



**COMUNE DI RHO**  
CITTA' METROPOLITANA DI MILANO

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA  
DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE STRUTTURALE E IDRAULICA  
FINALIZZATE ALLA MESSA IN SICUREZZA DELLE OPERE ESISTENTI E  
ALLA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DELLE TOMBINATURE DEL  
TORRENTE BOZZENTE NEL COMUNE DI RHO (MI)**

- FEBBRAIO 2021 -

PROFESSIONISTI INCARICATI:

*PROGETTAZIONE GENERALE, ASPETTI STRUTTURALI*

*ASPETTI IDRAULICI*

**AFRA**  
consulenze di ingegneria



via G. da Fossano, 17 - 22063 CANTU'/CO  
tel. 031-720293 - [afra@afraingegneria.it](mailto:afra@afraingegneria.it)

**ETATEC**  
STUDIO PAOLETTI

ETATEC STUDIO PAOLETTI S.r.l.  
SOCIETA' DI INGEGNERIA  
Via Bassini, 23 - 20133 MILANO (IT)  
Tel. +39 02 26681264 - Fax +39 02 26681553  
[etatec@etatec.it](mailto:etatec@etatec.it) - [etatec@pec.etatec.it](mailto:etatec@pec.etatec.it)  
[www.etatec.it](http://www.etatec.it)



Sistema Certificato  
UNI EN ISO 9001  
SC 06-647/EA 34



I PROGETTISTI

ING. LUCA GALLI - ING. CRISTINA G. PASSONI

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

ARCH. ANGELO LOMBARDI

## RELAZIONE GENERALE

4					
3					
2					
1					
0	EMISSIONE	LG	LG	LG	17.02.2021
REV.	DESCRIZIONE	DISEGN.	CONTR.	APPR.	DATA

**396 A-1404**  
COMMESSA

**SF**  
PROGETTO

**RG**  
DOCUMENTO

**P.01**  
NUMERO

**.0**  
REV.

-  
SCALA

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>RELAZIONE GENERALE.....</b>	<b>4</b>
2.1	Inquadramento territoriale generale e reticolo idrico .....	4
2.2	Il Torrente Bozzente .....	6
2.3	Vasche di laminazione a Biringhello per annullamento portata in arrivo da monte .....	7
2.3.1	Tratto urbano .....	8
2.3.2	Confluenza fiume Olona .....	14
<b>3</b>	<b>CRITICITÀ STRUTTURALI DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO E DI TOMBINATURA ...</b>	<b>15</b>
3.1	Piano delle indagini .....	17
3.2	Valutazione preliminare della sicurezza strutturale degli impalcati .....	20
3.3	Soluzioni progettuali .....	23
<b>4</b>	<b>CRITICITA' IDRAULICHE .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>SCENARI E INTERVENTI DI PROGETTO ULTERIORI .....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>QUADRO ECONOMICO .....</b>	<b>33</b>

## 1 PREMESSA

Il raggruppamento temporaneo di professionisti costituito da **AFRA consulenze di ingegneria** con sede in Cantù, via Ginevrina da Fossano n.17 e **ETATEC Studio Paoletti s.r.l.** con sede in Milano, via Bassini n.23, è stato incaricato dal Comune di Rho per redigere lo studio di fattibilità delle opere di sistemazione strutturale e idraulica finalizzate alla messa in sicurezza delle opere esistenti e alla riduzione del rischio idraulico delle tombinature del torrente Bozzente nel Comune di RHO (MI).

L'esigenza di affrontare lo studio in oggetto emerge dalla constatazione dello stato di degrado dei manufatti costituenti la tombinatura del torrente oltre che delle criticità idrauliche responsabili di ricorrenti allagamenti che si manifestano in coincidenza di eventi meteorici significativi.

Le condizioni in cui versano i manufatti di tombinatura attinenti il torrente Bozzente sono state indagate nel 2011 da INTECO s.r.l. sulla base dell'affidamento dei "Servizio di ispezione e rilevamento dati di alcuni tratti tombinati e coperti del torrente Bozzente nel Comune di Rho". Con propria relazione tecnica, INTECO s.r.l. evidenziava importanti degni materici nei manufatti sia di tombinatura che di attraversamento stradale.

L'evidenza dell'importante ossidazione delle armature, non omogenea lungo tutto il tratto tombinato, ed il tema delle criticità idrauliche che interessano il torrente nell'attraversamento della città di Rho, ha indotto a riflettere su quale siano gli approcci di intervento più opportuni. Al fine individuare le criticità presenti e le alternative di intervento, con determina n.82 del 02/04/2014, il Comune di Rho ha affidato agli scriventi l'incarico delle "Attività di ispezione e coordinamento indagini per la verifica del degrado strutturale e studio di fattibilità delle opere di sistemazione tombinature torrente Bozzente nel Comune di Rho".

La presente relazione finale illustra le attività svolte per acquisire una sufficiente conoscenza delle criticità interessanti l'opera sotto il profilo della sicurezza strutturale ed idraulica e valutare i possibili scenari di intervento.

Lo stato di conoscenza delle criticità strutturali è stato acquisito mediante:

- raccolta della documentazione storica attinente i manufatti di tombinatura e degli attraversamenti stradali del torrente Bozzente. I documenti reperiti dall'archivio Comunale sono elencati nei capitoli illustrativi di ciascun manufatto;
- predisposizione del "Piano delle indagini di approfondimento del degrado strutturale dei manufatti di tombinatura". Redatto nel Dic. 2014 ed aggiornato nel Giu. 2019 all'atto dell'affidamento delle indagini alla ditta MEMO TESTING s.r.l. con sede a Parma, via dei Muratori 15.
- esecuzione delle indagini da parte di MEMO TESTING s.r.l. che redige "Relazione tecnica certificata" (14/08/2019) in cui descrive i risultati delle ispezioni condotte, dei rilievi delle armature, dei prelievi di campioni di calcestruzzo e di acciaio ed allega le relative certificazioni di prova a rottura condotta presso laboratori di prova materiali autorizzati.

Le ispezioni eseguite da MEMO TESTING s.r.l. ad intradosso delle solette di copertura del condotto di tombinatura, rappresentative per la maggior parte dei tratti che si sviluppano in sede stradale, hanno messo

in evidenza una inconsueta disposizione di armatura di piccolo diametro incompatibile con le prestazioni statiche associate ai carichi di tipo stradale previsti dalla norma cogente all'atto della costruzione e tantomeno da quelli più simili al traffico quotidiano odierno.

In accordo con il RUP, arch. Angelo Lombardi, si è convenuto ad indagare approfonditamente l'armatura disposta nelle solette carrabili al fine di stimarne la reale portata ai carichi stradali. Nel novembre 2019 sono state rimosse porzioni di soletta in tre punti differenti del condotti di tombinatura del torrente Bozzente e, mediante demolizione controllata, si è potuto accertare l'effettiva armatura disposta.

## **2 RELAZIONE GENERALE**

### **2.1 Inquadramento territoriale generale e reticolo idrico**

Il presente progetto di fattibilità tecnico economica, interessa il torrente Bozzente e la porzione del territorio di Rho da esso attraversata. Il torrente si sviluppa prevalentemente nella porzione Ovest del territorio comunale seguendo la direttrice Nord-Sud e percorre essenzialmente il centro abitato.

Al confine comunale a Nord, in località Biringhello, il torrente viene intercettato da un canale scolmatore dove viene deviata la gran parte (se non la totalità, in particolari condizioni) delle portate in arrivo dal bacino naturale e urbanizzato di monte, già laminate dalle opere previste per la riduzione del rischio idraulico complessivo. Tale canale scolmatore confluisce nel fiume Olona.

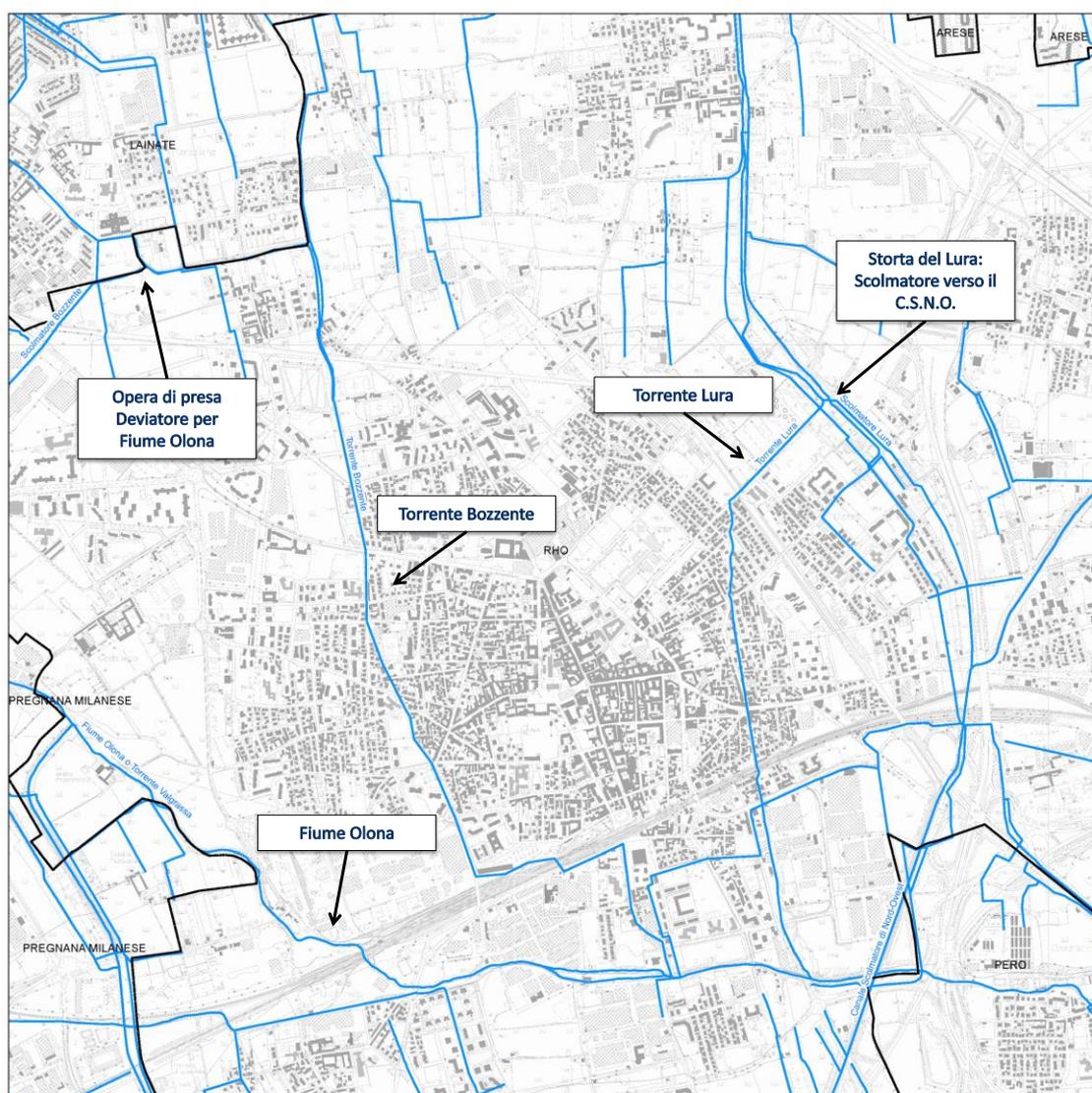
Alla data odierna ancora una quota parte delle portate di piena viene inviata a valle, nella tombinatura di Rho, durante gli eventi meteorici più intensi, ma le previste vasche di laminazione di Biringhello dovrebbero consentire di annullare tale contributo dal bacino di monte.

