

COMUNE DI GENOVA  
AREA TECNICA  
DIREZIONE OPERE IDRAULICHE E SANITARIE  
Via di Francia 3 - 16149 GENOVA

**ADEGUAMENTO IDRAULICO DEI TRATTI TOMBINATI  
DEI RIVI VEILINO E SANT' ANTONINO**

**PROGETTO PRELIMINARE**

**RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA**

**R.01**

Prima emissione:

luglio 2017

Il Responsabile Unico  
del Procedimento

Dott. Ing. Stefano Pinasco

Il Progettista

Dott. Ing. Gianpaolo Careddu  
Via Ippolito D'Aste 7/5A  
16121 Genova  
Tel: 010/589167  
gp.careddu@gmail.com



**ADEGUAMENTO IDRAULICO DEI TRATTI TOMBINATI  
DEI RIVI VEILINO E SANT'ANTONINO**

\* \* \*

**PROGETTO PRELIMINARE**

\* \* \*

**RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA**

\* \* \*

**INDICE DEGLI ARGOMENTI**

<b>1. PREMESSE E GENERALITA'</b> .....	2
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEI LUOGHI</b> .....	3
<b>2.1. Descrizione dello stato dei luoghi</b> .....	3
<b>2.2. Situazione idraulica attuale dell'area</b> .....	4
<b>2.3. Compatibilità dei lavori previsti con gli strumenti urbanistici</b> .....	5
2.3.1. <i>Lavori previsti</i> .....	5
2.3.2. <i>Coerenza con gli Strumenti urbanistici</i> .....	6
<b>3. ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI</b> .....	7
<b>3.1. Individuazione delle alternative progettuali sotto l'aspetto tecnologico</b> .....	7
3.1.1. <i>Generalità</i> .....	7
3.1.2. <i>Descrizione delle alternative progettuali sotto l'aspetto tecnico</i> .....	8
3.1.3. <i>Valutazione delle opzioni progettuali sotto l'aspetto funzionale</i> .....	14
3.1.4. <i>Valutazione delle opzioni progettuali sotto l'aspetto logistico</i> .....	15
3.1.5. <i>Valutazione delle opzioni progettuali sotto l'aspetto economico</i> .....	17
<b>3.2. Matrice delle alternative progettuali</b> .....	18
<b>3.3. Scelta dell'opzione d'intervento</b> .....	18
<b>4. ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI</b> .....	19
<b>4.1. Valutazioni economiche</b> .....	19
4.1.1. <i>Tecnica computazionale adottata</i> .....	19
4.1.2. <i>Riferimenti ai prezzi unitari adottati</i> .....	19
4.1.3. <i>Sintesi delle valutazioni per categorie di opere</i> .....	20
<b>5. ANALISI SOMMARIA DEGLI ASPETTI IDRAULICI, IDROGEOLOGICI, GEOLOGICI, GEO TECNICI, STATICO-FUNZIONALI DELLE STRUTTURE PREVISTE</b> .....	21
<b>5.1. Aspetti idrologici ed Idraulici</b> .....	21
<b>5.2. Aspetti geologico-geotecnici</b> .....	21
<b>5.3. Aspetti statico-funzionali delle strutture previste</b> .....	23
5.3.1. <i>Strutture del rio Veilino</i> .....	23
5.3.2. <i>Strutture del rio Sant'Antonino</i> .....	25
<b>6. ANALISI DEGLI IMPATTI AMBIENTALI</b> .....	27

## **RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA**

### **1. PREMESSE E GENERALITA'**

La presente relazione ha per oggetto l'intervento di adeguamento idraulico dei rivi Veilino e Sant'Antonino che a causa dei nubifragi che si sono abbattuti sul capoluogo ligure nei mesi di ottobre e novembre 2014 hanno prodotto sul territorio gravi dissesti di natura idrogeologica. Uno di tali eventi ha interessato il Rio Veilino, affluente di destra del t. Bisagno, che è esondato, allagando le strade vicine alle sponde del torrente e l'ingresso del cimitero di Staglieno, causando gravi danni alla viabilità e alle attività produttive che gravitano nell'area cimiteriale.

Il Piano di Bacino, nelle linee generali di intervento nell'ambito delle criticità del bacino idrografico del torrente Bisagno, affronta il problema della riduzione del rischio considerando congiuntamente, in sede di programmazione e di progettazione, le funzioni concorrenti di opere di difesa e di norme di uso del territorio. A tale scopo è stata redatta una lista di priorità degli interventi desunta sulla scorta della pericolosità idraulica e della pericolosità geomorfologica, individuando l'adeguamento delle sezioni idrauliche del rio Veilino ai fini del deflusso della portata 200-ennale come intervento ad ALTA priorità, unitamente all'adeguamento delle sezioni idrauliche del rio Sant'Antonino, affluente dello stesso rio Veilino.

In particolare, l'intervento in oggetto prevede la demolizione e l'adeguamento funzionale di parte della copertura del tratto terminale dei rivi Veilino e Sant'Antonino in corrispondenza delle aree cimiteriali e la loro ricostruzione contestualmente all'ampliamento ed alla regolarizzazione delle sezioni trasversali dei rivi stessi; questo in quanto i relativi manufatti non soddisfano i richiesti franchi idraulici di legge calcolati in corrispondenza della portata di progetto duecentennale, portata che determina allo stato attuale la messa in pressione del manufatto medesimo.

L'intervento prevede inoltre lungo il rio Sant'Antonino oltre all'adeguamento della tombinatura anche la realizzazione di una vasca di monte per l'intercettazione del materiale flottante e del materiale litoide trasportati dalle correnti di piena.

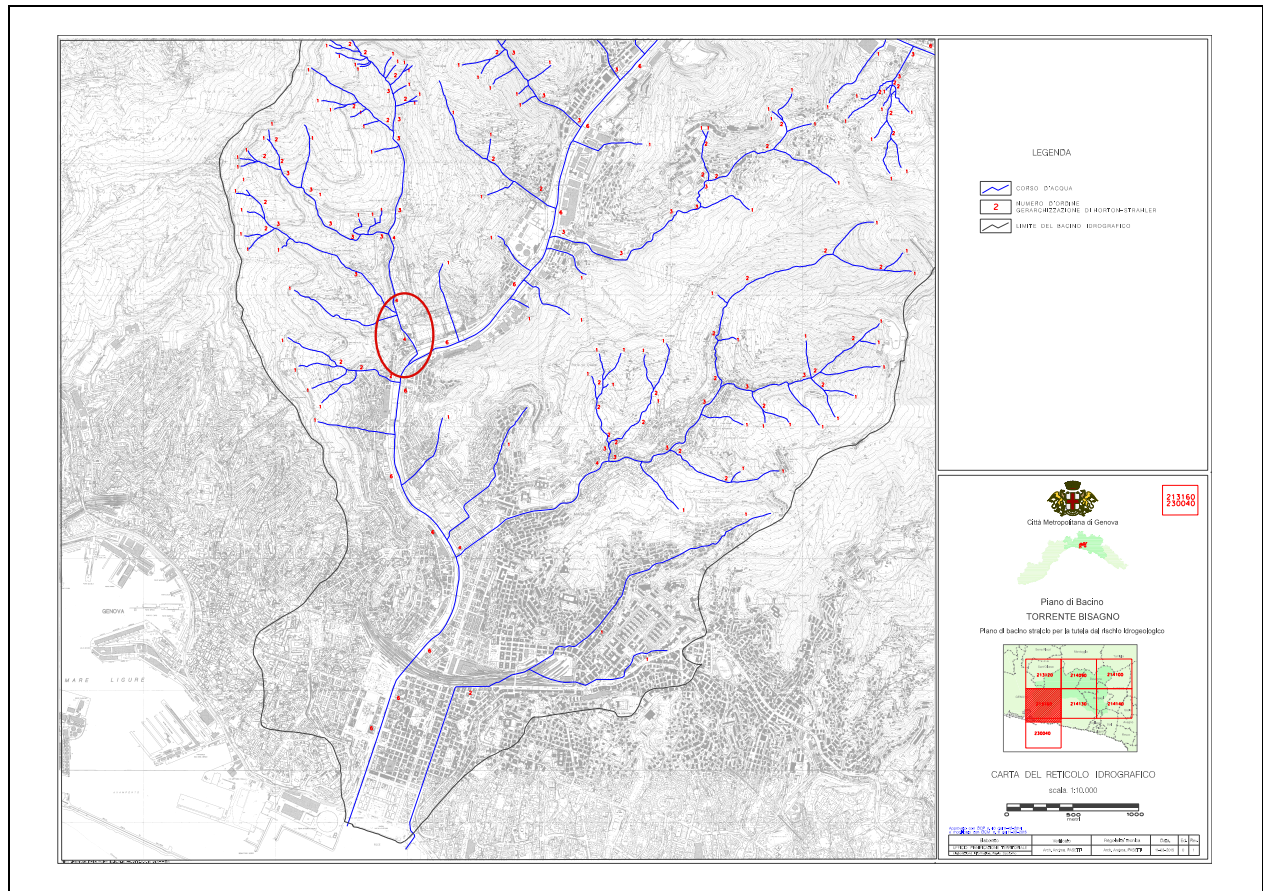
L'intervento è posto alla base del percorso partecipativo previsto dalla procedura POR FESR 2014-2020.

