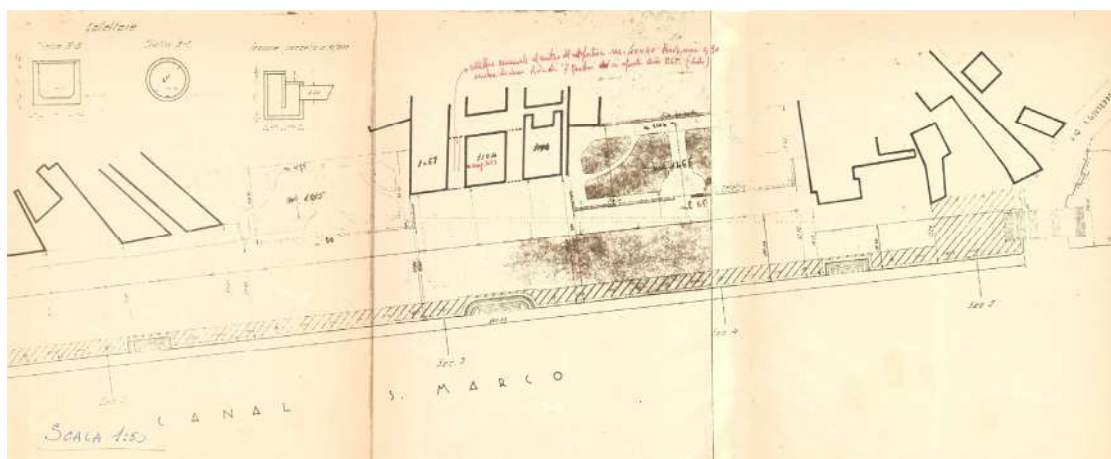
Sotto la pavimentazione della riva sono presenti linee elettriche di media tensione, del gas, dell'acquedotto comunale, dell'illuminazione pubblica, delle reti dati e della telefonia.

Le lavorazioni di progetto non prevedono scavi importanti sulle pavimentazioni che possano creare interferenze dirette con i sottoservizi ma occorre tenerne conto in fase di compattazione del sottofondo al fine di evitare possibili danneggiamenti alle linee, in particolare per le tubazioni Veritas che sono di dimensioni importanti e realizzate in larga parte in ghisa, materiale suscettibile di rotture fragili se sollecitato in maniera anomala.



pianta dei sottoservizi

Le informazioni reperite sulla rete fognaria della riva sono riportate direttamente nella tavola 14959-20_PD.23 e indicano la presenza di una rete di raccolta delle acque meteoriche che si sviluppa lungo la linea delle forine esistenti per poi essere trasferite attraverso dei collettori trasversali in una linea principale che recapita le acque nei canali interni, senza interferire con il marginamento di sponda costruito sui cassoni.



cartografia storica delle linee smaltimento acque meteoriche

4 Progetto

L'intervento di progetto della Riva dei sette Martiri è inquadrabile essenzialmente come intervento di manutenzione e di restauro conservativo della grande opera, per la prima volta in maniera organica, a meno di cento anni dalla sua messa in servizio.

Gli ambiti del progetto sono:

- la parte superiore del muro di marginamento con le sue rive a gradonata
- la pavimentazione nelle sue tre differenti tipologie.

Nei paragrafi seguenti sono descritti i principali gruppi di lavorazioni cui è riconducibile l'intervento:

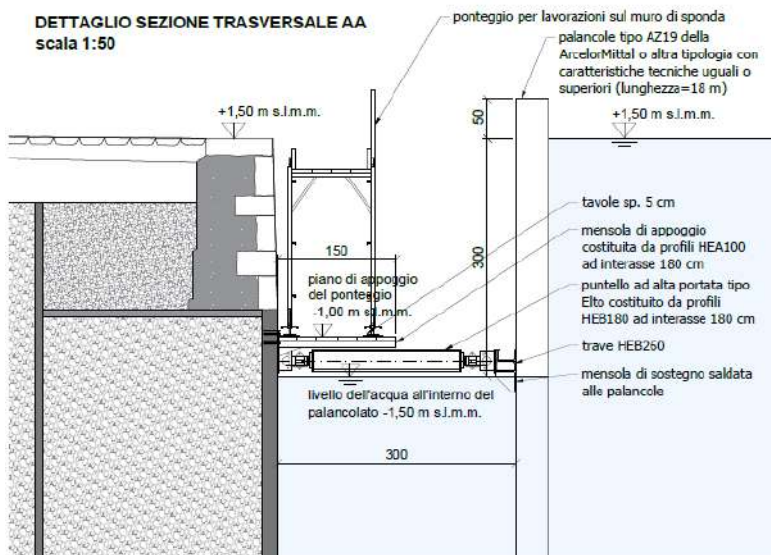
- l'installazione delle opere provvisorie necessarie alla messa in asciutto della parte superiore del muro di sponda;
- la manutenzione ed il ripristino strutturale della parte superiore del muro di sponda;
- il restauro delle listoline in pietra;
- il restauro delle rive d'acqua;
- il ripristino della pavimentazione.