Il torrente Bozzente risulta tombinato per quasi tutto il tratto urbano, tranne alcuni tratti a monte dell'attraversamento ferroviario e confluisce nel fiume Olona nella zona della Bastaia (Via San Martino) recentemente adeguata e riqualificata.

In Figura 1 è rappresentato l'inquadramento territoriale descritto, su base fotografica satellitare.



Figura 3 – Inquadramento territoriale dei corsi d'acqua in Rho (MI) su base cartografica



## 2.2 Il Torrente Bozzente

Il torrente Bozzente arriva nel territorio di Rho in zona Biringhella, proveniente da un ampio bacino in parte naturale e in parte urbanizzato. La sua elevata pericolosità idraulica è gestita lungo il suo tracciato di monte da interventi previsti dalla pianificazione di Bacino, che comprendono aree di laminazione e – in corrispondenza del territorio di Rho – uno scolmatore che consente di deviare le acque di piena del Bozzente nel fiume Olona a monte del suo canale deviatore.

Il manufatto di ripartizione delle portate del Bozzente e invio allo scolmatore è costituito da una paratoia mobile che limita le portate verso il tratto urbano di valle e che può anche consentirne la chiusura totale.

Il tratto urbano successivo risulta, dopo un primo tratto a cielo aperto, totalmente tombinato, con struttura scatolare in c.a. di dimensioni limitate, con presenza di interferenze, restringimenti e bruschi cambi di direzione e pendenza, che ne condizionano pesantemente la già scarsa capacità idraulica.

Fino agli anni 2000 il torrente Bozzente ha costituito l'asse fognario principale del comune di Rho, ricevendo nel suo corso tutti gli apporti fognari raccolti nel territorio urbano centro occidentale del Comune. In seguito

sono stati realizzati un collettore di gronda consortile e appositi manufatti scolmatori che – tuttavia – si trovano a quote corrispondenti a quelle di fondo alveo in cui si trovavano gli scarichi. Se in questo modo le portate nere vengono avviate alla depurazione, la tombinatura del torrente Bozzente rimane comunque il recapito di tutte le acque di drenaggio eccedenti quelle depurate, pertanto durante gli eventi meteorici il torrente si trova molto spesso sovraccarico e con funzionamento che può facilmente andare in pressione, anche per effetto dei citati rigurgiti dovuti alle deviazioni planimetriche (ci si riferisce alle brusche curve presenti a ridosso dell'intersezione con la linea ferroviaria) e alle immissioni di valle (per esempio quella dallo scolmatore del centro urbano, posto a monte dell'attraversamento ferroviario).

Tale tipo di sollecitazioni, oltre alla funzione di collettore fognario che per moltissimo tempo ha dovuto assolvere, hanno determinato la situazione attuale critica delle strutture del manufatto stesso, oggetto di specifiche analisi riferite nella presente progettazione.

Per tutto quanto sopra, come mostrato anche dalle modellazioni condotte e brevemente descritte nel seguito, il tratto urbano risulta incompatibile non solo con le portate di piena in arrivo da monte, già parzialmente gestite dallo scolmatore, ma anche con quelle residue attualmente previste dalla gestione coordinata Comune-AIPO-Regione del manufatto stesso. Risulta, cioè, necessario provvedere all'annullamento delle portate di piena in arrivo da monte, per limitare la già critica insufficienza del tratto urbano. Questo dovrà, a sua volta, essere oggetto di interventi di potenziamento e rimozione delle criticità idrauliche.

Saranno, inoltre, da attuare tutte le possibili opere di invarianza idraulica e idrologica nel bacino afferente (diffuse e concentrate), alcune delle quali sono già previste nel documento semplificato (ai sensi del RR n. 07/2017 e s.m.i.) predisposto, per limitare l'apporto di acque meteoriche.

Dovranno, inoltre, essere attuate le opere idrauliche di riduzione dell'inquinamento apportato ai corsi d'acqua dalle acque fognarie, quali le vasche di prima pioggia previste nel RR n. 06/2019. Queste dovranno comunque essere concordate con il Comune e indicate nei documenti di pianificazione, poiché risultano – nel caso specifico dove gli scolmatori sottendono bacini molto ampi – di dimensioni significative. Nel Documento semplificato prima citato esistono alcune indicazioni tuttavia da approfondire.

### **2.3 Vasche di laminazione a Biringhella per annullamento portata in arrivo da monte**

Nella situazione attuale la pericolosità idraulica del Bozzente a Biringhella risulta ancora molto elevata, con presenza di allagamenti diffusi segnalati nelle fasce PAI e PGRA. La pianificazione prevede la risoluzione di tale problematica con la realizzazione di adeguate vasche di laminazione, di cui si riporta in Figura 4 una planimetria del progetto.

Figura 4 – Progetto delle vasche di laminazione a Biringhello



La realizzazione delle vasche di laminazione per la portata residua potrebbe essere accompagnata dal recupero e valorizzazione naturalistica e paesaggistica del tratto aperto di torrente Bozzente a valle, compreso tra l'attuale manufatto scolmatore e l'inizio del tratto tombinato. Un minimo contributo di portata di magra da monte, accompagnato da adeguata specifica progettazione, potrebbe consentire il mantenimento della naturalità e la promozione di una riqualificazione ambientale di elevata qualità, in un contesto comunque a ridosso del centro abitato e vicino a plessi scolastici e all'ospedale.

### 2.3.1 Tratto urbano

Lo sviluppo complessivo del torrente Bozzente nel Comune di Rho misura circa 4300 m di cui 2330 m sono tombinati e circa 73 m sono in attraversamenti puntuali. La tombinatura presenta dimensioni e pendenze variabili ed è fortemente connessa con il reticolo fognario di cui costituisce comunque il recapito – ancorché non più delle acque nere – del drenaggio delle acque miste di scolmo e meteoriche

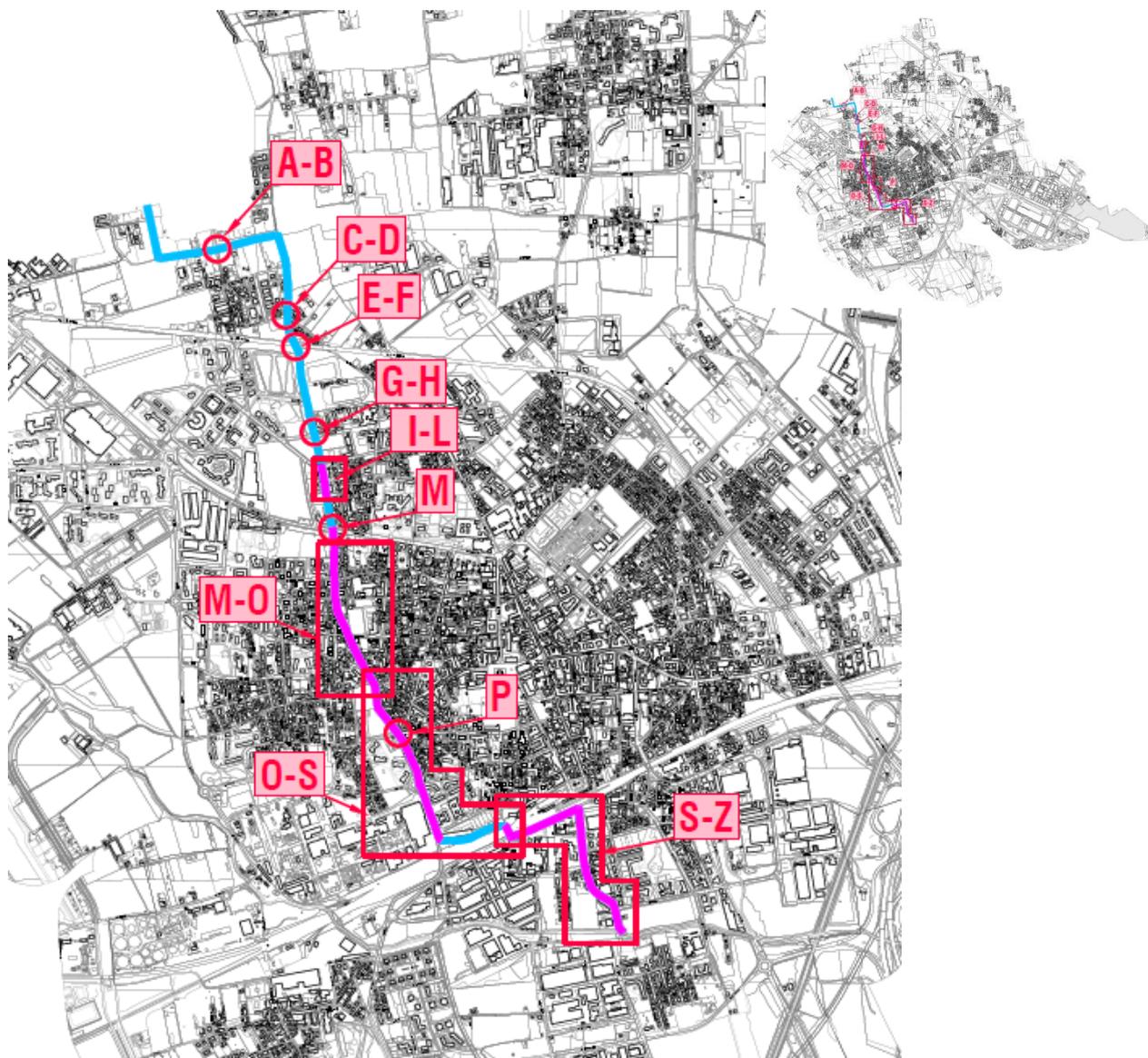
Il condotto interrato si sviluppa prevalentemente al di sotto delle sedi stradali ed è accessibile da chiusini a passo d'uomo. Nei tratti da via Bettinetti (chiusino 11 (N1)) a via Prepositurale (chiusino 14 (O)) – lunghezza circa 200 m – e lungo via Volturmo da chiusino 19 (P) al chiusino 22 (Q1) – lunghezza circa 195 m -, il condotto si sviluppa sotto giardini o strade di accesso ad edifici privati.

Ad eccezione dei principali attraversamenti stradali la cui costruzione non sempre è di certa datazione, le opere di tombinatura sono state realizzate prevalentemente del corso degli anni 1960-1965 con la realizzazione di un condotto in calcestruzzo armato scarsamente interrato e conservando gli esistenti attraversamenti carrabili (Figura 5).