## **2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEI LUOGHI**

### **2.1. Descrizione dello stato dei luoghi**

Tra i corsi d'acqua appenninici del versante ligure tirrenico, il torrente Bisagno presenta un bacino di dimensioni medio-piccole, con superficie complessiva di circa 95 kmq. Il torrente Bisagno ha inizio al colle della Scoffera (675 m sul l.m.m.) e ha la sua foce all'estremità orientale del bacino portuale di Genova in prossimità del quartiere fieristico.

Il tratto medio inizia approssimativamente in corrispondenza dell'abitato di Prato, ed è caratterizzato da un particolare assetto: lungo la sponda sinistra del torrente i versanti costituiscono una sorta di striscia di larghezza costante, corrispondenti al prato di S. Eusebio, drenati da brevi incisioni perpendicolari all'asta principale, mentre per quanto riguarda il versante destro in località Doria confluisce il rio Torbido e, dopo le pendici di S. Siro, il torrente Geirato in loc. Molassana. A valle della confluenza del T. Geirato, si presentano in sponda sinistra alcune aree drenate da brevi incisioni e quindi il rio Montesignano, mentre in destra confluiscono a S. Gottardo il rio Trensasco e, dopo poche centinaia di metri, il rio Cicala. In prossimità del cimitero di Staglieno confluisce in destra il **rio Veilino**, che raccoglie le acque dei **rii Rovena, Briscata e S. Antonino** e, quindi, a Marassi il rio Fereggiano, nel basso corso hanno anche recapito le fognature bianche dell'area urbanizzata.



Reticolo idrografico del basso t. Bisagno con evidenziata l'area d'intervento

## 2.2. Situazione idraulica attuale dell'area

### Descrizione del tratto del rio Veilino

Il tronco d'alveo del rio Veilino oggetto di verifica è compreso tra la confluenza del rio Rovena, a monte del Cimitero di Staglieno, e la confluenza del Veilino nel Bisagno, per una lunghezza complessiva di circa 970 m. Le sezioni sono di forma regolare assimilabile alla rettangolare con larghezze al fondo variabili tra 6 e 16 m circa.

L'alveo risulta interamente plateato ma a valle delle briglie di maggiore altezza si possono notare elementi del fondo scalzati dalla corrente che ostacolano il regolare deflusso e in alcuni punti la presenza ai lati di depositi alluvionali e vegetazione. Entrambe le sponde sono arginate con muri in c.a.: mentre in sponda destra l'argine degrada lentamente verso valle, in sponda sinistra presenta un

andamento discontinuo.

Lungo il tratto sono presenti, da monte verso valle, i seguenti manufatti: due briglie, una passerella pedonale a campata unica, sei briglie, una tombinatura.

Si segnala che, in prossimità della sezione di Piano di Bacino VEI 45, la strada Via Superiore del Veilino attraversa l'alveo, per poi percorrerlo sul lato sinistro fino a VEI 51. Le portate di calcolo sono riportate nella tabella seguente:

<b>CORSO D'ACQUA</b>	<b>SEZIONI</b>	<b>NODO IDROGRAFICO</b>	<b>Q50 (m3/s)</b>	<b>Q200 (m3/s)</b>	<b>Q500 (m3/s)</b>
rio Veilino	VEI 51 – VEI 1	1	51	85	116
t. Bisagno valle	BIS 40 –	P	730	1201	1649
t. Bisagno monte	– BIS 41	0	679	1116	1533

Portate di piena utilizzate per la verifica idraulica del rio Veilino. (DDG n. 141 del 12/06/2017)

La criticità maggiore del tratto è costituita dalla tombinatura finale: per portata cinquantennale non è garantito il franco adeguato e pertanto è stata mappata una fascia A di pericolosità residua; per portata con tempo di ritorno duecentennale la tombinatura lavora interamente in pressione, con valori elevati di carico totale. Per tale ragione, sebbene non si verifichi direttamente esondazione dall'imbocco della tombinatura in quanto profonda rispetto al piano campagna, è stata mappata una pericolosità di fascia B nell'area cimiteriale di valle, fino a raggiungere via Piacenza.

## **2.3. Compatibilità dei lavori previsti con gli strumenti urbanistici**

### **2.3.1. Lavori previsti**

L'intervento di adeguamento idraulico dei tratti tombinati dei rii Veilino e Sant'Antonino deve prevedere una serie di opere mirate sostanzialmente a:

- rendere compatibile la sezione idraulica con le portate duecentennali previste dal Piano di Bacino, disponendo che:
  - il profilo energetico delle portate cinquantennali sia completamente all'interno della copertura;

- il profilo energetico delle portate duecentennali sia sostanzialmente all'interno della copertura e comunque il franco idraulico sia compatibile con quello previsto dal piano di bacino;
- il profilo liquido delle portate cinquecentennali si mantenga interno alla copertura anche se privo di franco idraulico, ovvero con franco idraulico minore di quello previsto per le portate duecentennali.
- mantenere intatto l'ambiente circostante, trattandosi di ambiente cimiteriale, quindi sottoposto a vincolo Architettonico-Monumentale, Paesaggistico, Archeologico.

A tale scopo si prevede la ricalibratura delle sezioni di deflusso mediante la rettifica del profilo di fondo alveo, evitando l'allargamento delle sezioni, il tutto secondo tecniche di seguito descritte, che fanno sostanzialmente riferimento a lavori in sottomurazione delle strutture esistenti o in sottosuolo, volte, soprattutto, a minimizzare l'incidenza delle opere in superficie, stanti le peculiarità dell'area cimiteriale.

Pertanto l'intervento previsto dovrà comprendere attività delle seguenti tipologie:

- Rilievi geognostico-tecnici di dettaglio degli ambiti d'intervento con apposita campagna di sondaggi volta a riconoscere puntualmente ed estensivamente la consistenza del sottosuolo nelle aree ove sono previsti scavi;
- Scavi di risagomatura con approfondimento degli alvei attuali o generazione di nuovi derivati con funzione di scolmatori di portate, da realizzare pur sempre nel sottosuolo;
- Ricostituzione ed ammodernamento delle strutture di copertura, ove si presentino incompatibili con le portate e/o strutturalmente inadeguate;
- Ripristini delle aree di superficie, con ricostituzione delle pavimentazioni preesistenti e della connessa rete di sottoservizi.