4.1 Opere provvisorie

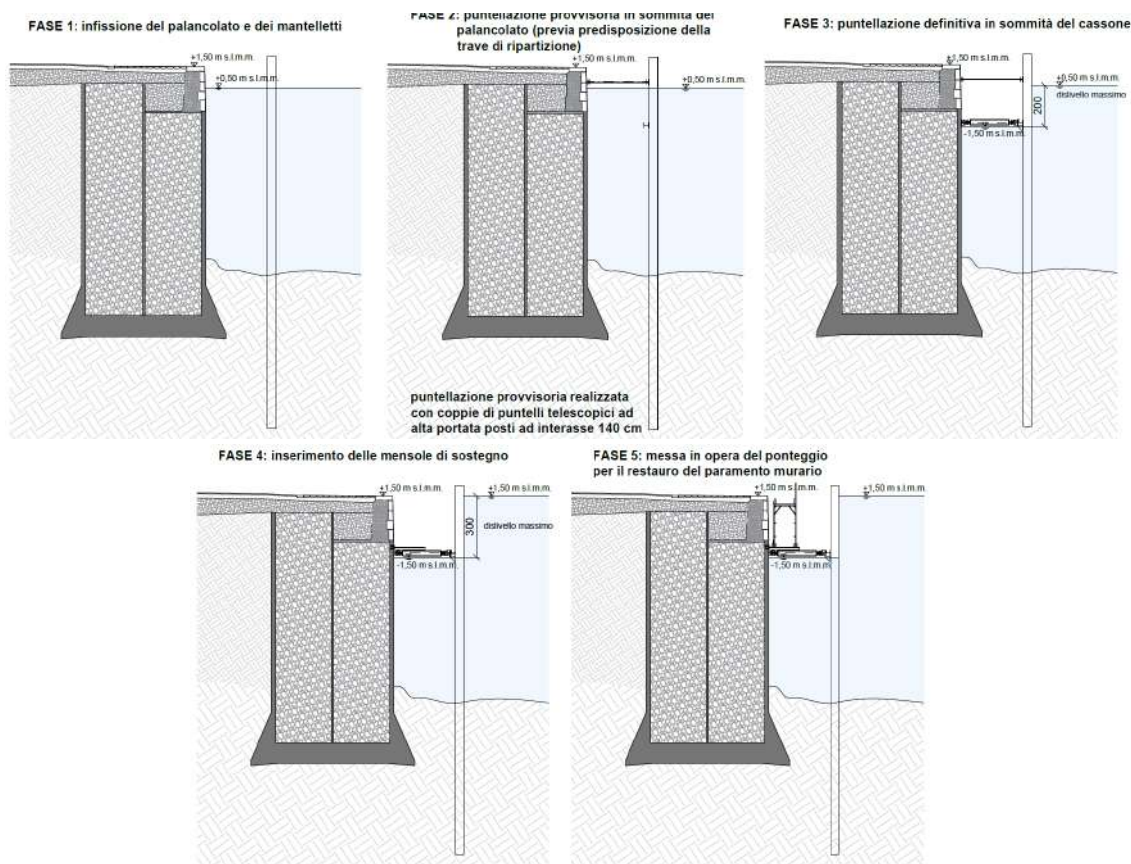
Per effettuare il restauro del muro di sponda sul fronte verso il bacino, è previsto l'inserimento di palancole tipo AZ19 della ArcelorMittal o altra tipologia con caratteristiche tecniche equivalenti o superiori. La lunghezza complessiva delle palancole è di 18 m ed andranno infisse nel terreno per circa 7,5 m. La stabilità dell'opera sarà garantita dalla messa in contrasto contro i cassoni in c.a. alla quota di -3,5 m dalla sommità, tramite puntelli ad alta portata tipo Elto o tipologia simile.

Sarà quindi installato un ponteggio di servizio che sarà sorretto da mensole, poste ad un interasse di 1,8 m, che corrisponde alla posizione dei montanti del ponteggio, costituite da profili HEA100 inghisati ai cassoni, che saranno installate ad una quota leggermente più alta rispetto ai puntelli per evitare sforzi di flessione su questi ultimi.

Si prevede l'installazione del cassero in tre fasi successive, ciascuna contenente una riva d'acqua, come soluzione di equilibrio fra l'esigenza di produzione del cantiere e quella di mantenere sgombra e fruibile alle esigenze portuali parte della Riva, considerando anche la necessità di compensare l'onere di noleggio delle palancole metalliche e dello spostamento dei mantelletti.



dettaglio del ponteggio e delle opere provvisionali



fasi di sviluppo del cantiere

4.2 Ripristino del muro di sponda

Le analisi statiche effettuate non hanno evidenziato carenze strutturali nell'intervento di costruzione della riva: le verifiche di stabilità dei cassoni, a scorrimento ed a ribaltamento, risultano soddisfatte e gli assestamenti fondazionali, a distanza di tempo, si sono dimostrati contenuti, non risultando, dai rilievi topografici e subacquei condotti, fuori verticalità o cedimenti relativi significativi.

Pertanto l'intervento sul muro di sponda sarà mirato alla manutenzione ed al consolidamento della porzione superiore del marginamento, che ha manifestato distacchi e crolli locali del rivestimento lapideo, ed alla manutenzione della superficie del calcestruzzo nella porzione di sommità dei cassoni.

