



## PROGRAMMA NAZIONALE DI SVILUPPO RURALE 2014-2020

Investimenti in infrastrutture per l'approvvigionamento ed  
il risparmio di risorse idriche

IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE PRINCIPALE ADDUTTORE  
VILLORESI NEI COMUNI DI SOMMA LOMBARDO, VIZZOLA TICINO,  
ARCONATE, BUSTO GAROLFO E PARABIAGO

## PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato N.

1

## RELAZIONE GENERALE

DIRETTORE DELL'AREA TECNICA E GESTIONE RETE  
dott. ing. MARIO FOSSATI

PROGETTISTA  
dott. ing. MARIO FOSSATI

COLLABORATORI  
geom. GIOVANNI MAURIZIO MOTTI  
dott. ing. MARCELLO PABA

GRUPPO DI LAVORO  
geom. LUCA MINOLI  
geom. LUCA GARAVAGLIA  
geom. SERGIO WEDENISSOW  
geom. ANDREA GABRIELE  
dott. STEFANO RAINA

ATTIVITA' TECNICO-SPECIALISTICHE  
IL RESPONSABILE  
dott. ing. FULVIO BERNABEI



**DIZETA INGEGNERIA**  
STUDIO ASSOCIATO  
Via Bassini, 19 - 20133 MILANO Tel. 02-70600125  
server@dizetaingegneria.it Fax 02-70600014

**Est Ticino Villoresi - Consorzio di Bonifica**

AREA TECNICA E GESTIONE RETE

SETTORE PROGETTAZIONE, DIREZIONE LAVORI E SICUREZZA

Via L. Ariosto, 30 - 20145 Milano

centralino 02/48561301 - fax 02/48013031 - www.etvilloresi.it - e-mail: info@etvilloresi.it

DATA

MARZO 2017

NOME FILE

pdl/progetti/anno\_2017/2017-09/progetto definitivo

CODICE PROGETTO

2017/09

REDATTO  
iMPCONTROLLATO  
gGMMAPPROVATO  
iMF

REVISIONE DATA DESCRIZIONE MODIFICA

REDATTO

CONTROLLATO

APPROVATO



## INDICE

---

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO .....</b>	<b>3</b>
2.1 LE SPONDE .....	3
2.2 IL FONDO .....	7
2.3 LE ALZAIE .....	8
2.4 I MANUFATTI E LE OPERE D'ARTE .....	8
<b>3. OBIETTIVI DI PROGETTO .....</b>	<b>12</b>
<b>4. ALTERNATIVE ANALIZZATE E SCELTA DELLE SOLUZIONI OTTIMALI .....</b>	<b>13</b>
4.1 SPONDE DEL CANALE .....	13
4.2 FONDO DEL CANALE .....	17
4.3 MANUFATTI ED OPERE D'ARTE.....	19
4.4 OPERE DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO – AMBIENTALE .....	20
<b>5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>23</b>
5.1 NUOVO RIVESTIMENTO DELLE SPONDE DEL CANALE.....	23
5.2 NUOVO RIVESTIMENTO DEL FONDO DEL CANALE .....	25
5.3 INTERVENTI SUI MANUFATTI E SULLE OPERE D'ARTE .....	26
5.4 OPERE DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO – AMBIENTALE .....	26
<b>6. TERRE E ROCCE DA SCAVO.....</b>	<b>28</b>
<b>7. VERIFICHE IDRAULICHE .....</b>	<b>29</b>
<b>8. QUADRO ECONOMICO DI SPESA.....</b>	<b>35</b>



## **1. PREMESSA**

Il presente progetto si riferisce agli interventi previsti nell'ambito del Programma Nazionale di Sviluppo Rurale 2014-2020: Investimenti in infrastrutture per l'approvvigionamento ed il risparmio di risorse idriche - IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE PRINCIPALE ADDUTTORE VILLORESI NEI COMUNI DI SOMMA LOMBARDO, VIZZOLA TICINO, ARCONATE, BUSTO GAROLFO E PARABIAGO.

Il progetto è finalizzato a completare il rifacimento del rivestimento delle sponde e del fondo nelle tratte di Canale non ancora ripristinate, con l'obiettivo di impermeabilizzare il canale nella tratta con maggiori portate idriche, al fine di recuperare importanti risorse idriche da destinare al soddisfacimento del fabbisogno irriguo comprensoriale. L'intervento, pertanto, risulta suddiviso in tre diverse tratte: la prima è compresa fra le progressive km 3+496 e km 6+088, nei comuni di Somma Lombardo e Vizzola Ticino; la seconda e la terza sono contigue e comprese fra le progressive km 25+735 e km 35+100, nei comuni di Arconate, Busto Garolfo e Parabiago, la seconda è compresa fra le progressive km 25+735 e km 30+596, nei comuni di Arconate e Busto Garolfo, mentre la terza è compresa fra le progressive km 30+596 e km 35+100, in comune di Parabiago.