Figura 5 – Documentazione fotografica storica (via S. Martino)



Figura 6 – Tracciato torrente Bozzente nel Comune di Rho



Nella rappresentazione planimetrica del territorio comunale in Figura 6, si è evidenziato il tracciato del torrente Bozzente differenziando cromaticamente i tratti a cielo libero (in color azzurro) da quelli in cui è canalizzato in condotto interrato (in color rosa). Le marcature identificative di ciascuna sezione sono coerenti con quelle riportate nel rapporto delle ispezioni condotto nel 2011 da IN.TE.CO S.r.l.

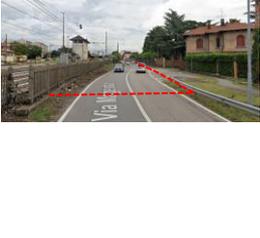
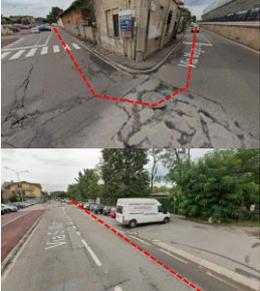
Figura 7 – Tracciato torrente Bozzente nel Comune di Rho – Vista Google Earth



I manufatti che compongono gli attraversamenti stradali e la tombinatura del torrente Bozzente nel comune di Rho sono:

TRATTO	DESCRIZIONE	
A-B	<b>Ponte via Biringhello</b> Ponte di luce netta 4,0 m, lunghezza impalcato 6,55 m. Spalle ed impalcato realizzate in calcestruzzo armato con soletta di spessore 17 cm e 6 travi con ribasso di 23 cm.	

TRATTO	DESCRIZIONE	
C-D	<p><b>Ponte via Biringhella</b> Ponte ad arco ribassato in muratura. Altezza netta in chiave circa 1,35 m; luce netta 4,55 m, lunghezza circa 4,70 m.</p>	
E-F	<p><b>Ponte in via del Sempione - SS.33</b> Ponte con asse obliquo rispetto alveo torrente, realizzato in calcestruzzo armato. Impalcato costituito da soletta eseguita in opera di luce netta 4,70 m e lunghezza 21,5 m. Successivo allargamento della carreggiata di circa 1,2 m è stato realizzato con profili metallici e soletta interposta. L'infrastruttura è di competenza ANAS ed ogni indagine, analisi ed intervento è di sua competenza</p>	
G-H	<p><b>Attraversamento via Pontida</b> Il condotto è realizzato con lamiera ondulata tipo ARMCO FINSIDER con sezione ovoidale di altezza 2,11 m e larghezza 3,06 m. La presenza di sedimenti riduce l'altezza utile a circa 1,5 m. Lunghezza condotto circa 20 m</p>	
I-L	<p><b>Condotto di via Pastrengo – da via A. Diaz a via G. della Croce</b> Condotto interrato in calcestruzzo armato a sezione rettangolare con canale di magra. Altezza 1,95-2,20 m, larghezza 1,45 m.</p>	
M	<p><b>Ponte Corso Europa</b> Ponte ad arco in muratura. L'opera è preesistente al manufatto sghiaiatore realizzato immediatamente a monte negli anni 1965-1968 e che, nelle opere in progetto, prevedeva la costruzione di un muro basso all'interno dell'alveo con sviluppo parallelo al flusso idraulico. Allo stato di fatto si rileva che è stata realizzata una parete per tutta l'altezza dell'arco riducendone la sezione idraulica. L'attuale luce del manufatto, alveo del torrente, misura 3,30 m. Gli elaborati di progetto dello sghiaiatore riportano una traccia del ponte ad arco con luce 5,10 m.</p>	
M-N	<p><b>Condotto via dei Cornaggia - da Corso Europa a via San Carlo Borromeo</b> Condotto interrato in calcestruzzo armato a sezione rettangolare con canale di magra lungo un lato.. Altezza 1,95 m, larghezza 1,40-1,45 m. In corrispondenza dell'incrocio con via I Maggio si rileva una variazione della soletta di copertura realizzata con travi in ribasso, probabile struttura di ponte preesistente.</p>	
N-O	<p><b>Condotto via dei Cornaggia e via Castellazzo - da via San Carlo Borromeo a via Prepositurale</b> Condotto interrato in calcestruzzo armato a sezione rettangolare con canale di magra centrale. Altezza 1,90 m, larghezza 1,80 m. In corrispondenza dell'incrocio con via Bettinetti si rileva una variazione lineare di larghezza del condotto fino a 2,95 m.</p>	
O-P	<p><b>Condotto da via Molino Prepositurale a via Pregnana</b> Condotto interrato in calcestruzzo armato a sezione rettangolare con canale di magra centrale. Altezza 1,70 m, larghezza 1,85 m.</p>	

TRATTO	DESCRIZIONE	
P	<p><b>Ponte via Pregnana</b> In corrispondenza dell'incrocio di via Pregnana, in continuità con il condotto tratto O-P e tratto P-Q, è visibile la struttura dell'impalcato del ponte preesistente alla tombinatura del torrente Bozzante. La relazione di collaudo statico del manufatto in oggetto, disponibile tra la documentazione di archivio, è datata 11/09/1960. L'impalcato è composto da travi in ribasso in calcestruzzo armato e soletta di spessore 0,2 m. E' presente traverso in asse campata con medesimo ribasso delle travi longitudinali. La luce netta del ponte misura 5,5 m ed il condotto vi si raccorda progressivamente con una variazione lineare della larghezza.</p>	
P-Q	<p><b>Condotto via Volturmo - da via Pregnana a via Bixio</b> Condotto interrato in calcestruzzo armato a sezione rettangolare con canale di magra centrale. Altezza media 1,50 m, larghezza 1,85 m.</p>	
Q-Q3	<p><b>Condotto via Volturmo – incrocio via Bixio</b> Condotto interrato in calcestruzzo armato a sezione rettangolare. Altezza media 1,80 m, larghezza 2,40 m.</p>	
Q-R	<p><b>Condotto via Volturmo – da via Bixio</b> Condotto realizzato con elementi scatolari in calcestruzzo armato e coperti con lastre asportabili. E' stato realizzato nel 2003 in concomitanza del collegamento viario via Volturmo – via Magenta. Larghezza 2,20 m, altezza 2,30.</p>	
S-S1	<p><b>Ponte di attraversamento delle rete ferroviaria Milano – Torino e Milano – Domodossola</b> Ponte ad arco in muratura di lunghezza circa 40 m, altezza 1,60 m L'infrastruttura è di competenza Ferrovie dello Stato.</p>	
S1-T	<p><b>Condotto via Magenta e via San Martino</b> Condotto interrato in calcestruzzo armato a sezione rettangolare con canale di magra centrale. Altezza media 1,70 m, larghezza media 2,10 m.</p> 	
S1-T-U3	<p><b>Condotto via Magenta e via San Martino</b> Condotto interrato in calcestruzzo armato a sezione rettangolare con canale di magra centrale. Altezza media 1,70 m, larghezza media 2,10 m.</p> 	
U3-U5	<p><b>Condotto via San Martino</b> Condotto interrato in calcestruzzo armato a sezione rettangolare. Altezza media 2,00 m, larghezza media 1,8 m.</p>	

TRATTO	DESCRIZIONE	
U3-V-Z	<p><b>Nuova confluenza del Torrente Bozzente nel fiume Olona</b></p> <p>Nell'anno 2017 si sono conclusi i lavori relativi agli "Interventi di riordino idraulico e riqualificazione del fiume Olona nel tratto urbano RHO (Lucernate) – Pero". Tra le opere eseguite, c'è stata la risagomatura della confluenza del T. Bozzente mediante la realizzazione di una nuova cameretta che ha intercettato il condotto tombinato esistente e lo ha deviato in un nuovo condotto interrato realizzato in elementi scatolari prefabbricati che attraversa la sede stradale poco più a monte rispetto il precedente tracciato.</p> <p>Il nuovo condotto, tratto terminale di circa 23 m prima dell'immissione nel fiume Olona, ha una altezza di 1,70 m e larghezza 3,0 m.</p>	

### 2.3.2 Confluenza fiume Olona

La tombinatura del torrente Bozzente prosegue lungo tutta la Via San Martino fino alla confluenza in fiume Olona che avviene a pari quota di fondo. Fino al 2016 tale confluenza era anche molto limitante per dimensioni e angolatura, in seguito a progetto specifico è stata completato un nuovo tratto di attraversamento della via San. Martino, con immissione anticipata a cielo aperto in ampia confluenza che ha già dimostrato di ridurre fortemente la pericolosità idraulica del tratto.

*Figura 8 – Immagine satellitare dell'attuale confluenza del T. Bozzente in Olona*



Nell'ambito di tale progettazione è stata realizzata un'arginatura in sinistra idraulica a protezione dell'abitato, coerente con le opere idrauliche presenti lungo il fiume Olona. Tale arginatura è comunque compatibile – perché prevista contestualmente nell'ambito del progetto preliminare 2013 – con la futura possibile realizzazione in area Bastaia di un'area di laminazione delle piene di Bozzente e Olona, oltre che di supporto per la gestione delle acque meteoriche raccolte nel bacino urbano afferente a est di via Tevere.

### 3 CRITICITÀ STRUTTURALI DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO E DI TOMBINATURA

Le opere che compongono la tombinatura del torrente Bozzente e gli attraversamenti presenti nei tratti con alveo a cielo aperto, sono stati indagati nel 2011 con affidamento alla ditta INTECO s.r.l. del "Servizio di ispezione e rilevamento dati di alcuni tratti tombinati e coperti del torrente Bozzente nel Comune di Rho".

Nel rapporto ispettivo documentato fotograficamente e con video, si evidenziavano criticità importanti che, con gradi differenti di severità, si presentavano lungo pressoché tutti i tratti di tombinatura. Le si riepilogano rinviando, a suddetto rapporto, la dettagliata descrizione delle difettosità riscontrate:

- estesi deterioramenti del fondo dei condotti di tombinatura che, in non poche circostanze, si presenta parzialmente assente. L'irregolarità del piano di scorrimento, tanto del canale di magra quanto del restante alveo, è causa di una maggior forza erosiva della corrente e motivo di deboli scalzamenti osservati talvolta al piede delle pareti.
- avanzata ossidazione delle armature delle solette di copertura dei condotti con riduzione delle sezioni resistenti fino ad osservarne anche la rottura.
- presenza di lesioni trasversali verosimilmente associate ai giunti di costruzione ma la loro apertura è causa di filtrazione d'acqua e accelerazione del degrado del difetto.
- svuotamento dei giunti di malta dei manufatti in muratura che ne causano l'indebolimento fino a provocarne localizzate rotture testimoniate dalla mancanza dei blocchi di laterizio.
- presenza di cumuli di materiale trasportato dalla corrente sia di tipo inerte che vegetale. La loro presenza è causa di un aggravio della sedimentazione del materiale trasportato e riduzione di sezione utile al deflusso delle acque
- presenza di un importante cumulo di materiale non ben individuabile ma all'apparenza di tipo organico, in corrispondenza della camera più ampia formata dal ponte di via Pregnana (sezione P)
- abbondanti spessori di sabbie e limi sedimentati lungo il tratto QR che provocano una significativa riduzione della sezione utile al deflusso. La problematica di tale tronco è nota e già attenzionata all'Amministrazione Comunale.