E' prevista una prima fase di idropulitura a pressione controllata dei paramenti a vista con eventuale rimozione manuale con impiego di spatole di legno o di plastica delle incrostazioni organiche tenaci.

Sarà quindi verificato puntualmente lo stato di conservazione del tratto sommitale del cassone di calcestruzzo armato e si provvederà a ricostruire localmente lo strato di copriferro con malta tissotropica da ripristino, previa spazzolatura e trattamento dei ferri di armatura esposti.

Si provvederà quindi all'integrazione dei blocchi lapidei crollati recuperandoli dal fondale o fornendone di nuovi, del medesimo litotipo, nel caso l'operazione di recupero non andasse a buon fine.

In corrispondenza delle integrazioni e laddove risultasse precario l'ancoraggio dei blocchi al muro di c.a. retrostante è previsto il ricorso alla posa di arpesi in acciaio inox AISI316L.

Nel caso invece di rotture locali dei blocchi, quali lesioni importanti o fratture multiple ravvicinate, con parti minori in distacco, si procederà a riparare in sede gli elementi con interventi tradizionali di incollaggio e di inserimento di perni sottili in acciaio inossidabile o con tasselli di materiale omogeneo.

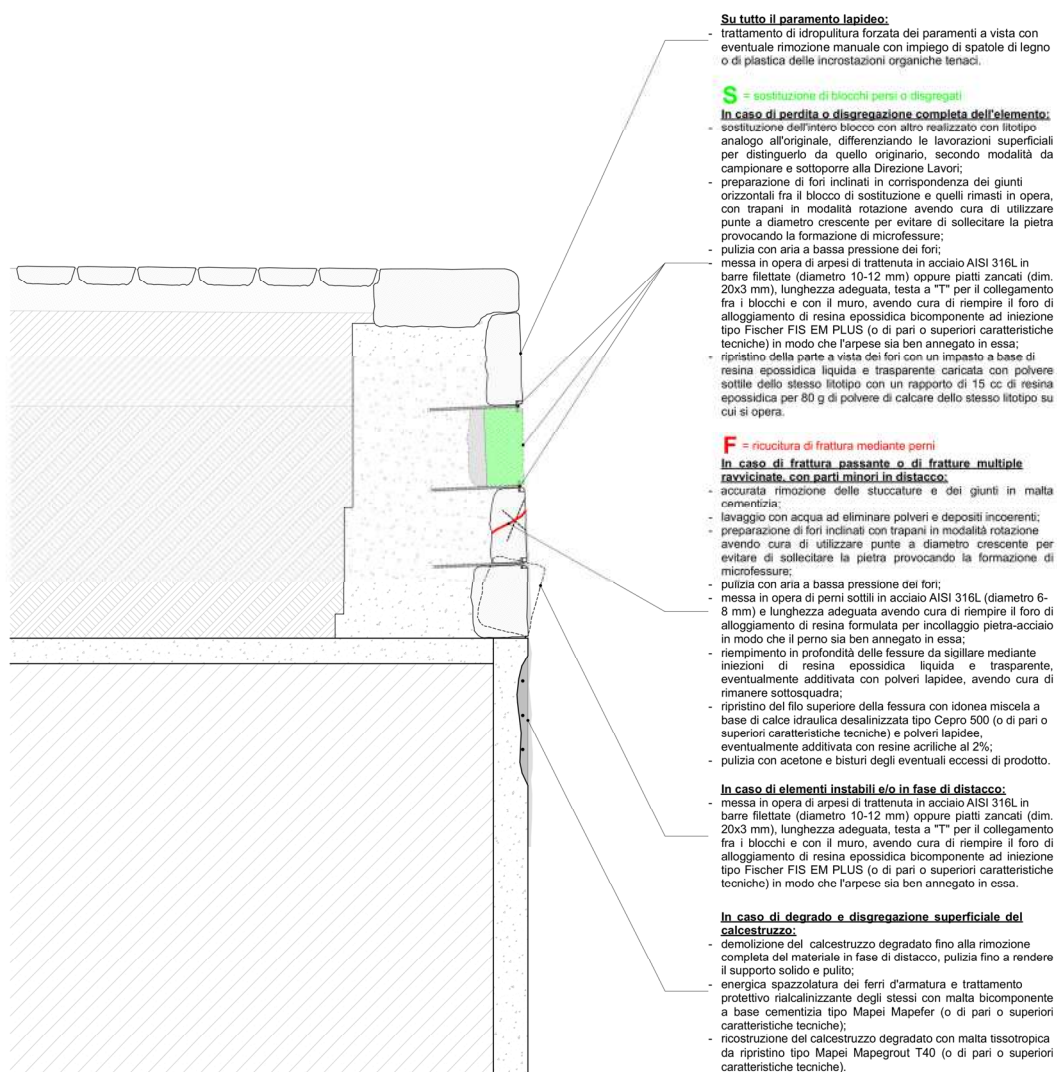
Il progetto prevede inoltre il rifacimento di tutte le stuccature delle fughe fra i blocchi che si presentano diffusamente erose e la cui rovina prelude al distacco dei blocchi. L'intervento sarà eseguito con malta pozzolanica fibrorinforzata additivata con pigmenti chiari per replicare la tonalità del materiale originario e sarà preceduto dalla scarnitura profonda dei giunti.