Nei capitoli seguenti sono quindi illustrati i criteri seguiti nella progettazione, le verifiche di dimensionamento svolte, la descrizione delle opere previste e la stima dei costi ad esse associate.



## **2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO**

L'analisi di dettaglio dello stato di fatto dei luoghi viene riportata nelle pagine che seguono, suddivisa tra i vari elementi che nel loro insieme formano l'opera "Canale Adduttore Principale Villorresi", ma che sono caratterizzati da specifiche peculiarità.

Il Canale Villorresi, la cui costruzione risale alla fine dell'800, ha sezione trasversale generalmente di forma trapezia con larghezza di base decrescente man mano che si procede verso valle, in rapporto alla riduzione della portata convogliata, decurtata lungo lo sviluppo dalle derivazioni irrigue presenti in sponda destra.

Il rivestimento originario delle sponde era realizzato in ciottoli arrotondati di pezzatura media di cm 15, posati su fondo di ghiaia e sabbia, ricoperti da intonaco cementizio di spessore pari a circa 8 cm: nel corso degli anni e dei diversi interventi di manutenzione, l'intonaco è stato poi sostituito con lastre gettate in opera o prefabbricate di dimensioni variabili tratto per tratto. Il rivestimento del fondo del Canale è invece costituito da conglomerato cementizio di spessore variabile da cm 2 a cm 10, gettato su strato di ghiaia.

### **2.1 Le sponde**

Nel tratto oggetto di intervento si sono rilevate tre principali tipologie di rivestimento esistente, che mostrano gradi di deterioramento diversi a seconda del tipo di rivestimento e dell'esposizione della sponda. La sintesi riportata nel seguito è il risultato dell'esame visivo condotto durante i numerosi sopralluoghi svolti e delle indagini geognostiche sviluppate per l'occasione.



Si è inoltre fatto riferimento allo studio redatto dalla Enco s.r.l. per conto del Consorzio (Analisi del calcestruzzo e delle armature dei rivestimenti di sponda e della platea del Canale Adduttore Principale Villorresi): il documento era finalizzato alla caratterizzazione dello stato del rivestimento di un tratto di canale posto più a monte di quello in esame, ma il confronto eseguito sulle tipologie di rivestimento ha permesso di evidenziare la stretta analogia fra i due tronchi.

**Rivestimento tipo 1**, realizzato in ciottoli arrotondati di pezzatura media di cm 15, posati su fondo di ghiaia/ghiaia e sabbia, ricoperti di intonaco cementizio di spessore variabile da cm 2.5 a cm 8; le analisi condotte da ENCO sui campioni di tale intonaco dimostrano che esso non è interessato da fenomeni di degrado di tipo chimico in atto e che, nonostante la qualità medio bassa del cls, ha caratteristiche meccaniche sufficienti ad assicurare l'aderenza con un successivo strato di rivestimento. In molti casi, a causa del deterioramento del rivestimento, a seguito del quale l'intonaco cementizio è stato staccato ed asportato, i ciottoli che ricoprono le sponde restano messi a nudo. Per quanto si è potuto constatare, non si sono rilevati significativi segni di dissesto della suddetta coltre di ciottoli, i quali si presentano bene ordinati ed ammorsati nel sottofondo sottostante.

In base a ciò che si è potuto dedurre dalle notizie storiche, tale rivestimento è quello originale del canale e, nel tratto in esame, compare molto raramente in vicinanza di qualche manufatto di attraversamento.

**Rivestimento tipo 2**, costituito da lastre di conglomerato cementizio compresso, quadrate o rettangolari, di spessore cm 4÷7, posate su strato di ghiaia o di cls degradato, oppure sullo strato di ciottoli del rivestimento primigenio. Questo tipo di rivestimento, per quanto si è potuto dedurre dalle notizie storiche e per essere, come detto, posato sui ciottoli di



sponda, risale agli anni '20, quando la gestione del canale passò dalla Soc. Condotte d'Acqua al Consorzio. I vantaggi del rivestimento in lastre, i cui giunti erano sigillati con malta colata, risiedevano essenzialmente nella flessibilità del paramento, (la dimensione massima delle lastre rettangolari non raggiunge i due metri, mentre le dimensioni medie si aggirano attorno ai 60÷80 cm di lato) e nella possibilità di ripararlo facilmente a costi contenuti ("L'Acqua" – 1932).

**Rivestimento tipo 3**, costituito da lastre in calcestruzzo gettato in opera, a volte a tutta altezza, a volte solo per la porzione inferiore della sponda. Nelle tratte in cui questo tipo di rivestimento ricopre solo la porzione inferiore della sponda, si è osservato che, a volte, è presente uno strato sottostante in lastre prefabbricate.