Tra le difettosità rilevate, la grave ossidazione delle armature è quella che si reputa più severa ai fini della sicurezza delle opere poiché si presenta molto estesa, con completa espulsione dei copriferri e con riduzione di sezione fino a causarne la rottura.

Figura 9 – Fotogrammi significativi delle videoispezioni condotte nel 2011



lesioni alle spalle del ponte via Birighello (C-D)



ponte via del Sempione SS.33: cumuli di materiale sedimentato



erosioni all'imbocco del condotto di via Pontida (G-H)



erosione e sconnessione del fondo all'imbocco del condotto di via Pastrengo (I-L)



murature degradate del ponte di c.so Europa (E)



erosione del canale di magra del condotto di via Cornaggia (M-N)



ossidazione armature soletta condotto via Cornaggia (N-N1)



ossidazione armature soletta condotto (N1-O)



materiale accumulato in corrispondenza del ponte di via Pregnana (P)



materiale accumulato in corrispondenza del ponte di via Pregnana (P)



copertura condotto tratto Q3-R



erosioni alle spalle del ponte in muratura della ferrovia (S-S1)



ponte in muratura sezione S-S1



ossidazione armature soletta condotto via Magenta (S-T)

### **3.1 Piano delle indagini**

Nel contesto del presente studio, è stato redatto “Piano delle indagini di approfondimento del degrado strutturale dei manufatti di tombinatura” finalizzato ad accertare il grado di ossidazione delle armature, condurre prove di qualificazione circa le resistenze meccaniche dei materiali (calcestruzzo e barre d’armatura) ed eseguire i rilievi sufficienti per condurre prime valutazioni sulla sicurezza strutturale dei condotti. Nel 2019 è stato eseguito dalla ditta MEMO TESTING s.r.l. che ha raccolto i dati acquisiti nella “Relazione tecnica certificata” del 14/08/2019.

Le ispezioni hanno evidenziato la presenza di armatura di intradosso di piccolo diametro per le solette di copertura, fortemente ossidata e con riduzioni di sezione fino alla loro rottura. Constatando una anomala interruzione di tali armature in corrispondenza della mezzeria del condotto e riscontrando che il loro quantitativo risulta fortemente insufficiente in rapporto alle prestazioni richieste, si sono condotte ulteriori successive indagini. In tre punti individuati lungo le tratte di condotto tipologicamente rappresentative, si è

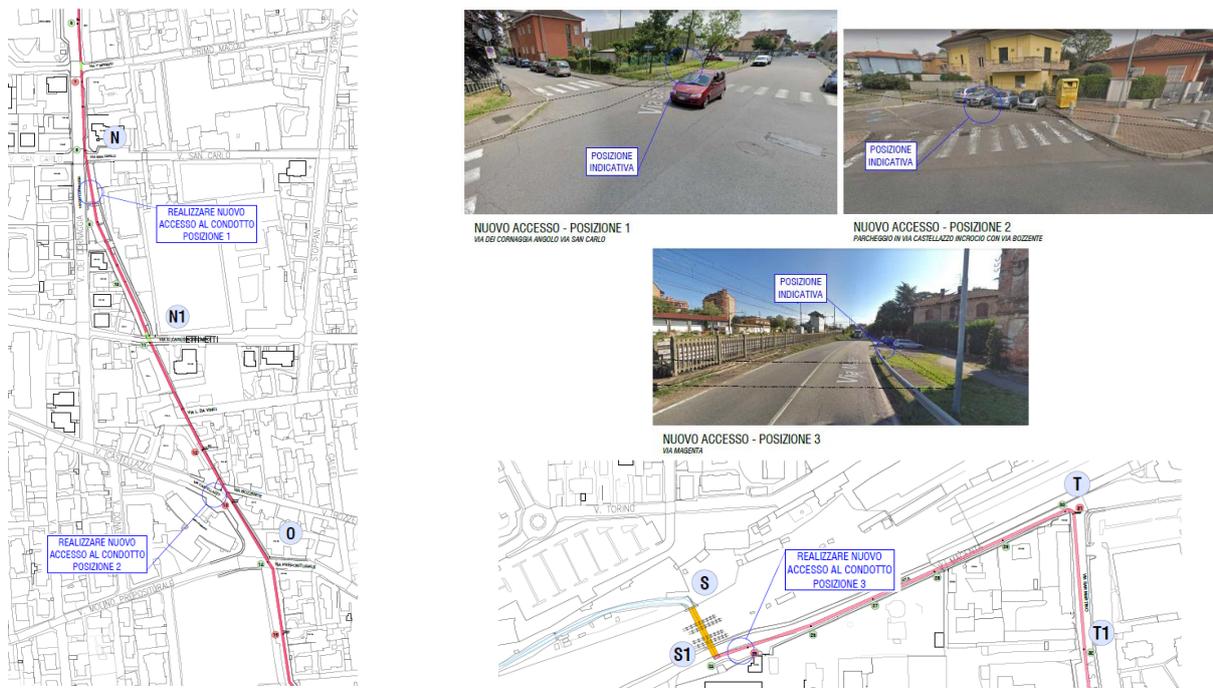
proceduto alla demolizione controllata di porzioni di soletta di copertura permettendo così di osservare la disposizione delle armature non riscontrabili da intradosso.

Come di seguito illustrato, è emerso che le armature visibili ad intradosso e fortemente ossidate, costituiscono una semplice "armatura di pelle". Barre di diametro maggiore (variabile da  $\varnothing 16$  a  $\varnothing 20$ ) disposte inferiormente ma con ricoprimento maggiore (30-60 mm) costituiscono l'effettiva armatura strutturale. Esse, grazie al maggior ricoprimento non mostrano degni di ossidazione. La profondità di carbonatazione rilevata su pressoché tutte le opere in c.a. si attesta infatti da pochi mm a, raramente, 12 mm.

Il ripristino delle solette demolite è avvenuto mediante il posizionamento di nuovi elementi prefabbricati ad estradosso di quella esistente e dotate di nuovo chiusino di accesso.

I calcestruzzi indagati presentano una resistenza a rottura variabile tra i 16.8 MPa e 68.2 MPa con valor medio 37.8 MPa. Le barre d'armatura prelevate sono lisce e presentano una tensione di snervamento  $f_y = 295-481$  MPa, tensione di rottura  $f_t = 394-648$  MPa e un allungamento a rottura  $A_{gt} = 11.5-35.2\%$ .

**Figura 10 – Localizzazione delle solette ispezionate con demolizioni controllate**



*Figura 11 – Ispezioni soletta di copertura posizione 1 (via Cornaggia)*



*Figura 12 – Ispezioni soletta di copertura posizione 2 (via Castellazzo)*

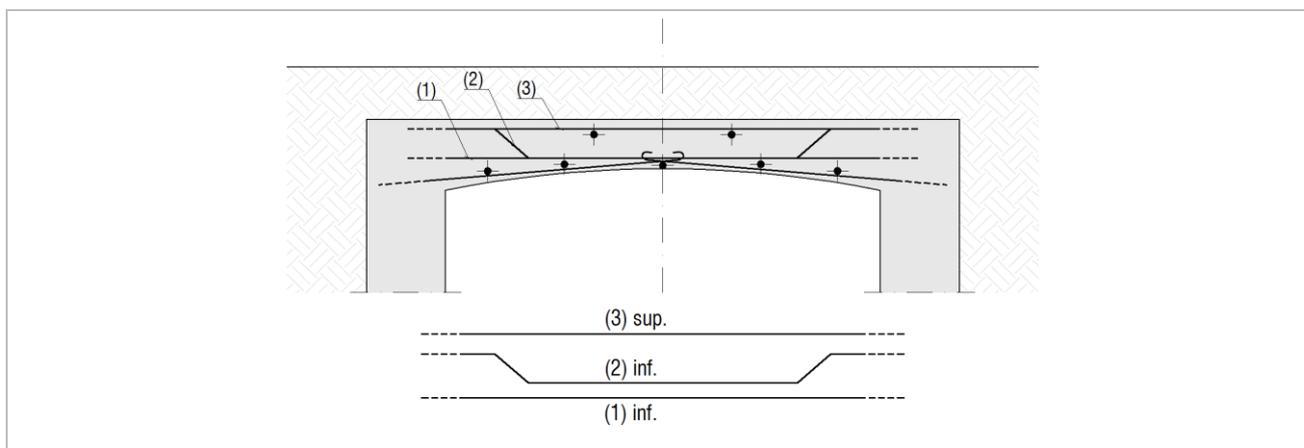


*Figura 13 – Ispezioni soletta di copertura posizione 3 (via Magenta)*





Figura 14 – schema disposizione armature riscontrato in tutte le solette ispezionate



### 3.2 Valutazione preliminare della sicurezza strutturale degli impalcati

Sulla base dello stato di conoscenza acquisito attraverso le indagini e i rilievi, è stata condotta una valutazione preliminare della sicurezza dei manufatti di tombinatura del torrente Bozzente. L'attenzione si è rivolta alle solette di copertura dei condotti in quanto elementi maggiormente degradati e più sensibili ai carichi indotti dal traffico stradale.

L'analisi è stata condotta in conformità delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M 17/01/2018 e delle indicazioni pubblicate con le recenti "Linee Guida per la classificazione e la gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti" (DM n.578 del 17/12/2020).

I manufatti oggetto di indagine presentano indici di sicurezza molto bassi ( $\zeta_v \ll 1$ ) a significare che i carichi stradali oggi prescritti dalle NTC2018 sono particolarmente impegnativi rispetto a quelli assunti in fase di progetto.

Per gli elementi strutturali di cui si ha sufficiente conoscenza dei dettagli costruttivi e delle caratteristiche meccaniche, si è sviluppata una valutazione più approfondita che, mettendo in conto le reali risorse disponibili, ha permesso di determinare la configurazione di carico associata ai veicoli commerciali classificati in base al Codice della Strada ed identificata quale massimo carico transitabile sull'impalcato.

Non è stata eseguita la valutazione della sicurezza per le seguenti opere in quanto:

- condotto in lamiera metallica ondulata di via Pontida (G-H): non sono note le caratteristiche geometriche delle lamiere impiegate, dato utile per condurre la valutazione statica
- ponte di via del Sempione SS.33 (E-F): la struttura non è stata indagata in quanto non di competenza Comunale
- ponte in muratura di via Magenta di attraversamento della ferrovia: la struttura non è stata indagata in quanto non di competenza Comunale

Si evidenzia che le limitazioni di transitabilità prescritte, sono da considerarsi condizioni temporanee in quanto determinate per un periodo di riferimento della variabilità dei carichi limitato a 5 anni ed all'adozione di un sistema di controllo sull'effettivo rispetto del divieto imposto pianificato nel tempo (anche mediante la sola verifica documentale esibita dai conducenti). Nel termine dei 5 anni è opportuno aver eseguito le opere di messa in sicurezza oppure procedere alla valutazione di ulteriori provvedimenti.