Particolare attenzione sarà posta alle fughe che si collocano nell'intorno dei giunti fra i cassoni poiché in queste porzioni sono più evidenti i distacchi e le compressioni fra i blocchi come naturale conseguenza della presenza stessa dei giunti.

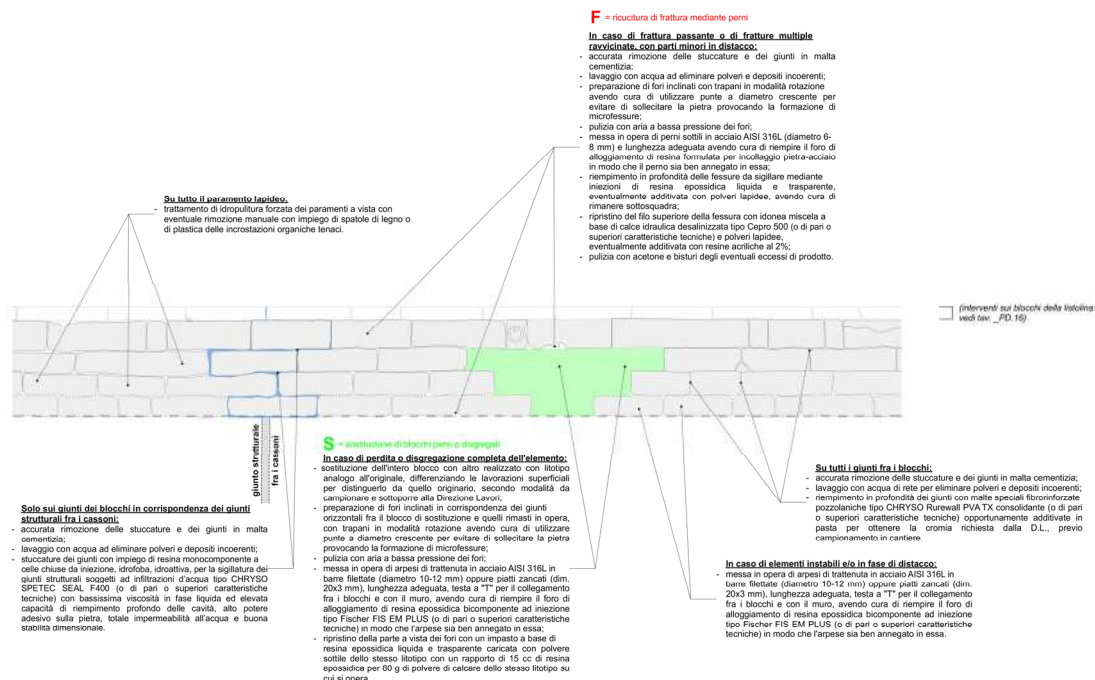
In corrispondenza dei giunti è prevista anche la messa in luce della faccia retrostante della struttura del muro c.a. gettato in opera che collega in sommità i cassoni. In corrispondenza di

un'ispezione eseguita si è infatti scoperta una fessurazione sulla struttura in prosecuzione della linea di giunto fra i cassoni e risulta quindi opportuno verificare questi giunti naturali ed eventualmente proteggerli dai danneggiamenti da infiltrazione.

Gli interventi sono descritti nel dettaglio nella tav. 14959-20_PD.18.



interventi sul muro di sponda: sezione



interventi sul muro di sponda: prospetto

4.3 Restauro e conservazione della listolina in pietra

Gli interventi previsti sulla listolina in pietra, posta in sommità del muro di sponda, sono volti alla conservazione integrale degli elementi, riparando quelli maggiormente danneggiati in passato dagli urti con interventi di ricostruzione parziale eseguiti in opera e calibrati in base all'entità del danno subito, senza ricorrere alla rimozione.

Scheggiature superficiali di piccola entità, testimoni del passare del tempo, non verranno trattate.

Lo scopo, oltre alla conservazione, è quello di avere comunque lungo la riva un piano pedonale percorribile in sicurezza, senza lacune o affossamenti che possano creare pericolo per la circolazione.

La sostituzione è prevista esclusivamente in quei pochi casi in cui la perdita di materia originaria è talmente estesa da rendere quantitativamente predominante l'eventuale parte di ricostruzione, oppure nei casi in cui le rotture lungo piani orizzontali, originate da alcuni difetti nella composizione fisico-chimica del blocco, ne rendano sconsigliabile la permanenza in opera.

I blocchi, per la loro posizione ed esposizione, si presentano in generale privi di attacchi biologici: è prevista pertanto solamente un'idropulitura a pressione controllata, mediante lavaggio con acqua ed eventuali detergenti anionici a pH controllato.

I danni riportati dai blocchi lapidei sono stati classificati in base alla loro estensione e volume, e suddivisi in 4 tipologie, a ciascuna delle quali è stata associata una tipologia di intervento:

- R = ricostruzione in resina $0 < dmc (l) < 3$;
- T1 = tassello $0 < dmc (l) < 5$;
- T2 = tassello $5 < dmc (l) < 10$;
- T3 = tassello $dmc (l) > 10$.