### **2.3.2. Coerenza con gli Strumenti urbanistici**

Le opere previste sono certamente coerenti con i seguenti Ordinamenti:

- A. **“Piano di Bacino Stralcio per la Tutela dal rischio Idrogeologico”** - Torrente Bisagno - dell’Autorità di Bacino della Regione Liguria (Rev. 3) in quanto destinate al ripristino di condizioni di sicurezza; si può peraltro osservare che sono comunque coerenti con il suddetto Piano, in quanto verificate idraulicamente proprio agli effetti del Piano stesso.
- B. agli effetti della coerenza con il **Piano Territoriale di Coordinamento Pesistico** (PTCP), in quanto trattasi di opere in sede di quelle esistenti, aventi, quindi carattere manutentivo ancorché straordinario.
- C. agli effetti della **Carta dei Vincoli**, il fatto stesso di aver mantenuto le opere in sotterraneo ed in sede rispetto alle esistenti, rimanda il rispetto alla sola fase di cantiere, per la quale sarà cura dell’Amministrazione Comunale acquisirne i pareri.

### **3. ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI**

#### **3.1. Individuazione delle alternative progettuali sotto l’aspetto tecnologico**

##### **3.1.1. Generalità**

Per i lavori di adeguamento idraulico dei tratti tombinati dei rii Veilino e Sant’Antonino sono state individuate ed esaminate due possibili alternative, secondo altrettante diverse tipologie d’intervento, che, sostanzialmente, si possono riepilogare nelle seguenti:

- A. Interventi in sede alveo attuale: volti ad adeguare la sezione idraulica delle strutture che racchiudono l’alveo attuale dei rii;
- B. Interventi extra sede: volti a derivare le portate dei rii che superino la capacità idraulica delle sezioni tombinate esistenti mediante apposite derivazioni (scolmatori) da realizzare ex-novo al di fuori dell’attuale sede dei rii, comunque in sotterraneo. Tale opzione è apparsa significativamente vantaggiosa, di primo acchito, in quanto apparentemente autonoma sia dal deflusso idrico lungo le



aste esistenti, sia dall'intorno ambientale, in quanto a sviluppo prevalente in sotterraneo (non tenendo conto delle possibili variabili geotecniche del sito).

Si evidenzia che l'opzione zero (mancato adeguamento idraulico dei rivi) viene scartata a priori, in quanto oggetto di analisi a monte della presente fase progettuale.

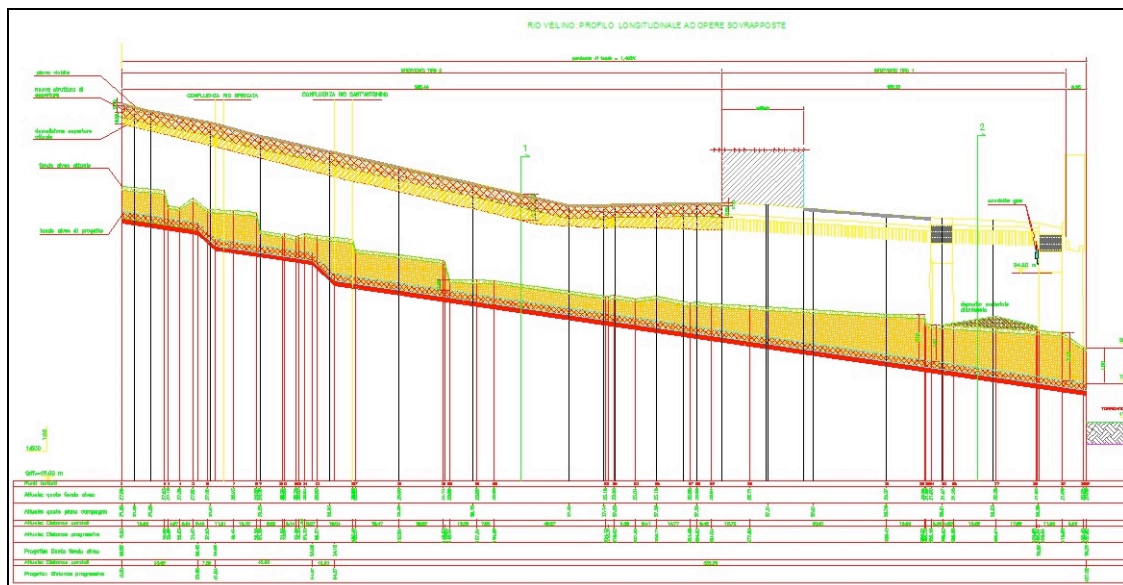
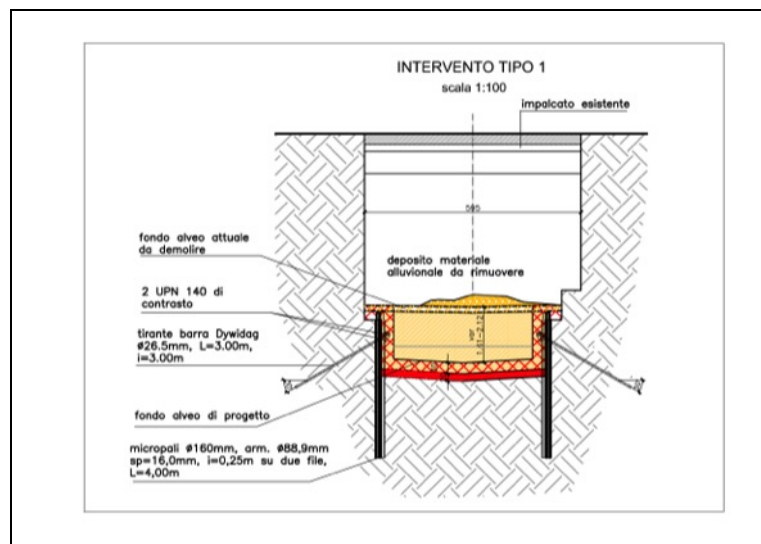
### **3.1.2. Descrizione delle alternative progettuali sotto l'aspetto tecnico**

Le soluzioni progettuali esaminate sono, in particolare, le seguenti:

- A. **Gli interventi in sede**, volti a contenere in loco le portate di deflusso consistono sostanzialmente nell'adeguamento della sezione idraulica delle tombinature dei rivi in oggetto, ottenibile ricavando l'incremento di sezione richiesto dalle portate di ricorrenza duecentennale mediante sottoescavazione dell'attuale tombinatura con demolizione e ricostruzione della copertura all'interno dell'area cimiteriale. In effetti, l'intervento in sede prevede l'incremento della pendenza del fondo alveo del rio Veilino con raccordo all'imbocco di monte della tombinatura disponendo quindi la livelletta di fondo a pendenza costante, inserendovi due scivoli intermedi, in corrispondenza delle immissioni dei rivi Briscata e Sant'Antonino, maggiorata rispetto all'attuale, fino alla sezione di sbocco della tombinatura, ribassata rispetto all'attuale di circa 2,00 m; l'abbassamento della sezione di deflusso richiede il preventivo consolidamento dei piedritti della tombinatura e, per gran parte dello sviluppo delle tombinature, l'adeguamento dello spessore della copertura, rimpiazzando l'esistente soletta nervata con soletta a piastra (a fondo liscio), riducendone drasticamente lo spessore, ove necessario, sia ai fini idraulici sia ai fini statici. Tale necessità è stata rilevata per il tratto all'interno dell'area cimiteriale, mentre per l'area esterna (piazzale Resasco e via Piacenza) la maggior altezza dell'impalcato dal fondo alveo consente il deflusso libero delle portate di piena di ricorrenza persino cinquecentennale, mentre si riscontrano piuttosto deficienze d'ordine manutentivo, per le quali occorrerebbero interventi di ripristino strutturale su alcune nervature dell'attuale copertura, soggette a distacchi del copriferro; per tali esigenze si potrà operare puntualmente

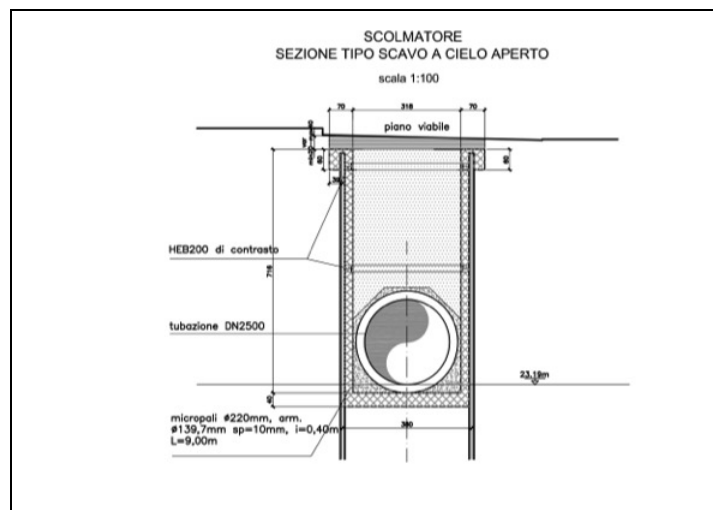
dall'interno della tombinatura con interventi di ripristino strutturale, senza interferire con la pubblica viabilità. Per il rio Sant'Antonino, invece, la regolarizzazione del fondo è prevista secondo una livelletta costante di pendenza 2,046% a partire dal ciglio di monte della vasca d'imbocco della tombinatura; la relativa copertura, attualmente nervata ed interrata sotto una coltre variabile da 0,70 a 1,70 m, viene sostituita da struttura a piastra a raso piano campagna.