Lo stato dei rivestimenti di sponda è profondamente diverso tra la destra e la sinistra orografica del canale, e questo vale quanto più deciso è l'orientamento est-ovest dell'asse dello stesso.

La sponda destra, infatti, resta esposta a nord e gode quindi di scarsa o nulla insolazione, al contrario della sponda sinistra esposta a sud.

Da questa situazione emerge che la carenza di manutenzione ha condotto il rivestimento alle condizioni di deterioramento odierno.

In inverno, infatti, l'acqua piovana penetrata nel corpo arginale (il materiale degli argini non è coesivo ed il rivestimento in ciottoli costituisce un vero e proprio dreno alle spalle dell'intonaco), gela negli strati più superficiali e più alti del rivestimento; il ghiaccio preme contro l'intonaco fino a spaccarlo nei punti più deboli; le fessure così formatesi costituiscono l'ingresso di ulteriori infiltrazioni, sia di acqua piovana che, negli strati più bassi, dell'acqua del canale; così, al propagarsi della fessurazione dovuta all'azione del ghiaccio, verso il basso delle sponde si accompagna anche



l'azione diretta dell'acqua del canale, che, infiltrandosi nelle fessure ed asportando le particelle meno legate della fascia inferiore dell'intonaco, ne favorisce il distacco dal substrato sottostante, alimentando ulteriormente il fenomeno.

Nelle fessure e nelle crepe del rivestimento si depositano terriccio e sedimenti organici, sia percolati dalla testa dell'argine che trasportati dalla corrente, i quali permettono la crescita di vegetazione, con ulteriore danno al rivestimento dovuto all'azione delle radici.

A parità di carenza di manutenzione il fenomeno risulta molto più grave ed evidente lungo la sponda destra, mentre l'esposizione a sud della sponda sinistra fa sì che la formazione di ghiaccio – che innesca il degrado – sia più rara e di durata inferiore, con conseguente rallentamento della “catena” di deterioramento rispetto alla sponda destra.

Il processo descritto sopra, che ha condotto al deterioramento del rivestimento in ciottoli e intonaco, ha causato anche il degrado del rivestimento in lastre.

Anche in questo caso l'innescò va ricondotto alla sequenza di cicli gelo-disgelo, a tergo e lungo i giunti delle lastre superiori della sponda: in destra i corsi superiori delle lastre sono normalmente i più sconnessi ed inerbiti.

Una volta sconnessa una lastra, i giunti, persa la tenuta, sono diventati vie preferenziali per infiltrazione dell'acqua, formazione di ghiaccio, asportazione di conglomerato nell'intorno dei giunti, deposito di materiale organico, crescita di vegetali.

Nel caso delle lastre posate o gettate su letto di ghiaia o, più verosimilmente, di conglomerato molto poco legato, il fenomeno è anche esaltato dal fatto che l'acqua del canale, infiltrandosi attraverso le connessioni non più a tenuta, ha asportato le frazioni fini del sottofondo fino a disgregarlo; ciò comporta, nei casi “migliori”, la formazione di vuoti a



tergo delle lastre e, nei casi peggiori, il coricarsi delle lastre non più adeguatamente sostenute dal substrato e gravate da una quota parte del peso delle lastre dei corsi superiori.

Per le stesse ragioni di esposizione sopra menzionate, il deterioramento della sponda destra è grave, mentre la sponda sinistra, a parità di tipo di rivestimento e di carenza di manutenzione, si presenta in condizioni nettamente migliori.

Va poi segnalato, nelle sponde in cui non è presente una pista di servizio o ciclopedonale, l'attacco da parte delle radici degli alberi, arbusti e sottobosco, che si sono sviluppati senza controllo sulla testa dell'argine; l'apparato radicale della boscaglia di robinie e di altre essenze tende progressivamente a scalzare le lastre del corso superiore del rivestimento, fenomeno destinato a condurre, sia pure in tempi lunghi, ad analoghi fenomeni di dissesto per infiltrazione di acqua.

## **2.2 Il fondo**

Lungo il tratto in esame si sono rilevate due tipologie di rivestimento, o meglio, si sono potute evidenziare tratte in cui è presente una pavimentazione di fondo in conglomerato cementizio e tratte in cui il rivestimento in conglomerato è totalmente ammalorato e il fondo è costituito da un deposito di materiale incoerente misto a terra inerbita.

Il rivestimento costituito da conglomerato cementizio ha uno spessore medio di circa 8 cm e risulta gettato su strato di ghiaia compatta.