In ciascuno di questi casi sarà eseguita una pulitura preliminare della pietra nella superficie interna alla lacuna, rimuovendo eventuali parti in distacco, depositi o residui di vecchie malte con l'ausilio di spazzole morbide, bisturi e piccoli scalpelli, e sgrassando la superficie con acetone.

Qualora il danno sia superficiale, ma esteso alla parte superiore del blocco, si procederà alla ricostruzione in resina, mediante inclusione, nel letto della lacuna, di micro-perni in barre filettate acciaio inox AISI 316L o in vetroresina, avendo cura di sottostare almeno 5 mm al piano di finitura. A seguire la lacuna verrà riempita da un impasto a base di resina epossidica liquida e trasparente, caricata con polvere sottile dello stesso litotipo su cui si opera. Completeranno l'opera una levigatura atta a pareggiare l'integrazione con il piano limitrofo originale e a rimuovere il velo di resina superficiale, ed un trattamento di finitura finale dell'integrazione secondo le indicazioni della D.L..

Quando il danno abbia maggiore profondità o estensione, con perdita di parti di bordo o angolari, si procederà alla realizzazione di un tassello in pietra, formando dapprima una sede di incastro e mettendo poi in opera un tassello dello stesso litotipo su cui si opera mediante perni sottili in acciaio AISI 316L e lunghezza adeguata, avendo cura di riempire il foro di alloggiamento di resina formulata per incollaggio pietra-acciaio in modo che il perno sia ben annegato in essa. Infine le fessure da sigillare verranno riempite mediante iniezioni di resina epossidica liquida e trasparente, eventualmente additivata con polveri lapidee, avendo cura di rimanere sottosquadra, finendo l'operazione con il ripristino del filo superiore della fessura con idonea miscela a base di calce idraulica desalinizzata e polveri lapidee, ed una pulizia finale con acetone e bisturi.

Quando i blocchi presentino fratture passanti o fratture multiple ravvicinate, con parti minori in distacco, si procederà alla ricucitura mediante perni. Dopo un'accurata rimozione delle stuccature e dei giunti in malta cementizia e un lavaggio con acqua per eliminare polveri e depositi incoerenti, si prepareranno dei fori inclinati con trapani in modalità rotazione, e si

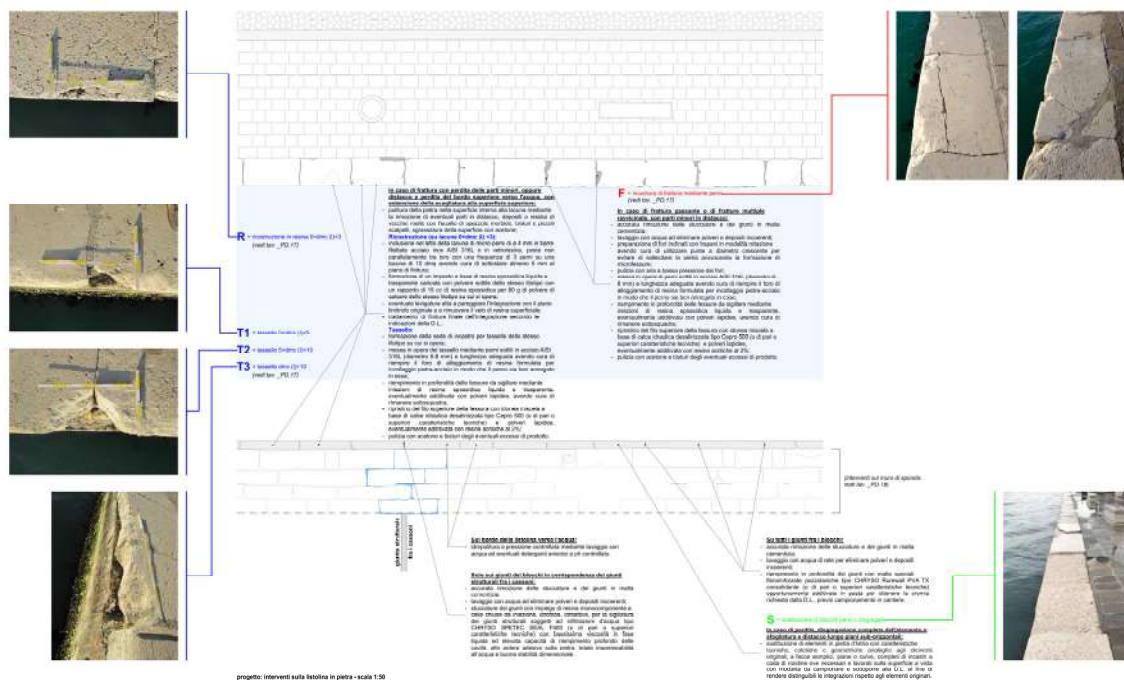
metteranno in opera di perni sottili in acciaio AISI 316L e lunghezza adeguata, avendo cura di riempire il foro di alloggiamento di resina formulata per incollaggio pietra-acciaio in modo che il perno sia ben annegato in essa. Le operazioni di finitura dell'intervento saranno poi le stesse descritte nel caso di inserimento di tasselli.

Su tutti i giunti fra i blocchi sarà eseguita un'accurata rimozione delle stuccature e dei giunti in malta cementizia, con lavaggio con acqua di rete per eliminare polveri e depositi incoerenti.