Si rappresenta qui di seguito lo schema della sezione tipo e del profilo longitudinale dell'intervento previsto sul rio Veilino:





**B. Gli interventi “extra sede”** consistono sostanzialmente nel realizzare nel sottosuolo scolmatori di piena con escavazione mediante talpa o spingitubo, che intercettino le portate all’imbocco di monte delle tombinature con apposite vasche di carico (“a trappola”) e le derivino, con deflusso anche in pressione, direttamente allo sbocco delle tombinature stesse. In tal caso si tratterebbe, per il rio Veilino, di un collettore di diametro minimo 2000 mm con sbocco diretto nel t. Bisagno, in parallelo all’attuale ed immediatamente a monte di questo, con tracciato in sinistra orografica del rio, in attraversamento diagonale del primo campo di Sepoltura, quindi con sviluppo interrato con copertura variabile tra 2,50-3 m lungo il viale diretto all’ingresso principale del Cimitero, sfociando direttamente nel t. Bisagno praticamente in corrispondenza dello sbocco del t. Veilino, immediatamente a monte di questo, nello spazio esistente tra il suo sbocco e l’ultima briglia del t. Bisagno. Per il rio Sant’Antonino si tratterebbe di analogo collettore diametro 1500 mm con deflusso anche in pressione, con tracciato in parallelo al rio lungo la sua sinistra idrografica, fino allo sbocco nella tombinatura del rio Veilino.

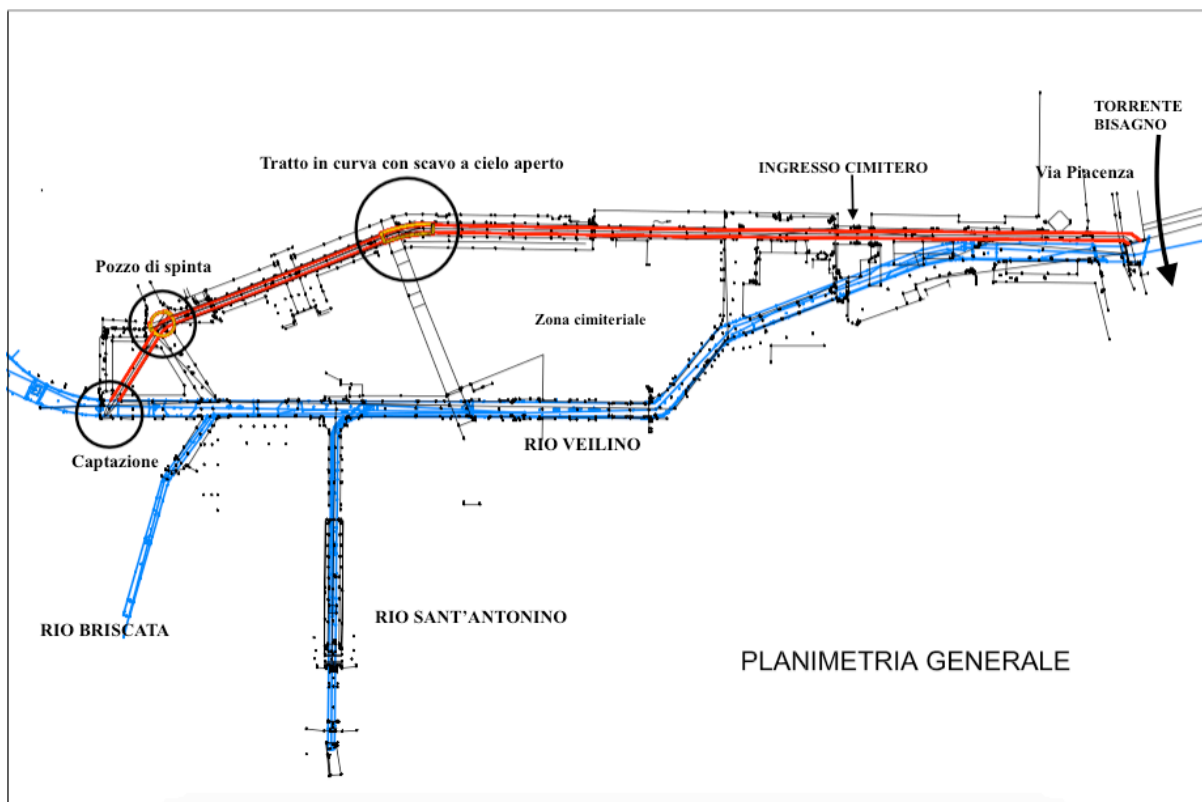


L’esempio che si riporta in figura rappresenta il tratto intermedio, in curva, per il quale occorre procedere con scavo dall’alto per poter realizzare, appunto, il

raccordo curvilineo, non fattibile con fresa o spingitubo data la ridotta lunghezza del raggio di curvatura.

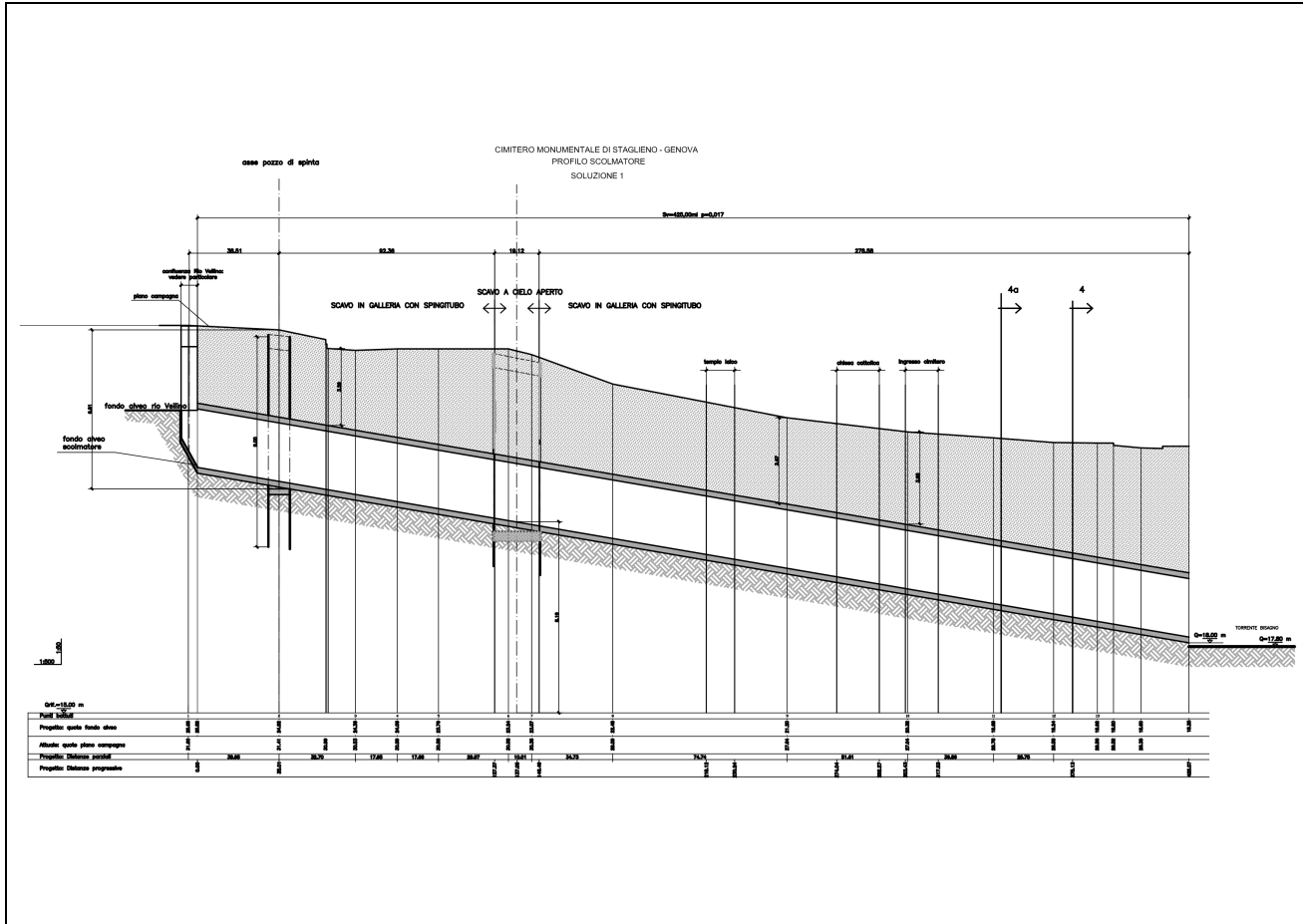
Va da sé che nelle suddette ipotesi di captazione delle portate con vasca di carico, le portate intercettate dagli “scolmatori” sarebbero quelle prevalenti, mentre alle tombinature attuali verrebbero destinate esclusivamente le portate in supero e, comunque, tutte quelle defluenti dai rii Briscata e Sant’Antonino.