*Figura 15 – limitazione di transitabilità lungo le strade*

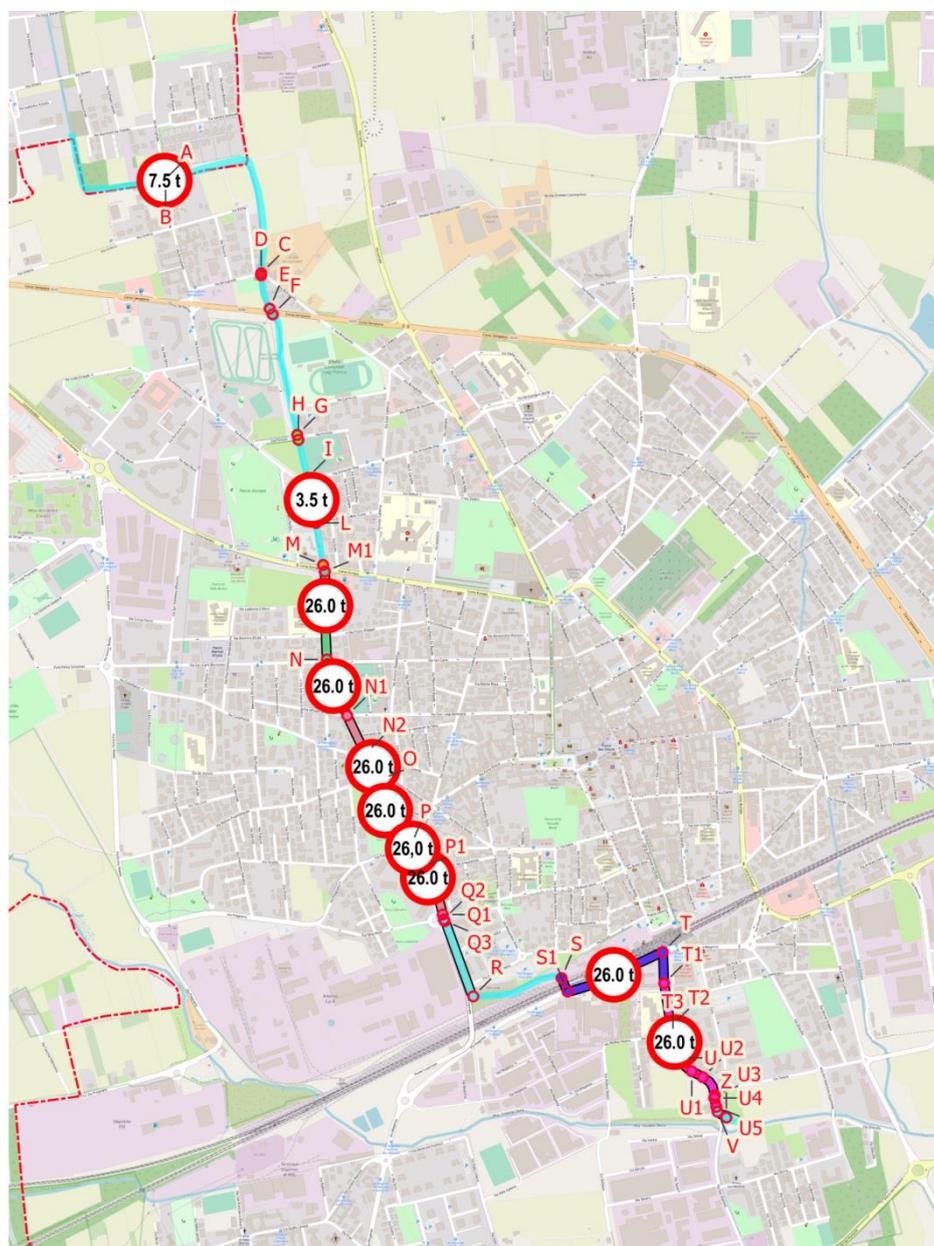


Tabella 1 – limitazioni di portata imposte per la transitabilità degli impalcati stradali

TRATTO OMOG.	ID_0	ID_1	CHIUSINIO	LUNGH. (m)	MANUFATTO	VIA	ALLEGATO	$\zeta_{v.min}$ (prog/NTC)	LIMITAZIONI DI PORTATA	Med.max / Mrd	Ved.max / Vrd
		A		380	alveo a cielo aperto						
1	A	B		6,6	PONTE IN C.A.		1	0,33	CS. < 7,5 t.	2,03	0,92
	H	I		568	alveo a cielo aperto						
2	C	D		4,7	PONTE AD ARCO IN MURATURA		2	0,37	approfondimento indagini		
	H	I		103	alveo a cielo aperto						
3	E	F		20	PONTE IN C.A.						
	H	I		348	alveo a cielo aperto						
4	G	H		21	CONDOTTO METALLICO	via Pontida	3		approfondimento indagini		
	H	I		100	alveo a cielo aperto						
5	I	L	1	18	CONDOTTO C.A.	incrocio via Armando Diaz					
			2								
			3	130	CONDOTTO C.A.		4	0,28	CS. < 3,5 t.	1,38	6,84
		L									
	L	M1		267	alveo a cielo aperto						
6	M	M1		16,5	PONTE AD ARCO IN MURATURA	Corso Europa	5		approfondimento indagini		
7	M1	N	4								
			5	254	CONDOTTO C.A.	via Dei Cornaggia	6	0,38	CS. < 26 t.	0,99	1,72
			6								
			7			incrocio via 1° Maggio					
8	N	N1	8			incrocio via San Carlo					
			8 new	170	CONDOTTO C.A.	area di sosta via Dei Cornaggia		0,40	CS. < 26 t.	0,98	1,53
			9								
			10								
			11		ponticello	incrocio via Bettinetti			approfondimento indagini		
9	N1		11	150	CONDOTTO C.A.	giardini privati	7				
			12								
		N2	12 new								
10	N2	O	13	57	CONDOTTO C.A.	via Castellazzo					
11	O	P	14					0,40	CS. < 26 t.	0,98	1,53
			15								
			16	219	CONDOTTO C.A.	via Molino Prepositurale					
			17								
			18								
12	P		19	21	PONTE IN C.A. (2a cateoria)	incrocio via Pregnana	8	0,34	CS. < 26 t.		
13	P		20	195	CONDOTTO C.A.	via Volturno - giardini privati	9	0,40	CS. < 26 t.	1,01	1,87
			21a								
			21b								
14	Q	Q3	22	20	CONDOTTO C.A.	incrocio via Nino Bixio			approfondimento indagini		
			23								
15	Q3	R		233	CONDOTTO C.A. (scopribile)	parallelo a via S. Pertini (cavalcavia)					
	R	S		267	alveo a cielo aperto						
16	S	S1		41	PONTE AD ARCO IN MURATURA	linea ferroviaria FF.SS.					
		S1	T	24							
			25 new								
			25	283	CONDOTTO C.A.	via Magenta					
			26								
			27								
			28								
			29								
		T	T1	30	CONDOTTO C.A.	via San Martino					
			31	110							
		T1	T3	32	CONDOTTO C.A.	via San Martino	10	0,26	CS. < 26 t.	1,08	1,63
		T2		152	CONDOTTO C.A.						
			33								
		T3	V	34							
			35								
		U		247	CONDOTTO C.A.	via San Martino					
		U1									
		U2									
			37								
18	U3		38								
	U4		39								
	U5		40								
19	V	Z	41	33	CONDOTTO C.A.	via San Martino					

### **3.3 Soluzioni progettuali**

Tutti i manufatti interessanti le tombinature del torrente Bozzente ed i relativi attraversamenti stradali, richiedono interventi di ripristino strutturale a fronte dei degradi evidenziati. Nella fattispecie, in maniera pressoché ricorrente, è necessario:

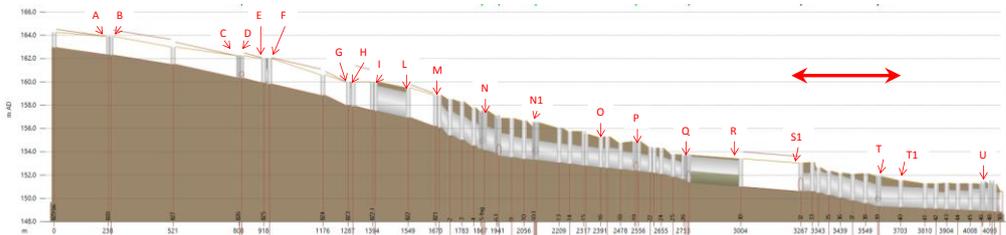
- ricostruire il fondo dei condotti tombinati al fine di preservare i manufatti da potenziali pericolosi scavamenti generati dalla corrente
- applicare un intonaco cementizio fibrorinforzato lungo le pareti a riparazione dei ricorrenti dilavamenti e delle lesioni associate ai giunti di costruzione
- risanare le solette di copertura mediante la rimozione dei copriferri ammalorati, la passivazione delle armature ed il ripristino del copriferro mediante applicazione a struzzo di malta strutturale cementizia fibrorinforzata. Ove constatata una insufficiente resistenza delle solette di copertura per l'impegno statico conseguente ai carichi da traffico, occorrerà eseguire un rinforzo strutturale operando internamente al condotto. Le tecniche di intervento possono orientarsi verso l'integrazione di nuova armatura in barre e l'applicazione a spruzzo di un maggior spessore di malta strutturale cementizia oppure impiegando calcestruzzi additivati con fibre metalliche che garantiscono una diffusa resistenza a trazione.

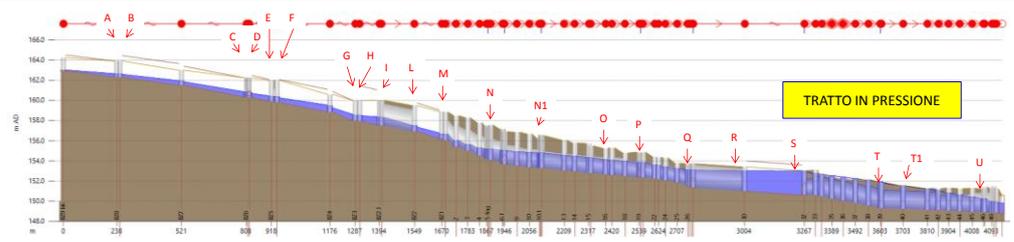
Considerato lo scarso indice di sicurezza offerto dalle strutture esistenti per le azioni indotte dai carichi stradali, in attesa di attuare gli interventi di consolidamento e rinforzo, si ravvisa la necessità di porre limitazioni di transitabilità lungo le strade in cui il condotto di tombinatura del torrente Bozzente si sviluppa entro la sede viaria. Il vincolo proposto consiste nella interdizione al transito dei veicoli con massa a pieno carico generalmente superiore a 26 t.. Fanno eccezione il ponte di via Biringhello (AB) in cui il divieto è esteso fino a veicoli di massa a pieno carico di 7,5 t e la via dei Cornaggia (IL) in cui il limite di massa a pieno carico è di 3,5 t.