I giunti verranno poi riempiti in profondità con malte speciali fibrorinforzate pozzolaniche previo campionamento in cantiere, per ottenere una tonalità analoga a quella dei giunti preesistenti.

Faranno eccezione i giunti fra i blocchi posti in corrispondenza dei giunti strutturali fra i cassoni: qui, per consentire l'assorbimento delle deformazioni indotte dalle variazioni termiche, le stuccature saranno eseguite con resina monocomponente a celle chiuse da iniezione, idrofoba, idroattiva, adatta alla sigillatura dei giunti strutturali soggetti ad infiltrazioni d'acqua.

Le tavole inerenti al restauro della listolina sono la 14959-20_PD.16 e la 14959-20_PD.17.



interventi sulla listolina del muro di sponda

4.4 Restauro delle rive d'acqua

Viste le condizioni di dissesto in cui versano le tre rive d'acqua, con perdita di blocchi nelle parti più basse e dislocazione di alcuni blocchi della listolina di sommità, si è previsto lo smontaggio, previa numerazione e catalogazione, di tutti i blocchi lapidei, e il successivo rimontaggio dopo aver restaurato i blocchi medesimi e la soletta di appoggio.

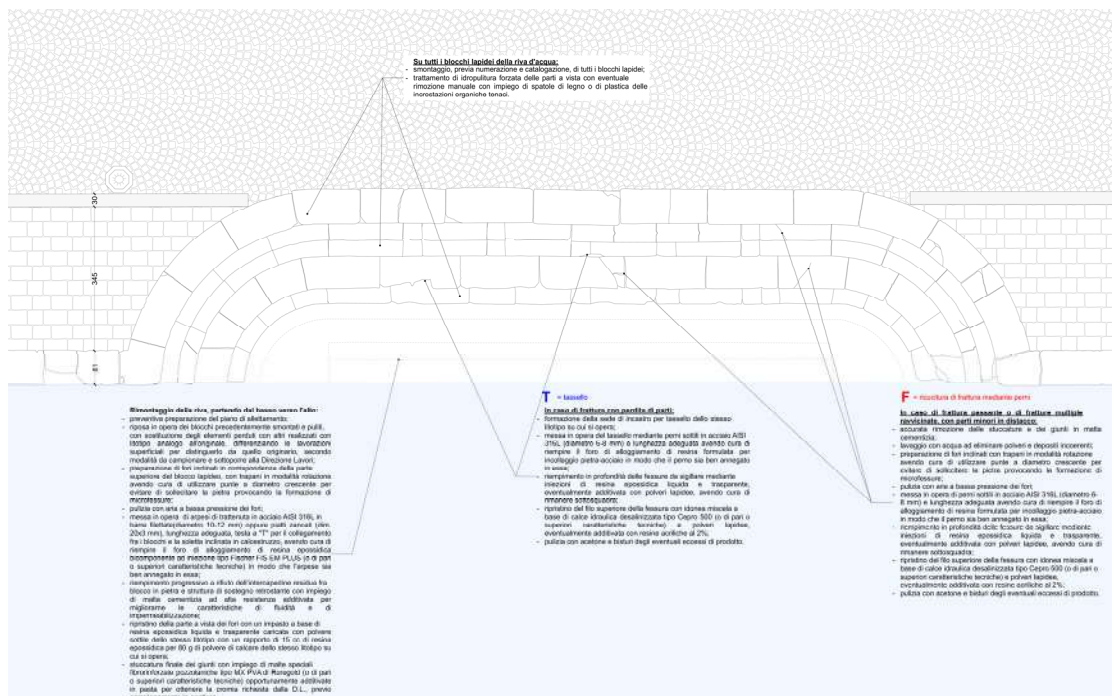
I blocchi lapidei andranno puliti mediante idropulitura forzata delle parti a vista, con eventuale rimozione con spatole di legno o di plastica delle incrostazioni organiche tenaci. I blocchi eventualmente fratturati andranno riparati mediante ricucitura con inserimento di perni.

Sulla soletta in calcestruzzo di appoggio della gradinata, una volta messa in luce, si procederà alla demolizione del calcestruzzo eventualmente degradato fino alla rimozione completa del materiale in fase di distacco, alla spazzolatura dei ferri d'armatura e al loro trattamento protettivo, ricostruendo poi il calcestruzzo con malta tissotropica da ripristino.