Nella figura che segue si rappresenta, invece, il tracciato esistente delle aste dei rivi (in blu) evidenziando in rosso il tracciato ritenuto possibile per l’eventuale scolmatore.

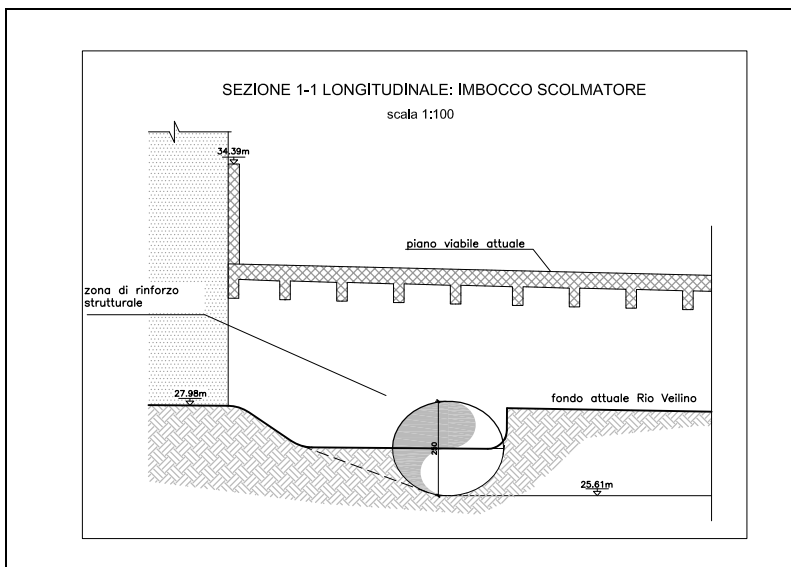


schema planimetrico dello scolmatore (in rosso) del rio Veilino (in blu)

Il profilo dello scolmatore sarebbe quello qui di seguito rappresentato, mantenendo inalterata la profilatura attuale del rio Veilino:



con relativa opera di captazione e derivazione (sezione in asse sul rio Veilino):



### **3.1.3. Valutazione delle opzioni progettuali sotto l'aspetto funzionale**

Sotto l'aspetto funzionale, per le soluzioni progettuali esaminate, si possono evidenziare le seguenti specificità:

- **A per la soluzione in sede** (abbassamento della sezione di deflusso secondo un profilo di fondo a livelletta costante con pendenza dell'1,462%):
  - *elementi funzionali positivi* (a regime): perfetto deflusso a pelo libero delle portate di piena, con piena ottemperanza delle prescrizioni del Piano di Bacino;
  - *elementi funzionali negativi* (a cantiere in corso):
    - interferenza del cantiere con il deflusso delle portate, per cui occorrerà scegliere il periodo (estivo) per i lavori in sotterraneo, prescrivendo l'allontanamento del cantiere in caso di maltempo;
    - interferenza del cantiere con la viabilità interna al Cimitero.
- **B per la soluzione fuori sede** (derivazione con scolmatore mediante "talpa"):
  - *elementi funzionali positivi* (a regime):
    - garanzia del deflusso a pelo libero nella tombinatura attuale, senza intervento alcuno (se non di tipo manutentivo, dall'interno della stessa);
    - (a cantiere in corso): minor incidenza del maltempo rispetto alla soluzione A, in quanto cantiere isolato dalle portate del rio Vailino ed affluenti;
    - (a cantiere in corso): apparente autonomia funzionale dall'ambiente circostante (elemento verificatosi a grave rischio d'incertezza);
  - *elementi funzionali negativi* (a regime):
    - deflusso delle portate nello scolmatore con regime variabile, fino alla condizione di deflusso in pressione, anche se di limitato sovrizzo rispetto al cielo della condotta (la quota massima della linea delle pressioni sarà sempre inferiore a quella del pelo libero delle portate nella tombinatura esistente, a pari distanza dall'origine, per cui sarà

sempre sottomessa al piano campagna; in ogni caso occorre garantire l'impermeabilità dei giunti tra ogni elemento di tubo della nuova derivazione);

- (a cantiere in corso): difficoltà di stima del risentimento in superficie prodotto dalle operazioni di scavo, certamente visibile, per cui viene consigliato, in presenza di elementi sensibili in superficie (strutture rigide o edifici a fondazione diretta), il preconsolidamento dell'area di scavo con jet-groutings.

#### **3.1.4. Valutazione delle opzioni progettuali sotto l'aspetto logistico**

La logistica del cantiere costituisce un aspetto di fondamentale importanza riguardo alla fattibilità degli interventi in quanto di spiccata incidenza su:

- Costi di realizzazione;
- Impatto del cantiere sull'ambiente;
- Impatto del cantiere sui tempi di realizzazione.

In effetti la logistica del cantiere si differenzia di molto tra le diverse tipologie d'intervento e può sintetizzarsi, per ognuna di queste, nelle seguenti specificità:

- **A per la soluzione in sede** (abbassamento della sezione di deflusso secondo un profilo di fondo a livelletta costante con pendenza dell'1,462%):
  - *elementi funzionali positivi* (si tratta esclusivamente della fase di cantierizzazione):
    - accessibilità dei materiali e dei mezzi operativi dai varchi esistenti, ossia o dall'imbocco di valle o direttamente dalla superficie, ove viene scoperchiata la struttura esistente demolendovi la soletta di copertura per il suo adeguamento statico ed idraulico;
    - materiali e mezzi operativi di tipo consueto (calcestruzzo, ferro d'armatura, casseri, elementi prefabbricati di dimensioni correnti, escavatore, sonda, autocarri, autobetoniere);
  - *elementi funzionali negativi*:



- quelli cui si è già accennato sopra: l'esigenza di dover sgomberare il cantiere in caso di maltempo, dovendo liberare l'alveo attivo per consentirvi il deflusso delle portate.
- **B per la soluzione fuori sede** (derivazione con scolmatore mediante "talpa"):
  - *elementi funzionali positivi:*
    - quelli per i quali nell'opzione A costituiscono elemento negativo: la minor esigenza di dover sgomberare il cantiere in caso di maltempo, essendo indipendente il cantiere dal deflusso delle portate entro l'asta principale (pur sempre entro certi limiti, dettati comunque dagli allarmi dell'ARPAL);
  - *elementi funzionali negativi:*
    - la maggior rigidità funzionale del cantiere, in quanto necessita di macchinari e materiali ingombranti e pesanti (elementi di tubo di grande diametro richiedenti movimentazione con autoarticolati e con gru), il cui trasporto, montaggio e smontaggio richiedono impegno di attrezzature pesanti per tutta la durata del cantiere.