Agli attraversamenti di via Biringhello (ponte in muratura CD), via Pontida (condotto metallico GH) e di c.so Europa (ponte in muratura M), non sono stati indicati limiti di transitabilità in quanto, le scarse informazioni in merito le caratteristiche geometriche e materiche non consentono di stimare ragionevoli portate ammissibili. Si consiglia comunque di apporre un limite di transitabilità di 26 t. a pieno carico anche per suddetti ponti in quanto anch'essi presentano indici di sicurezza  $\zeta_v \sim 0.33$  simile agli altri manufatti realizzati nel medesimo periodo (circa 1960). L'esecuzione di ispezioni mirate potranno permettere di verificare la possibilità di rimuovere il vincolo.

## 4 CRITICITA' IDRAULICHE

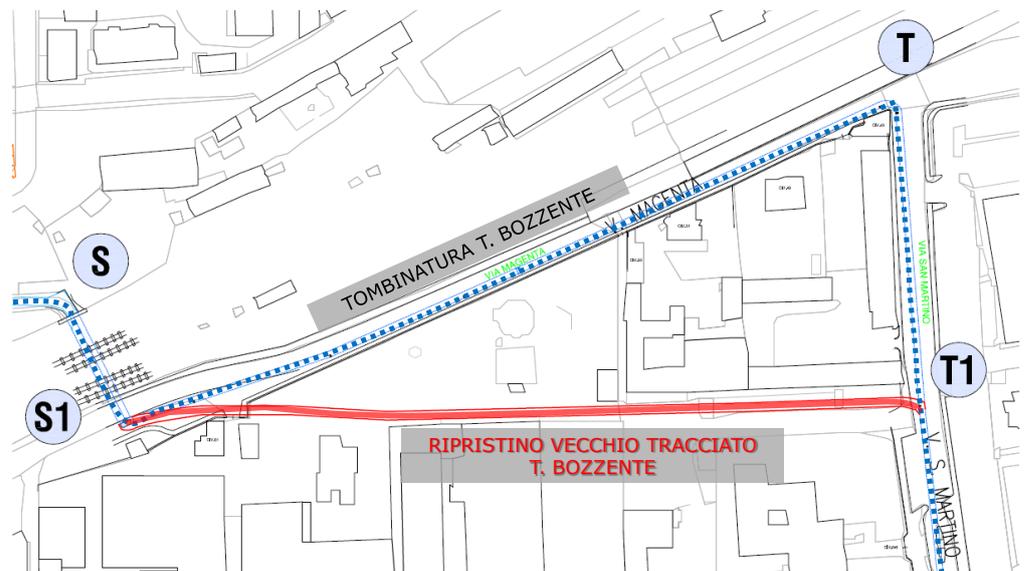
Il condotto di tombinatura del torrente Bozzente presenta una forte criticità dal punto di vista idraulico per il tratto che si sviluppa tra via Magenta e via San Martino (S1-T1) conseguente ad una curva molto stretta all'incrocio tra le due vie. Nella scheda seguente se ne descrivono le problematiche e la soluzione correttiva.

Denominazione	Nuovo tracciato Bozzente tratto S1-T1
Esigenza emersa da	<p>Evidenze di criticità idrauliche lungo la via Magenta e Via San Martino, con problematiche di deposito di materiale anche vegetale e ostruzione della tombinatura.</p> <p>Manifesto stato di degrado strutturale del tratto di tombinatura in Via Magenta, con necessità di messa in sicurezza.</p> <p>Evidenti problematiche logistiche (spazi, sicurezza, gestione del traffico) nelle lavorazioni eventualmente previste lungo la via Magenta e nella gestione degli accessi per emergenze e manutenzione.</p> <p>Possibile recupero paesaggistico e riduzione del rischio idraulico con il ripristino del vecchio tracciato catastale, caratterizzato da sviluppo planimetrico di minore impatto sulle condizioni idrodinamiche della corrente.</p>
Localizzazione planimetrica	<p>L'intervento di realizzazione del nuovo tracciato del torrente Bozzente, con recupero parziale del vecchio tratto ancora indicato come acqua pubblica nelle carte catastali, è situato tra la via Magenta e la Via San Martino, con un tracciato pressoché rettilineo tra il punto S1 (brusca curva in corrispondenza dell'uscita dal manufatto di attraversamento delle ferrovie) e il punto T1.</p>
Localizzazione nel profilo, funzionamento idraulico del tratto	<p>Il tratto in argomento è localizzato a valle dell'attraversamento ferroviario, tra i punti S1 e T1</p>  <p>Dal punto di vista del funzionamento idraulico, tutto il tratto a valle dell'attraversamento ferroviario è caratterizzato da una ridotta capacità idraulica che si manifesta in un funzionamento in pressione anche per bassi tempi di ritorno degli eventi meteorici. Il Bozzente, infatti, riceve i contributi di una grande porzione del bacino urbano a monte del tratto (sia dagli scaricatori presenti lungo il tratto a monte di via Bixio, sia dal grande scaricatore del centro presente appena a monte dell'attraversamento ferroviario), con portate che superano la capacità idraulica dell'attuale tombinatura. Ulteriori ostacoli e limitazioni al deflusso sono rappresentati dalle discontinuità planimetriche quali la curva al punto T all'incrocio tra via Magenta e Via San Martino.</p> <p>Nell'immagine sotto è rappresentato il profilo el Bozzente per tempi di ritorno pari a 10 anni (corrispondenti a valori di dimensionamento delle fognature urbane ma ben al di sotto di quella che dovrebbe essere la capacità idraulica di uno corso d'acqua quale è il Bozzente), con contributo residuo dal bacino di monte pari a 1 m<sup>3</sup>/s. Risulta evidente il funzionamento in pressione di tutto il tratto, anche in assenza di rigurgito da valle e con canale considerato perfettamente pulito e funzionante al massimo delle sue capacità geometriche e planoaltimetriche attuali.</p>



Descrizione intervento

L'intervento prevede il ripristino del vecchio tracciato del torrente Bozzente, ancora indicato nelle carte catastali, a partire dallo sbocco del sottopasso ferroviario, in direzione ovest-est fino ad innestarsi con un nuovo adeguato manufatto di confluenza nella tombinatura di via san Martino (tracciato rosso nella figura sotto). Tale tombinatura potrebbe essere oggetto di messa in sicurezza e – in futuro – di ampliamento e adeguamento idraulico.



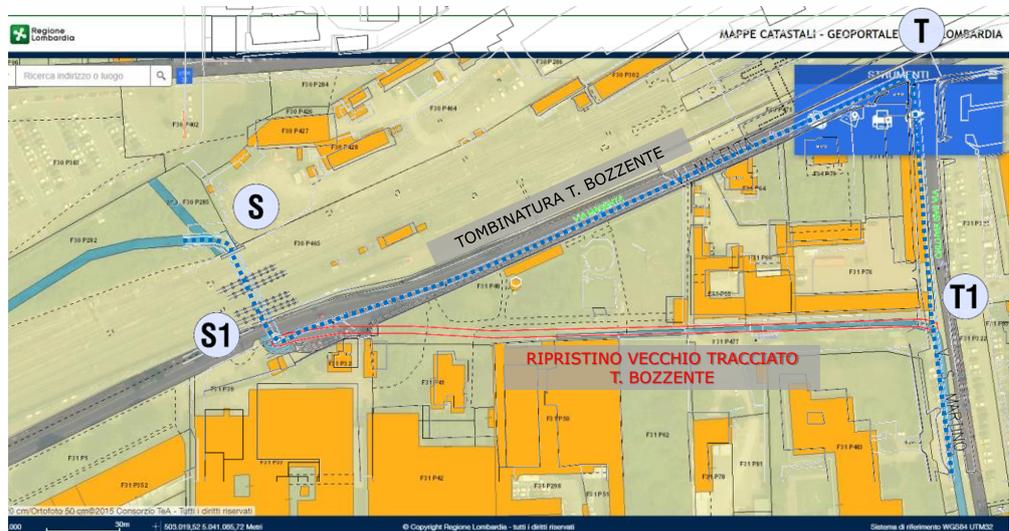
La sezione è prevista di forma rettangolare, aperta ovunque possibile, realizzata con manufatti anche prefabbricati, con muri spondali di altezza pari a circa 1.30 m sul p.c., adeguati a garantire l'accessibilità dei mezzi, la sicurezza rispetto all'accesso e anche il franco idraulico conformemente al funzionamento in pressione del tratto di valle.

In corrispondenza dell'attraversamento stradale di Via Magenta (S1) potrà essere mantenuto, riqualificato e adeguato il manufatto esistente.

In corrispondenza degli accessi carrai alle proprietà potranno essere realizzati tratti di tombinatura comunque adeguata a garantire l'accesso per manutenzione e intervento anche in emergenza.

In corrispondenza della confluenza con l'attuale tracciato del Bozzente (T1) dovrà essere realizzato un adeguato manufatto in curva.

Sotto sono riportati una immagine satellitare dell'area d'interesse e uno stralcio della cartografia catastale disponibile sul sito ufficiale di Regione Lombardia, in cui sono evidenti i vecchi tracciati del Bozzente, di cui è previsto il recupero nel presente intervento.



L'evidenza catastale suggerisce anche che gli edifici posti sul lato nord del vecchio tracciato siano precedenti alla chiusura del tratto, quindi le strutture presumibilmente possono essere adeguate ai previsti scavi e lavorazioni per la riapertura dell'alveo.

Alternative considerate

Interventi alternativi ma equivalenti dal punto di vista idraulico devono prevedere il rifacimento della tombinatura lungo via Magenta e nel primo tratto di via San Martino, con aumento della sezione lungo tutto il tratto e ricostruzione di una adeguata camera di curva all'incrocio. Tale intervento alternativo risulta maggiormente costoso, problematico e impattante dal punto di vista della gestione del territorio e del traffico.

Effetti previsti

L'intervento descritto consentirà di migliorare il funzionamento idraulico del Bozzente in tutto il tratto, oltre che annullare le problematiche di intasamento del tratto tombinato esistente, migliorando le condizioni di controllo e manutenzione.  
L'intervento consentirà di abbandonare il tratto di Bozzente esistente lungo via Magenta, se non con un suo parziale utilizzo come rete di drenaggio locale, possibile anche parzializzando la sezione (inserendo, per esempio, una tubazione plastica che andrà a costituire la rete di drenaggio e provvedendo a saturare la sezione attuale esterna alla tubazione con apposite malte).  
Inoltre la riapertura potrà anche divenire volano per il recupero alla collettività delle aree verdi adiacenti.