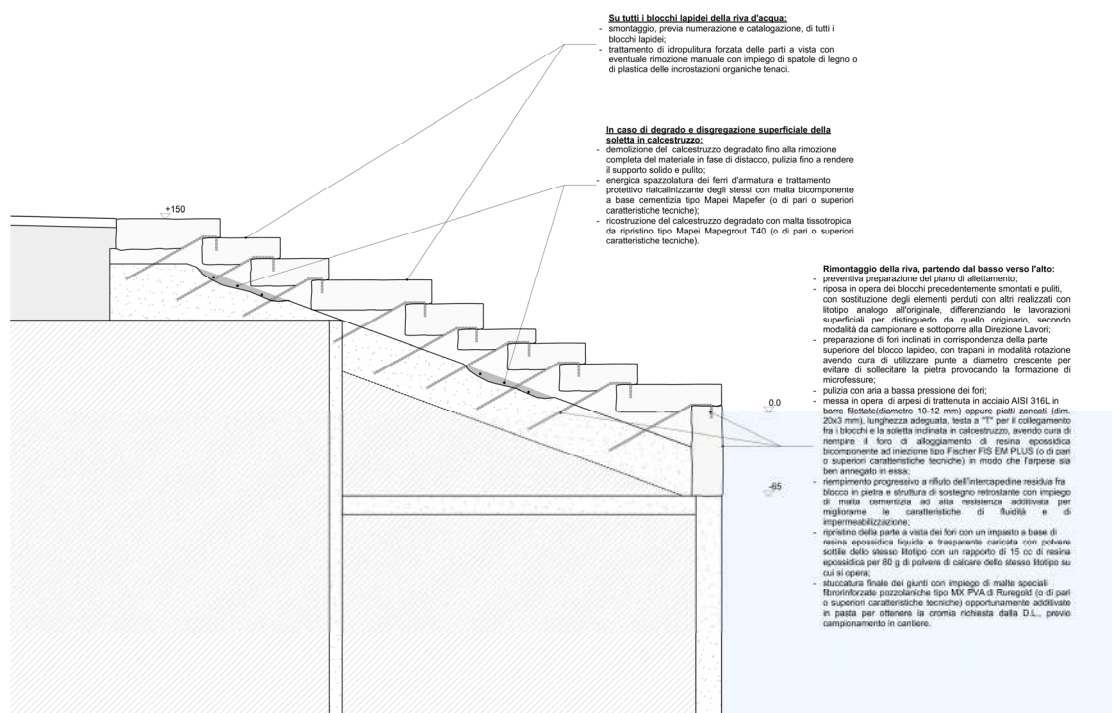
Il rimontaggio della riva, partendo dal basso verso l'alto, prevede la riposa in opera dei blocchi precedentemente smontati e puliti, con sostituzione degli elementi perduti con altri realizzati con litotipo analogo all'originale. Tutti i blocchi andranno fissati alla soletta con arpesi di trattenuta in acciaio AISI 316L in barre filettate oppure piatti zancati di lunghezza adeguata, con testa a "T" per il collegamento fra i blocchi e la soletta inclinata in calcestruzzo, avendo cura di riempire il foro di alloggiamento di resina epossidica in modo che l'arpece sia ben annegato in essa. L'intercapedine residua fra blocco in pietra e struttura di sostegno retrostante sarà riempita progressivamente di malta cementizia ad alta resistenza, additivata per migliorarne le caratteristiche di fluidità e di impermeabilizzazione.

La parte a vista dei fori sarà ripristinata con un impasto a base di resina epossidica liquida e trasparente caricata con polvere sottile dello stesso litotipo su cui si opera, cui seguirà una stuccatura finale dei giunti con impiego di malte speciali fibrorinforzate pozzolaniche, opportunamente additivate in pasta per ottenere la cromia richiesta dalla D.L.

La tavola inerente al restauro delle rive d'acqua è la 14959-20_PD.19.



interventi sulle rive d'acqua: pianta



interventi sulle rive d'acqua: sezione

4.5 Ripristino della pavimentazione

L'intervento prevede lo smontaggio accurato della pavimentazione con rettifica altimetrica del sottofondo e la successiva riposa con le tecniche originali provvedendo alle necessarie integrazioni per compensare i diffusi fenomeni di rottura dei bordi dei blocchi di trachite e le locali lacune di porzioni di cubetti di porfido.

Fa eccezione la fascia più interna della pavimentazione, oggi in piastrelle di porfido su soletta di c.a., in condizioni di diffuso degrado, della quale si prevede la sostituzione integrale con lastre di porfido a correre posate a giunto unito su sottofondo di sabbia.

Queste lastre in porfido, nella fascia compresa fra il porfido a coda di pavone e la linea delle forine delle acque meteoriche, saranno posate a correre parallelamente alla riva, a replicare il senso di posa della fascia dei masegni.

Nelle parti rimanenti, fino quasi a ridosso degli edifici, le lastre saranno posate a correre in senso perpendicolare alla riva.

Nell'intervento su questa parte della pavimentazione sarà compresa la pulitura dei collettori fognari e lo spostamento della fila di caditoie adiacenti agli edifici, che verranno leggermente allontanate ottimizzando le pendenze per lo scolo delle acque meteoriche.

In questa fascia si concentreranno quindi eventuali interventi di integrazione dei sottoservizi.

La riposa della pavimentazione sarà preceduta da una fase di miglioramento delle caratteristiche di portanza del sottofondo che avverrà per rullatura con impiego di mezzi di dimensioni adeguate al luogo, mantenendo controllati gli effetti delle vibrazioni e provvedendo al controllo della compattazione attraverso prove di carico su piastra al fine di ridurre la possibilità che si verifichino ancora, in futuro, avvallamenti significativi.