*In ordine ai costi di costruzione*, gli aspetti logistici vengono valutati economicamente conglobandoli nei costi dei singoli interventi e, sicuramente, l'intervento di tipo **A**, in quanto funzionalmente più flessibile e di tipo convenzionale, richiede costi abbastanza standardizzati, salvo che per l'obbligo di dover adottare sonde a slitta corta per le lavorazioni sotto impalcato (circa il 50% del totale), comunque prevedibili. Per la soluzione **B** il tipo d'intervento richiede attrezzature esclusive di impresa specializzata nel settore, per cui il mercato stesso appare già inizialmente piuttosto rigido e l'avanzamento delle lavorazioni può risentire spiccatamente della possibile variazione di consistenza del terreno da un punto all'altro del tracciato, per cui sussistono delle variabili difficilmente valutabili a priori.

*In ordine ai tempi d'esecuzione* occorre evidenziare che le variabili in gioco sono diverse, a seconda del riscontro in termini sia climatici che geotecnici; comunque si ritiene che la soluzione **A** sia favorita anche in questo caso, in quanto più flessibile,

anche se maggiormente dipendente, rispetto alla soluzione **B**, dalle condizioni del deflusso idrico lungo le aste interessate dai lavori.

*Riguardo all'impatto del cantiere sull'ambiente*, pur ritenendo che le lavorazioni in sotterraneo lontane dall'asta principale (soluzione **B**) presentino aspetti favorevoli, si ritiene che tali aspetti siano soltanto apparenti in confronto con la soluzione **A**, in quanto la maggior flessibilità del cantiere per la soluzione in sede (**A**) contempla lavorazioni più "leggere", in quanto adattabili ad eventuali esigenze puntualmente sopravvenute (si pensa all'eventuale necessità di puntellamento di una struttura in superficie, contro l'eventualità, nel caso B, di uno sfornellamento, dalle conseguenze meno prevedibili e con interventi riparatori meno immediati e certamente più impegnativi).

### **3.1.5. Valutazione delle opzioni progettuali sotto l'aspetto economico**

Dall'analisi di costo dei singoli elementi progettuali, meglio espressa nei successivi paragrafi, oltre che dei mezzi d'opera e della logistica di cantiere che si può prefigurare nel particolare ambito operativo in cui si andrà ad operare, si è prodotta una stima degli interventi.

In particolare, per le due tipologie d'intervento prese in considerazione, si ottengono i seguenti importi:

- Intervento con Opzione A) *soluzione in sede* , compresi annessi e finiture:
  - importo previsto per lavori: Euro 3.500.000,00, oltre oneri per la sicurezza espliciti non compresi nei prezzi e Somme a disposizione dell'Amministrazione (IVA ed oneri vari) per un totale di **Euro 4.525.770,00**;
- Intervento con Opzione B) – soluzione extra sede, compresi annessi e finiture:
  - importo previsto per lavori: Euro 4.000.000,00 oltre oneri per la sicurezza espliciti non compresi nei prezzi e Somme a disposizione dell'Amministrazione (IVA ed oneri vari) per un totale di Euro 5.600.000,00; con estrema incertezza circa l'effettiva attendibilità della stima.

### 3.2. Matrice delle alternative progettuali

Si raffrontano le soluzioni base ed alternative dando una valutazione percentuale positiva a ciascuna opzione rispetto a quella ideale posta convenzionalmente pari a 3. L'opzione zero, rappresentata da soli interventi di tipologia puramente manutentiva, non viene presa in considerazione per i motivi sopra già evidenziati.

		<b>VALUTAZIONE (valori da 1 a 3) SOTTO GLI ASPETTI:</b>				<b>PUNTEGGIO TOTALE</b>
<i>Soluzioni</i>	<i>ALTERNATIVE PROGETTUALI</i>	<i>FUNZIONALE</i>	<i>ECONOMICO</i>	<i>LOGISTICO</i>	<i>AMBIENTALE</i>	
Soluzione A	Intervento in sede	3	3	2	2	<b>10</b>
Soluzione B	Intervento con scolmatore (fuori sede)	3	1	1	1	<b>6</b>
	TOTALE	6	4	3	4	<b>16</b>

### 3.3. Scelta dell'opzione d'intervento

Tenuto conto degli aspetti sopra espressi e dei giudizi ricavati da una valutazione quali-quantitativa, appare emergere il vantaggio della soluzione **A** (in sede) rispetto quella **B** (extra sede), soprattutto in considerazione dei relativi costi e dell'incertezza insita nella soluzione **B** rispetto alla **A** a causa della incidenza di quella sul territorio, in quanto non prevedibile a priori l'entità del rischio, che può assumere valenze incommensurabili, data la natura del sito (Cimitero Monumentale).

Siccome le valenze architettonico-culturali costituiscono il pregio più significativo del sito, si ritiene di doverne tener conto privilegiando nella scelta l'opzione **A** in quanto più flessibile, oltre che di più sicura valutazione (peraltro contenuta entro noti parametri).

## **4. ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI**

### **4.1. Valutazioni economiche**

L'analisi tecnico-economica allegata si riferisce esclusivamente alla soluzione assunta come definitiva, pur restando disponibili ad un confronto esplicito sulla soluzione "perdente", in cui, peraltro, l'aspetto economico diventa secondario rispetto a quello logistico ed al rischio ambientale.

#### ***4.1.1. Tecnica computazionale adottata***

Data la specificità delle opere previste, l'analisi tecnico-economica è stata sviluppata per via "analitica", esaminando le singole voci che concorrono alla formazione dell'importo in termini quantitativi sia tecnici che economici. Tale valutazione, naturalmente, vale con tutte le riserve del caso, essendo stata effettuata sulla base delle ipotesi di validità dei parametri geotecnici assunti in fase preliminare, in assenza di indagini puntuali ed allargate all'intero sviluppo del tracciato delle opere, oltre che in assenza di una perfetta conoscenza delle strutture esistenti. Si ritiene comunque che le analisi condotte abbiano un sufficiente margine di attendibilità e che le eventuali variazioni che si dovessero riscontrare in fase di progettazione definitiva possano derivare da riscontri locali.

#### ***4.1.2. Riferimenti ai prezzi unitari adottati***

L'analisi di cui sopra fa esplicito riferimento al Prezzario Opere Edili della Regione Liguria per l'anno 2016, con l'avvertenza (riportata in margine all'Elenco Prezzi) che la descrizione delle voci riepiloga la consistenza della lavorazione di riferimento, mentre il relativo prezzo è (salvo le eccezioni di cui oltre) quello delle voci del citato prezzario regionale. La Specifica Tecnica di queste, comunque, è ampiamente descritta nelle pagine che precedono nel suddetto prezzario le voci stesse, ma con la descrizione

effettuata in questa sede (vedansi le analisi effettuate) si vuole comunque esplicitare qualcosa più in dettaglio, là non espresso.

Le eccezioni sopra citate si riferiscono a quattro Nuovi Prezzi, riferiti specificatamente alle perforazioni per micropali, per micropali sotto copertura (realizzati quindi con sonda a slitta corta), per tiranti e per barre Dywidag: siccome le suddette lavorazioni costituiscono attività prevalente nell'ambito del cantiere, sono state elaborate analisi specifiche deducendovi i prezzi da applicare alle relative voci.