Collegamenti con altri interventi

L'intervento qui descritto si configura anche come primo intervento funzionale del possibile adeguamento idraulico di tutto il tratto a cavallo della ferrovia, che potrebbe prevedere un nuovo manufatto di attraversamento posto a ovest di quello esistente, in continuità con la direzione del Bozzente a monte, evitando i problemi di riduzione

	<p>della capacità idraulica, di sedimentazione e manutenzione, legati ai bruschi cambiamenti planimetrici dell'attuale tracciato.</p> <p>Nell'immagine sotto sono riportate le indicazioni per l'adeguamento funzionale di tutto il tratto compreso tra la sezione aperta a monte della ferrovia e il nuovo manufatto di curva e confluenza in Olona realizzato nel 2016.</p> 
<p>Costi parametrici unitari</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizzazione di manufatto di curva e confluenza al nodo S1, con predisposizione per proseguimento verso ovest, con realizzazione accessibilità, controllo sedimenti e materiale, comprensivo di primo tratto tombinato di circa 40 m per il collegamento con il nuovo tratto e per la realizzazione di passaggi carrabili, importo pari a circa 170'000 euro/cp;</li> <li>• Realizzazione di manufatto di curva e confluenza al nodo T1, con realizzazione accessibilità, controllo sedimenti e materiale, comprensivo di collegamento con alveo aperto e di primo tratto tombinato di circa 20 m in via San Martino, importo pari a circa 130'000 euro/cp;</li> <li>• realizzazione di tratto a cielo aperto, rettangolare dimensioni 3.0 m di base e 2.5÷3.0 di altezza muri, in c.a. scatolare prefabbricato o gettato in opera, compresi muri, opere di sostegno e fondazione, scavi e ripristini, per lunghezza complessiva pari a circa 210 m, importo pari a circa 2'500 euro/m;</li> <li>• interventi di messa in sicurezza tombinatura esistente, con mantenimento sezione ridotta per la gestione delle acque meteoriche locali, con eventuale inserimento tubazione plastica di grandi dimensioni e riempimento con malta, o ripristino/costruzione sezione strutturale, lunghezza complessiva circa 370 m, importo stimabile in circa 200'000 euro</li> <li>• Realizzazioni piazzole, accessi, protezioni e grigliati ove necessario, 50'000 euro/cp;</li> <li>• Rilievi integrativi € 10'000</li> <li>• Esproprio tratto privato ed eventuali servitù, da valutare</li> </ul>
<p>Costo totale intervento</p>	<p>L'importo complessivo dei lavori come già conteggiati nel punto precedente, ad esclusione – quindi – dei ripristini o sistemazioni del tratto di tombinatura esistente e degli oneri di esproprio e servitù, ammonta a circa 885'000,00 euro di soli lavori esclusi IVA, importi per progettazioni e DL e altre somme a disposizione, ma compresi oneri per sostegno e coordinamento sottoservizi.</p>
<p>Priorità</p>	<p>L'intervento assume carattere di elevata importanza, date le condizioni critiche del tratto di tombinatura che assolve attualmente al deflusso delle acque del torrente Bozzente</p>
<p>Esigenze particolari</p>	<p>Necessario approfondire gli aspetti catastali e l'acquisizione del tratto non pubblico. Necessario specifico finanziamento per la progettazione e realizzazione degli interventi.</p>

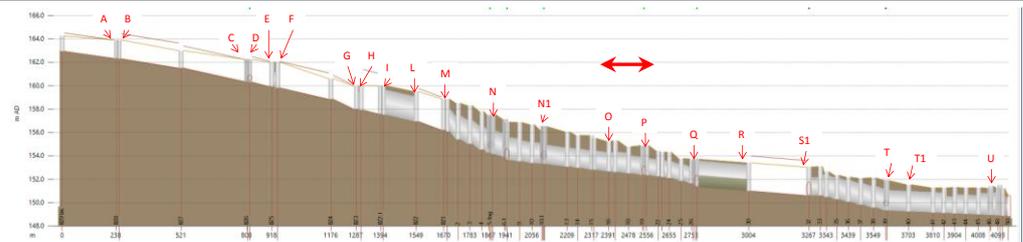
## 5 SCENARI E INTERVENTI DI PROGETTO ULTERIORI

Nel presente progetto di fattibilità tecnica ed economica sono state valutate anche alcune opere non direttamente comprese nel finanziamento e finalizzate non tanto alla messa in sicurezza delle opere strutturali esistenti, quanto più alla riduzione del rischio idraulico del territorio interessato dalla presenza del torrente Bozzente, oltre che al miglioramento paesaggistico e ambientale in generale.

Si tratta di interventi di deviazione del tracciato del torrente o di modifica significativa delle opere di tombinatura esistenti. Tali interventi sono qui indicati planimetricamente, come tipologia d'intervento e costo indicativo.

Gli interventi sono descritti in forma tabellare (scheda). In ciascuna sono esposti gli obiettivi specifici, i vantaggi e le problematiche relative ai singoli interventi descritti.

Intervento n.	01
Denominazione	Apertura torrente Bozzente nel tratto O-P
Esigenza emersa da	Possibile recupero paesaggistico e fruitivo del tratto fluviale, in zona ove è prevista anche la sistemazione delle aree verdi pubbliche
Localizzazione planimetrica	<p>L'intervento in argomento è situato lungo l'attuale tracciato della tombinatura Bozzente, tra la Via Molino Prepositurale (punto P) e la via Pregnana/corso Italia (punto O)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>In questo tratto il torrente Bozzente è completamente tombinato, si trova sotto il piano stradale, sul lato opposto a quello dell'area verde.</p>
Localizzazione nel profilo	Il tratto in argomento è localizzato nella porzione di monte della tombinatura, in un tratto già caratterizzato dall'immissione delle acque scolmate dalla rete fognaria durante gli eventi meteorici e, nel passato, dal transito delle acque fognarie.

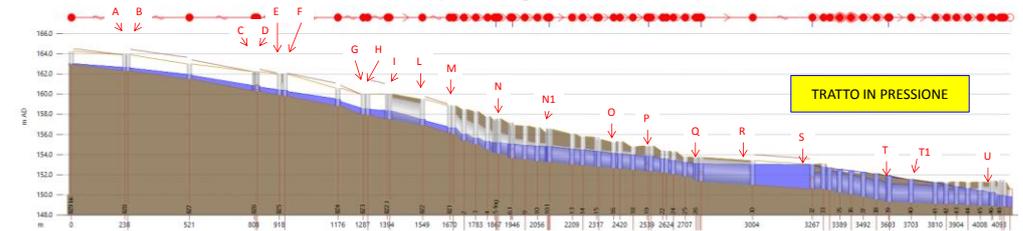


Dal punto di vista del funzionamento idraulico, tutto il tratto di tombinatura a valle della sezione M è caratterizzato da una capacità idraulica incompatibile con il convogliamento contemporaneo delle portate residue in arrivo dal bacino naturale di monte e dalle portate scaricate dalle fognature miste e bianche drenate dalle aree urbanizzate sottese dal Bozzente.

In particolare nel tratto O-P tale ridotta officiosità idraulica si manifesta in un funzionamento quasi in pressione anche per bassi tempi di ritorno degli eventi meteorici, con contributi da monte anche molto limitati.

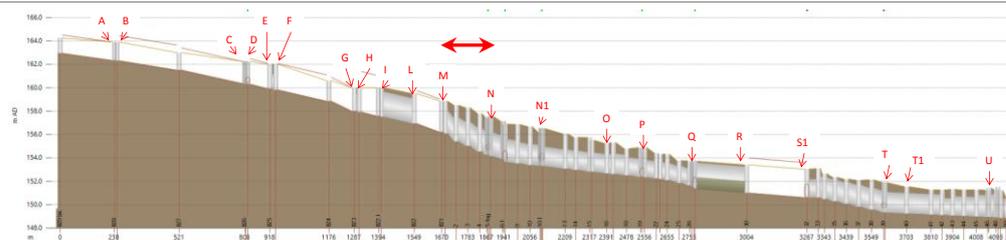
Ulteriori ostacoli e limitazioni al deflusso sono rappresentati dalle discontinuità planimetriche di valle e dagli ostacoli presenti all'interno di alcuni tratti della tombinatura, oltre che dai problemi legati alla formazione di sedimenti nel tratto a valle di via Bixio.

Nell'immagine sotto è rappresentato il profilo del Bozzente per tempi di ritorno pari a 10 anni (corrispondenti a valori di dimensionamento delle fognature urbane ma ben al di sotto di quella che dovrebbe essere la capacità idraulica di un corso d'acqua quale è il Bozzente), con contributo residuo dal bacino di monte pari a 1 m<sup>3</sup>/s. Risulta evidente il funzionamento in pressione di tutto il tratto a valle del punto S e il funzionamento al limite della capacità della tombinatura a valle del punto N1, anche in assenza di rigurgito da valle e con canale considerato perfettamente pulito e funzionante al massimo delle sue capacità geometriche e planoaltimetriche attuali.



<p>Descrizione intervento</p>	<p>L'intervento prevede l'apertura del tratto di tombinatura, in corrispondenza dello stesso tracciato, quindi con notevole riduzione delle dimensioni stradali o con il suo spostamento verso l'area verde.</p> <p>Non risulta possibile intervenire con la sola rimozione della copertura, poiché si tratta di un manufatto costruito con sezione chiusa, pertanto la realizzazione dell'apertura dovrebbe prevedere la realizzazione di un nuovo muro in destra, nuova soletta di fondo e sistemazione del muro in sinistra, oltre che la realizzazione di opportuni muretti spondali per la sicurezza del piano stradale e per il contenimento degli eventuali livelli di piena.</p> <p>Le attuali dimensioni della tombinatura sono pari a circa 2,0 m x 2,0 m. Le dimensioni dell'alveo aperto dovrebbero poter essere maggiori in modo da consentire la ricostruzione di sponde non del tutto verticali o di migliorare l'aspetto del fondo e della sponde con rivestimento in pietrame.</p>
<p>Alternative considerate</p>	<p>Nelle valutazioni condotte è stata considerata anche la possibilità di apertura del tratto in posizione spostata verso l'area verde, in modo da mantenere l'utilizzo totale dell'attuale piano stradale per transito e parcheggio. Tuttavia tale configurazione risulta non attuabile a causa della presenza del collettore fognario di gronda posizionato adiacente al Bozzente lungo la sua sponda destra e a quota tale da interessare parzialmente la sezione stessa. Il tracciato del Bozzente, quindi, non potrebbe essere deviato in destra mantenendo la quota di fondo e le dimensioni, poiché questo interferirebbe con l'esistenza della fognatura che non risulta possibile spostare se non con ingenti costi.</p>
<p>Effetti previsti</p>	<p>L'intervento descritto potrà consentire di migliorare il funzionamento idraulico del Bozzente in tutto il tratto, oltre che in quello di monte e di ripristinare il corso d'acqua</p>