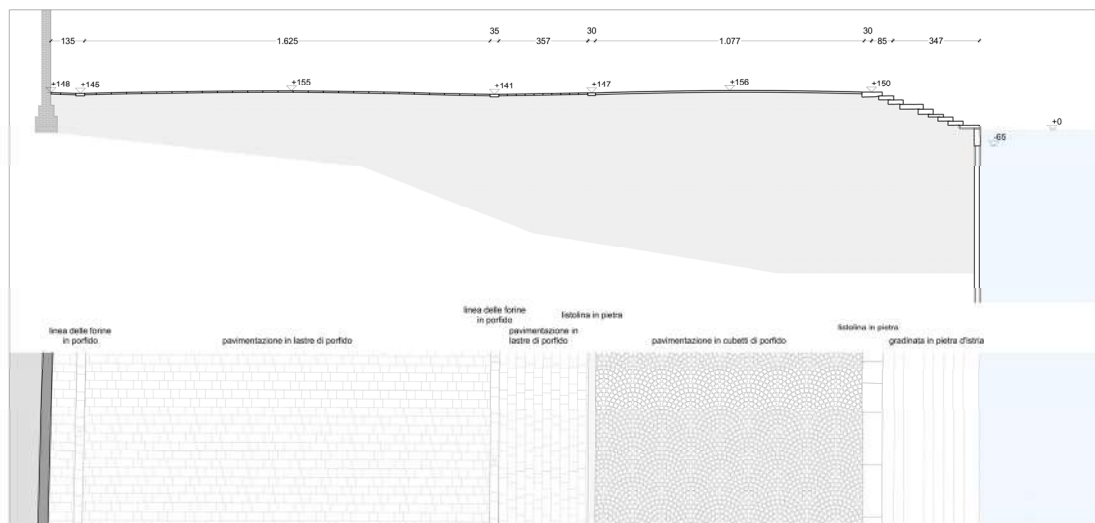
Il progetto prevede di poter raggiungere sull'intera area d'intervento il valore minimo di 30 N/mm^2 per il modulo di compressibilità del terreno superficiale.

Gli attuali valori di questo parametro, ricavati con la campagna di prove eseguite, risultano infatti molto dispersi, con valori minimi inferiori a 10 N/mm^2 , pur presentando valori frequenti intorno a $20/25 \text{ N/mm}^2$ che rende possibile il raggiungimento dell'obiettivo.

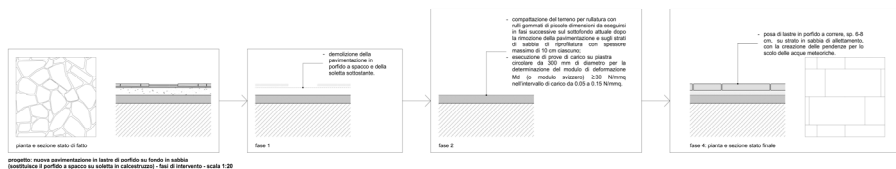
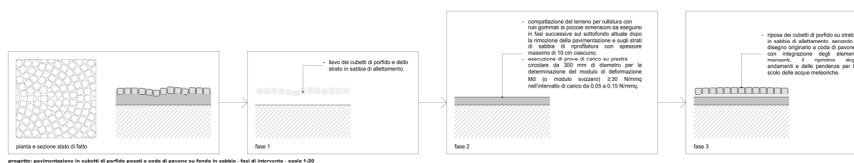
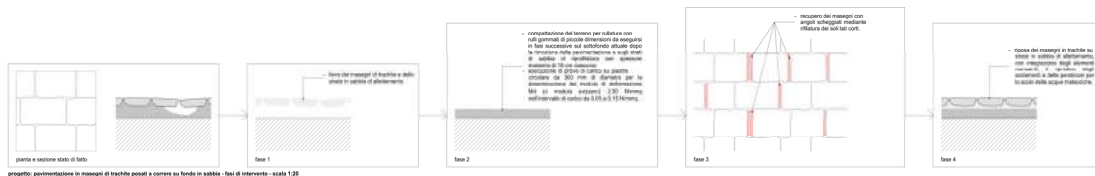
Con il valore previsto del modulo di deformazione si verificherebbero cedimenti trascurabili, dell'ordine di $0,1 \text{ mm}$ con pressioni di $0,01 \text{ N/mm}^2$ (pari a $0,5 \text{ kg/cm}^2 = 500 \text{ kg/m}^2$), corrispondenti al carico della folla compatta, secondo le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018, p.t1 3.1.4. e 5.1.3.3.), il cui ordine di grandezza trova corrispondenza con la prescrizione imposta dal Comune di Venezia per l'eventuale passaggio di mezzi pesanti o per il trasporto di carichi considerevoli sulla pavimentazione del centro

storico è di 600 kg (Art. 42 del Regolamento di Polizia e sicurezza urbana), salvo eccezioni in zone di particolare interesse monumentale.

Le tavole inerenti al restauro della pavimentazione sono la 14959-20_PD.20, la 14959-20_PD.21 e la 14959-20_PD.21.



interventi sulla pavimentazione: sezione ed estratto pianta



interventi sulla pavimentazione: dettagli

In fede

Ing. Andrea Marascalchi



Comune di Venezia - Direzione Lavori Pubblici - Settore Viabilità Venezia Centro Storico Isole
INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO MARGINAMENTO E RIPRISTINO
PAVIMENTAZIONE DELLA RIVA SETTE MARTIRI

Relazione generale