#### **4.1.3. Sintesi delle valutazioni per categorie di opere**

La sintesi delle lavorazioni previste si riepiloga nel seguente quadro tecnico-economico:

LAVORAZIONE PREVISTA	IMPORTI (EURO)		INCIDENZA PERCENTUALE
	Parziali	Totali	
<b>A) RIO VEILINO</b>			
SCAVI E DEMOLIZIONI COMPRESI TRASPORTI A DISCARICA	402.832,63		11,51%
OPERE SPECIALI DI FONDAZIONE (MICROPALI ED INTIRANTATURE)	959.934,02		27,43%
RICOSTRUZIONI IN C.A., SIA IN ALVEO CHE IN COPERTURA	751.631,78		21,48%
<b>SOMMANO</b>	<b><u>2.114.398,43</u></b>	<b>2.114.398,43</b>	<b>60,41%</b>
<b>B) RIO SANT'ANTONINO</b>			
SCAVI E DEMOLIZIONI COMPRESI TRASPORTI A DISCARICA	182.045,86		5,20%
OPERE SPECIALI DI FONDAZIONE (MICROPALI ED INTIRANTATURE)	291.194,14		8,32%
RICOSTRUZIONI IN C.A., SIA IN ALVEO CHE IN COPERTURA	335.489,77		9,59%
<b>SOMMANO</b>	<b><u>808.729,76</u></b>	<b>808.729,7</b>	<b>23,11%</b>
<b>C) LAVORI DI COMPLETAMENTO E FINITURA</b>			
Deviazione fognatura, adeguamento vasca a monte raccordo autostradale, sottoservizi e ripristino pavimentazioni stradali	<b><u>576.871,81</u></b>	<b>576.871,81</b>	16,48%
<b>IMPORTO TOTALE DELL'INTERVENTO</b>		<b><u>3.500.000,00</u></b>	<b>100,00%</b>

## **5. ANALISI SOMMARIA DEGLI ASPETTI IDRAULICI, IDROGEOLOGICI, GEOLOGICI, GEOTECNICI, STATICO-FUNZIONALI DELLE STRUTTURE PREVISTE**

### **5.1. Aspetti idrologici ed Idraulici**

Viene allegata e costituisce parte integrante del presente progetto la Relazione Idrologico-idraulica del Bacino del rio Veilino, in cui vengono calcolate le portate di ricorrenza 50-200-500 anni, correlandole con quelle stimate dal Piano di Bacino del t. Bisagno.

Nel raffronto con queste ultime, si riscontra una buona convergenza delle relative osservazioni, notando sostanzialmente come le portate cinquantennali siano già critiche per la tombinatura del rio Sant'Antonino nel tratto in attraversamento sotterraneo dell'edificio funebre a pianta a semicerchio, mentre per il rio Veilino si riscontrano criticità con le portate duecentennali.

Con gli ampliamenti delle sezioni previsti si può garantire il deflusso a norma del Piano di Bacino anche per le portate cinquecentennali.

Per tutti i dettagli del caso si rimanda alla specifica Relazione Idraulica.

### **5.2. Aspetti geologico-geotecnici**

- a) Aspetti geologici: l'area del rio Veilino compresa in ambito Cimiteriale è documentata da sondaggi effettuati in epoche alquanto remote, risalenti agli ampliamenti degli edifici dedicati ai servizi interni nel tratto mediano-terminale dell'asse del rio. Da tali sondaggi l'area appare caratterizzata da sedimenti di tipo alluvionale, di granulometria varia, sintomo delle vicissitudini d'ordine idrogeologico subite dall'area, su un substrato di rocce alterate calcareo-marnose che, da un livello alquanto superficiale in corrispondenza dell'imbocco di monte della tombinatura, si inabissa in corrispondenza dell'alveo del t. Bisagno. Per motivi dipendenti dall'organizzazione economico-finanziaria dell'Amministrazione Comunale stabilita in tempi remoti rispetto agli attuali ordinamenti tecnico-

procedurali, le più diffuse indagini geognostiche richieste dal Regolamento devono essere rimandate alla successiva fase progettuale. Comunque, a titolo conservativo, si considera che le fondazioni delle attuali opere giacciono su letto prevalentemente ghiaioso, salvo che in corrispondenza dell'edificio cimiteriale a pianta a semicerchio ove le sue diverse configurazioni dei locali dell'edificio tra lato destro e lato sinistro dello scatolare del rio Sant'Antonino in corrispondenza del suo sottopassaggio lasciano supporre la presenza di una gradonatura in roccia del substrato di fondazione. Infatti, sul lato destro tale edificio un piano semiinterrato, mentre dal lato sinistro lo spiccato si presenta a raso piano campagna: data l'epoca di costruzione di tale edificio, si può presumere che il motivo di tale differenza si possa ascrivere al livello delle relative fondazioni e che questo sia stato dettato da una differenza di consistenza del sottosuolo. I due sondaggi presenti lungo il tratto mediano dell'asse del rio Veilino presentano profondità dello strato argilloso rispetto al piano campagna variabile da -2,80 a -3,50 m, per cui si ritiene ragionevole immaginare che la fondazione dei piedritti dell'attuale tombinatura giaccia sugli strati più compatti del substrato, costituiti da ghiaie in matrice limoso-sabbiosa compatta.

b) Aspetti geotecnici: I dati attualmente in possesso si riferiscono soltanto ai due sondaggi sopra citati, per cui si ritiene dover accedere alla letteratura tecnica in materia per poter arguire parametri geotecnici da impiegare nelle verifiche statiche preliminari. Tali parametri sono del tipo:

a. per strati superficiali del terreno:

1. angolo d'attrito interno:  $\phi = 21^{\circ}-27^{\circ}$

2. peso volumico:  $\gamma = 1,6 \text{ t/mc}$ ;

b. per gli strati di fondazione:

1. angolo d'attrito interno:  $\phi = 33^{\circ}-35^{\circ}$

2. peso volumico:  $\gamma = 1,8-2,0 \text{ t/mc}$ .

Si ribadisce che tali valori hanno senso soltanto nella presente fase preliminare, restando obbligatorio per le successive fasi ricorrere a precise e specifiche prove di laboratorio su appositi reperti.

### **5.3. Aspetti statico-funzionali delle strutture previste**

#### **5.3.1. Strutture del rio Veilino**

La ristrutturazione della tombinatura del rio Veilino è prevista con scavo e demolizione della platea di fondo procedendo da valle (sbocco nel t. Bisagno) verso monte, con le seguenti azioni:

- demolizione parziale della soglia di sbocco nel t. Bisagno, risagomandola come da profilo allegato;
- rinforzo delle attuali fondazioni dei piedritti della tombinatura procedendo da valle verso monte con micropali che, sotto copertura esistente e da mantenere (ossia per tutto il tratto dallo sbocco nel t. Bisagno fino a monte dell'edificio retrostante la Chiesa all'interno dell'area cimiteriale, ossia da progressiva 425 a progr. 261), dovendo usare sonde con slitta di lunghezza ridotta, sono previsti del tipo diam. 160 mm armati con struttura tubolare metallica diam. 88,9 mm spessore 16 mm, della profondità di m 4,00, disposti ad interasse di m 0,25, quindi alternati su due filea reciproca distanza di 0,25 m, contenuti contro le basi dei piedritti da tiranti corti costituiti da barre Dywidag di tipo permanente, del diametro 26,5 mm lunghe 3,00 m inclinate sull'orizzontale di 30°, con struttura di contrasto interposta tra le teste dei tiranti e quelle dei micropali costituita da coppia di putrelle UPN 140 opportunamente calastrellate.
- Eseguita la cementazione e la tesatura delle barre Dywidag, possono venir eseguiti gli scavi di risagomatura della platea ed i getti della platea e del placcaggio dei micropali, rifornendo i materiali e smaltendo gli scavi dal fornice sul t. Bisagno.
- Dove la copertura dello scatolare deve essere rimossa, sostituendola con nuova copertura (ossia da prog. 261 fino a progr. 0,00), i micropali possono essere



realizzati con sonde normali e, in tal caso, costituiti da perforazioni diametro 220 mm armati con tubo metallico da 139,7 mm spessore 8,8 mm di pari lunghezza degli altri (4 m) ma disposti ad interasse di 50 cm su unica fila alla base di ogni piedritto, contenuti contro i piedritti, come sopra, mediante barre Dywidag di tipo permanente, del diametro 26,5 mm lunghe 3,00 m inclinate sull'orizzontale di 30°, con struttura di contrasto interposta tra le teste dei tiranti e quelle dei micropali costituita da coppia di putrelle UPN 140 opportunamente calastrellate.