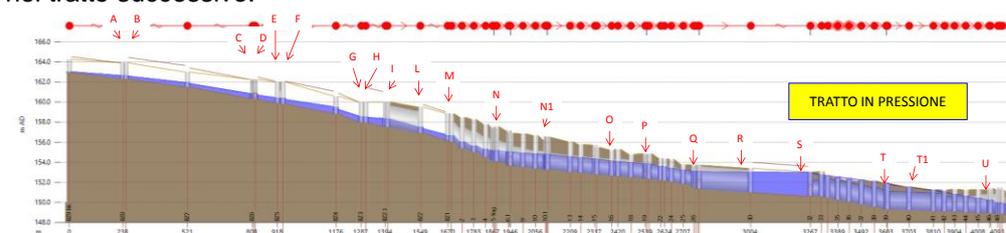
	<p>a cielo aperto.</p> <p>Occorre sottolineare la necessità di approfondimento e monitoraggio in merito ai possibili effetti negativi della presenza di scaricatori di piena della fognatura a monte e a valle del tratto, che potrebbero causare cattivi odori durante e dopo gli eventi meteorici.</p>
Collegamenti con altri interventi	<p>Nessuno in particolare.</p> <p>Eventuale collegamento con le opere di sistemazione delle aree a verde.</p>
Costi parametrici unitari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• realizzazione di tratto a cielo aperto, rettangolare dimensioni 2.5÷3.0 m di base/larghezza e 2.5÷3.0 di altezza muri, in c.a. scatolare prefabbricato o gettato in opera, compresi muri, opere di sostegno e fondazione, scavi e ripristini, per lunghezza complessiva pari a circa 220 m, importo pari a circa 2'500 euro/m;</li> <li>• Rilievi integrativi € 10'000</li> <li>• Espropri ed eventuali servitù, da valutare</li> </ul>
Costo totale intervento	<p>L'importo complessivo dei lavori come già conteggiati nel punto precedente, ad esclusione – quindi – degli oneri di esproprio e servitù, ammonta a circa 560'000,00 euro di soli lavori esclusi IVA, importi per progettazioni e DL e altre somme a disposizione, ma compresi oneri per sostegno e coordinamento sottoservizi</p>
Priorità	Nessuna priorità da indicare
Esigenze particolari	<p>Necessario approfondire gli aspetti legati alla presenza della fognatura.</p> <p>Necessario specifico finanziamento per la progettazione e realizzazione degli interventi.</p>
Intervento n.	02
Denominazione	Apertura torrente Bozzente nel tratto M-N
Esigenza emersa da	Possibile recupero paesaggistico e fruitivo del tratto fluviale
Localizzazione planimetrica	<p>L'intervento in argomento è situato lungo Via Cornaggia, all'inizio della tombinatura esistente, tra Viale Europa (punto M) e la via I Maggio o fino a San Carlo (punto N). In questo tratto il torrente Bozzente è completamente tombinato, si trova sotto il piano stradale, in area parcheggio nel primo tratto e in sede stradale nel secondo. I rilievi hanno evidenziato problemi strutturali e l'esigenza di ripristino della sicurezza e della garanzia della capacità di carico delle solette e dei muri.</p> 
Localizzazione nel profilo	<p>Il tratto in argomento è localizzato nella porzione di monte della tombinatura, in un tratto già caratterizzato dall'immissione delle acque scolmate dalla rete fognaria durante gli eventi meteorici e, nel passato, dal transito delle acque fognarie.</p>



Dal punto di vista del funzionamento idraulico, tutto il tratto di tombinatura a valle della sezione M è caratterizzato da una capacità idraulica incompatibile con il convogliamento contemporaneo delle portate residue in arrivo dal bacino naturale di monte e dalle portate scaricate dalle fognature miste e bianche drenate dalle aree urbanizzate sottese dal Bozzente.

In particolare il tratto M-N tale ridotta officiosità idraulica si manifesta solo in corrispondenza dell'arrivo da monte dei contributi del bacino naturale, oppure per rigurgito da valle in occasione di eventi con elevato tempo di ritorno anche in assenza di contributo da monte. In assenza di contributo da monte il funzionamento del tratto non risulta comunque mai in pressione.

Nell'immagine sotto è rappresentato il profilo del Bozzente per tempi di ritorno pari a 10 anni (corrispondenti a valori di dimensionamento delle fognature urbane ma ben al di sotto di quella che dovrebbe essere la capacità idraulica di un corso d'acqua quale è il Bozzente), con contributo residuo dal bacino di monte pari a soli 1 m<sup>3</sup>/s. Risulta evidente il funzionamento a pelo libero del tratto M-N, con rigurgito da valle nel tratto successivo.



<p>Descrizione intervento</p>	<p>L'intervento prevede l'apertura del tratto di tombinatura, in corrispondenza dello stesso tracciato, quindi con notevole riduzione delle dimensioni stradali e la rimozione dei parcheggi nel primo tratto.</p> <p>Non risulta possibile intervenire con la sola rimozione della copertura, poiché si tratta di un manufatto costruito con sezione chiusa, pertanto la realizzazione dell'apertura dovrebbe prevedere la realizzazione di un nuovo muro in destra, nuova soletta di fondo e sistemazione del muro in sinistra, oltre che la realizzazione di opportuni muretti spondali per la sicurezza del piano stradale e per il contenimento degli eventuali livelli di piena.</p> <p>Le attuali dimensioni della tombinatura sono pari a circa 2,0 m x 2,0 m. Le dimensioni dell'alveo aperto dovrebbero poter essere maggiori in modo da consentire la ricostruzione di sponde non del tutto verticali o di migliorare l'aspetto del fondo e della sponde con rivestimento in pietrame.</p>
<p>Alternative considerate</p>	<p>Le alternative considerate consistono nella messa in sicurezza strutturale del tratto tombinato oppure nella realizzazione di una nuova tombinatura a sostituzione di quella esistente.</p>
<p>Effetti previsti</p>	<p>L'intervento descritto potrà consentire di migliorare il funzionamento idraulico del Bozzente nel tratto, oltre che di ripristinare il corso d'acqua a cielo aperto.</p> <p>Occorre sottolineare la necessità di approfondimento e monitoraggio in merito ai possibili effetti negativi della presenza di scaricatori di piena della fognatura a monte e a valle del tratto, che potrebbero causare cattivi odori durante e dopo gli eventi meteorici.</p>
<p>Collegamenti con altri interventi</p>	<p>Nessuno in particolare. Eventuale collegamento con le opere di sistemazione delle aree a verde.</p>
<p>Costi parametrici unitari</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>realizzazione di tratto a cielo aperto, rettangolare dimensioni 2.0÷2.5 m di base/larghezza e 2.5÷3.0 di altezza muri, in c.a. scatolare prefabbricato o gettato in opera, compresi muri, opere di sostegno e fondazione, scavi e ripristini, per</li> </ul>

	<p>lunghezza complessiva pari a circa 210 m (fino a via I Maggio) e 80 m (da via I Maggio fino a via San Carlo), importo pari a circa 2'200 euro/m;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• realizzazione di tratto scatolare nuovo, prezzo equivalente al precedente.</li><li>• Rilievi integrativi € 10'000</li><li>• Espropri ed eventuali servitù, da valutare</li></ul>
Costo totale intervento	<p>L'importo complessivo dei lavori come già conteggiati nel punto precedente, ad esclusione – quindi – degli oneri di esproprio e servitù, ammonta a circa 470'000,00 euro di soli lavori per il tratto fino a via I Maggio e di ulteriori 180'000,00 euro per il tratto fino a San Carlo esclusi IVA, importi per progettazioni e DL e altre somme a disposizione, ma compresi oneri per sostegno e coordinamento sottoservizi</p>
Priorità	<p>Nessuna priorità da indicare</p>
Esigenze particolari	<p>Necessario approfondire gli aspetti legati alla presenza della fognatura e alla reale possibilità di mantenere aperto il tratto, vista la presenza di edifici e garage Necessario specifico finanziamento per la progettazione e realizzazione degli interventi.</p>

## 6 QUADRO ECONOMICO

Individuando come prioritari gli interventi per la risoluzione delle criticità strutturali delle opere attinenti gli attraversamenti e la tombinatura del torrente Bozzente (ripristino e, ove individuato, di consolidamento statico dei manufatti) e delle criticità idrauliche evidenziate per il tratto di via Magenta e via San Martino (realizzazione di nuovo tracciato per il tratto S1-T1 ripristinando il vecchio alveo), si presenta il quadro economico evidenziando i costi attinenti ai due interventi in quanto si prestano a svilupparsi in due lotti distinti:

### QUADRO ECONOMICO

<b>A) STIMA DEI LAVORI</b>		
A.01	OPERE DI RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DEI MANUFATTI RELATIVI GLI ATTRAVERSAMENTI E LA TOMBINATURA DEL TORRENTE BOZZENTE (ESCLUSO TRATTO S1-T1) (di cui Oneri per la sicurezza 143500,00 euro)	2.350.000,00
A.02	NUOVO TRACCIATO ALVEO S1-T1 E RIQUALIFICAZIONE CONDOTTO ESISTENTE LUNGO VIA MAGENTA CON INSERIMENTO DI NUOVA TUBAZIONE (di cui Oneri per la sicurezza: 50000,00 euro)	1.125.000,00
<b>TOTALE LAVORI A BASE D'ASTA - A)</b>		<b>3.475.000,00</b>
<b>B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE</b>		
	progetto definitivo, esecutivo, direzione lavori, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione - Lotto A.01	250.000,00
	progetto definitivo, esecutivo, direzione lavori, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione - Lotto A.02	162.000,00
B.02	Collaudi tecnico amministrativo e statico	84.000,00
B.03	Oneri di verifica del progetto (art. 26, c. 5, d.lgs. 50/2016)	67.000,00
B.04	Rilievi, accertamenti e indagini di approfondimento a supporto della progettazione	20.000,00
B.05	Spese per prove di laboratorio, accertamenti e verifiche tecniche obbligatorie o specificatamente previste dal C.S.A.	12.000,00
B.06	Eliminazione reti interferenti (a cura Enti gestori reti)	25.000,00
B.07	Acquisizione aree	35.000,00
B.08	Spese per pubblicità e comunicazioni alla cittadinanza	3.000,00
B.09	Eventuali spese per gare e commissioni giudicatrici	1.000,00
B.10	Accantonamento di cui all'art. 113, c.3 D. Lgs. 50/2016 - non soggetto ad I.V.A.	18.000,00
B.11	CNPAIA 4% sull'importo (B1+B2+B3)	22.520,00
B.12	IVA 10% sull'importo (A1)	235.000,00
B.13	IVA 22% sull'importo (A.2)	247.500,00
B.14	IVA 22% sull'importo (da B.01 a B.11)	153.894,40
B.15	Imprevisti e arrotondamenti	189.085,60
<b>TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE - B)</b>		<b>1.525.000,00</b>
<b>IMPORTO COMPLESSIVO INTERVENTO A)+B)</b>		<b>5.000.000,00</b>