- A seguito della cementazione e della tesatura delle barre Dywidag, possono venir eseguiti gli scavi di risagomatura della platea ed i getti della platea e del placcaggio dei micropali, rifornendo i materiali e smaltendo gli scavi dalle aperture realizzate nella copertura per la demolizione e ricostruzione di questa.
- Particolare cura, pertanto dovrà essere posta sui seguenti aspetti:
  - fasistica delle lavorazioni di cantiere, in modo che le lavorazioni in superficie (demolizione e ricostruzione della copertura) siano congruenti e procedano di pari passo con quelle in fondazione: solo così si potranno minimizzare gli impatti ambientali in superficie, riducendo al minimo l'area di cantiere, a costo di rallentare le lavorazioni in superficie;
  - controllo permanente della condizione statica dei piedritti a demolizione copertura effettuata, controllando mediante appositi saggi la consistenza dell'armatura al lembo contro terra dei piedritti stessi oltre che la qualità del calcestruzzo di questi, in modo da poter verificare e garantire la relativa capacità di resistenza alle spinte del terreno in assenza di contrasto al ciglio, provvedendo, in caso di inconsistenza di questi, a disporre adeguato puntellamento di contrasto.

In termini di primo approccio alla verifica statica della struttura, si formulano le seguenti considerazioni:

- a. in fondazione: l'alleggerimento del suolo prodotto dallo scavo a lato della fondazione è compensato dalla barriera di micropali disposta a rinfiato di queste e dalla componente verticale dello sforzo di tesatura dei tiranti; si rileva comunque

opportuno un sondaggio volto a controllare l'effettiva quota di fondazione dei piedritti della struttura tombinata.

- b. I micropali disposti a rinfianco delle fondazione: sono soggetti ad azione di taglio, dovendo assorbire la spinta (a cielo aperto) prodotta dal terreno a lato della tombinatura e/o dall'azione di contrasto esercitata dai tiranti. Tale spinta è al massimo dell'ordine di 10 t/m in presenza di sovraccarichi ai bordi, con conseguente azione tagliente sulle armature dei micropali (sotto copertura presente) atta a sviluppare in queste una tensione di taglio di 250 Kg/cm<sup>2</sup>, inferiore alla resistenza ultima di questi anche in presenza di effetti flessionali.
- c. I tiranti: possono venire tesati a 260 KN, avendo carico di rottura a 568 KN. Il contrasto è costituito lato testata di testatura dai profilati UPN e dai micropali stessi, mentre lato ancoraggio il contrasto sarà offerto dal suolo stesso se convenientemente cementato ed il tirante fornito di bulbo pre-iniettato (come da tiranti "permanenti"). Sarà comunque opportuno effettuare un apposito campo prove per verificare la rispondenza alle ipotesi progettuali e le condizioni di attuazione di queste in rapporto con la natura del terreno d'ammorsamento per evitare lo sfilamento del tirante durante le operazioni di tesatura. Una verifica più accurata, effettuata con parametri geotecnici effettivi, potrà stabilire se non sia sufficiente applicare al tirante in fase di tesatura una tensione ridotta, atta a costituire semplicemente un vincolo per i micropali atto a conferire continuità e stabilità al piedritto o non sia effettivamente necessaria, in presenza di terreni con acquifero o comunque teneri un prolungamento del bulbo d'ancoraggio.

### **5.3.2. Strutture del rio Sant'Antonino**

Si differenziano da quelle del rio Veilino per il semplice fatto che le strutture della tombinatura del rio Sant'Antonino risultano, a vista, effettivamente fatiscenti, quindi da demolire integralmente, almeno per lo sviluppo esterno al fabbricato cimiteriale.

Per tale motivo si prevede di procedere disponendo dall'esterno, dal pieno campagna stesso una paratia di micropali di confinamento dello scavo (diam. 220 mm armati con

tubo metallico da 139,7 mm spessore 8,8 mm interasse 0,50 m su unica fila, profondi 6 m), quindi, in contestuale avanzamento dello scavo (comunque da effettuare per campioni, per minimizzare anche in questo caso l'impatto sull'ambiente), procedere a disporre contrasti (putrelle UPN 140) e tiranti (Dywidag diam. 26,5 mm lunghi 4 m) ogni 3 m su ordini distinti e differenziati per lunghezze dei tiranti stessi. Anche in questo caso ed a maggior ragione, valgono le prescrizioni sopra riportate per i tiranti sul rio Veilino: disporre di campo prove per verificare in situ la rispondenza del tirante agli sforzi di tesatura impressigli e di conseguenza tararne lunghezza, interasse e tesatura. Nelle ipotesi effettuate in questa sede si sono previsti tiranti di tipo permanente, con bulbo al di fuori del presunto cono di spinta ed al di sotto dei presunti livelli di fondo delle sepolture: si tratta comunque di ipotesi da verificare in sede di elaborazione del progetto definitivo tarando opportunamente la consistenza e la distribuzione dei tiranti.

Per la parte in sotterraneo, si è previsto lo scavo in sottomurazione, procedendo a campioni, tenendo a disposizione eventualmente anche martinetti di guardia per il controllo delle deformazioni delle strutture esistenti. Completa la sottomurazione un'iniezione di resina al contatto tra nuovo getto e vecchia struttura dei piedritti rimasti, per il relativo collaggio e messa in pressione della nuova struttura, confidando nel ripristino del preesistente stato tensionale. Il cielo della tombinatura viene colmato con getto di calcestruzzo armato per rasarne la superficie interna a livello estradosso nervature, per impedire fenomeni di depressione in caso di deflussi a forte turbolenza di portate anche ultra duecentennali. I getti di riempimento saranno vincolati ai piedritti tra successive travate mediante intagli a coda di rondine disponendovi le armature atte ad assorbire il taglio per peso proprio della struttura oltre che per effetto di trascinamento da parte di eventuali deflussi radenti.

La parte di tombinatura esistente sotto la strada esterna al Cimitero e perimetrale all'edificio cimiteriale viene demolita completamente, sostituendola con un impalcato a livello strada, disponendo paratie di micropali perimetrali come spalle ed impalcato semiprefabbricato in due fasi distinte per mantenersi attivo il traffico veicolare.

A seguito della riprofilatura del fondo alveo del rio Sant'Antonino viene riprofilato il fondo anche della vasca all'imbocco di monte dello stesso.

## 6. ANALISI DEGLI IMPATTI AMBIENTALI

### Azioni di mitigazione degli impatti

<b>Componenti ambientali</b>	<b>Azioni consigliate in fase di progettazione definitiva</b>	<b>Azioni consigliate in fase di esercizio</b>
Suolo / Sottosuolo	Andrà adeguatamente programmata e valutata la cantierizzazione dell'opera (fasi di lavoro) per ciò che attiene agli scavi relativi alle opere di difesa con occupazione di aree esterne al sedime della strada. Gli interventi di messa in sicurezza degli scavi andranno eseguiti previo approfondimento delle indagini geologico-tecniche. Prevedere documentazione fotografica dello stato di fatto delle opere e monumenti esistenti in superficie nelle vicinanze degli scavi preliminarmente a questi.	Attenta manutenzione delle opere in superficie in prossimità delle nuove strutture. L'Amministrazione Comunale monitorerà l'intervento in fase sia di costruzione che di esercizio.
Acque superficiali	Andrà eseguita e mantenuta accurata canalizzazione delle acque piovane.	Accurata manutenzione delle canalizzazioni delle acque piovane
Aria, Rumore	Limitazione dell'impatto acustico e delle emissioni dei macchinari in fase di cantiere	Limitazione dell'impatto acustico e delle emissioni in fase di esercizio con l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili durante la fase di cantiere
Cantiere	Mitigazione in fase di cantiere delle opere e delle strutture provvisorie, da concertare con la Soprintendenza.	Attenta valutazione dell'impatto dei sistemi di illuminazione del cantiere prevedibili.