Il rivestimento del fondo, malgrado la presenza del giunto longitudinale centrale e dei giunti trasversali ad interasse mediamente inferiore a 10 metri, presenta fessurazioni diffuse; in alcuni punti la "zolla" di rivestimento corrispondente ad una maglia del reticolo fessurativo è stata asportata, lasciando a nudo il sottofondo in ghiaione di varie pezzature.



Il fondo del canale, pur non garantendo la tenuta idraulica, non si trova mediamente in stato di grave degrado e l'ammaloramento evidenziato è sostanzialmente da attribuire all'età, alla assenza di manutenzione negli ultimi decenni ed alle scarse caratteristiche di qualità dei materiali utilizzati, in rapporto agli standard odierni.

In corrispondenza delle pile dei ponti non si sono rilevati evidenti segni di scalzamento.

Lo stesso dicasi per l'intorno delle bocche di derivazione, salvo lo stato fessurativo della pavimentazione in conglomerato al piede delle bocche poste a fondo canale.

### **2.3 Le alzaie**

Lungo l'intero sviluppo dei tratti di intervento n° 2 e n° 3 è presente, in sponda destra, una pista ciclopedonale, munita di parapetto di protezione in legno.

Nel tratto di intervento n° 1 e nella sponda opposta a quella che ospita la pista nei tratti 2 e 3, le alzaie e la porzione di sponda situata al di sopra del rivestimento esistente sono ovunque completamente invase da una vegetazione molto disordinata, composta sia da arbusti che da essenze ad alto fusto; è in questi casi che, naturalmente, si evidenzia maggiormente lo scalzamento causato dalle radici della fascia superiore del rivestimento di cui si è parlato in precedenza.

### **2.4 I manufatti e le opere d'arte**

Lungo lo sviluppo del Canale oggetto di intervento sono presenti 16 manufatti di attraversamento, dei quali soltanto 8 hanno mantenuto la struttura originaria rivestita in mattoni.

Per quanto riguarda le opere in muratura, si osserva un certo degrado dei giunti tra i laterizi, con qualche elemento localmente rimosso, la formazione



di efflorescenze dovute alla risalita capillare dell'acqua, oltre alla sporadica crescita di alghe alle estremità di valle delle pile. Fa eccezione il ponte ciclopedonale "del Preciocco", inserito all'interno del tratto di intervento n° 1, che presenta fessurazioni e crepe molto profonde.

Anche per gli 11 manufatti di derivazione presenti, di dimensioni varie e tutti in sponda destra tranne uno, valgono le considerazioni svolte a proposito dei rivestimenti di questo lato del canale. Per quanto invece riguarda le strutture (muri controterra, di spalla, telai in pietra delle paratoie), vale quanto osservato a proposito dei ponti in muratura: il degrado cioè è contenuto e non si rilevano situazioni di particolare deterioramento per le opere di derivazione in uso; le paratoie sono tuttora funzionanti, anche se costituite da materiali e tecnologie ad oggi superate.

Il primo tronco di Canale oggetto di intervento ha inizio in corrispondenza del ponte pedonale "del Preciocco", alla progressiva km 3+496 e si sviluppa verso valle per circa 2.600 metri. La sezione trasversale è di forma trapezia e le sponde sono quasi ovunque caratterizzate dal rivestimento in ciottoli intonacati originario: molte porzioni di intonaco si sono distaccate e quello rimasto in sito presenta numerose crepe e fessurazioni.

Il fondo del Canale, di larghezza media pari a circa 10.00 m, è generalmente in buone condizioni.

Nel tratto oggetto di intervento è posizionata, in sponda sinistra, l'opera di derivazione bocca 1A di Castano (progr. 4+048); sono inoltre presenti, oltre al ponte pedonale sopra richiamato, il ponte stradale di via Mazzini in Vizzola Ticino (progr. 5+595) e, in prossimità del termine di valle, uno scivolo di accesso al fondo del Canale, ubicato in sponda destra.



Il secondo tronco di Canale oggetto di intervento ha inizio in corrispondenza della progressiva km 25+735, subito a valle della nuova tura di Arconate, e si sviluppa verso valle per circa 4.900 metri fino al confine comunale fra Busto Garolfo e Parabiago. La sezione trasversale è di forma trapezia e le sponde sono quasi ovunque rivestite in lastre prefabbricate (in numerosi punti sollevate e sconnesse), anche se è ancora presente a tratti il rivestimento in ciottoli intonacati originario.

Il fondo del Canale, di larghezza media pari a circa 11.00 m, è generalmente in buone condizioni, ad eccezione del tratto compreso all'incirca fra le progressive km 27+800 e km 28+600, lungo il quale il rivestimento è assente nella porzione centrale del Canale.

Nel tratto oggetto di intervento sono posizionate cinque opere di derivazione: la bocca 1C di Magenta (progr. 26+1118), la bocca 1A di Corbetta (progr. 26+598), la bocca 1V di Corbetta (progr. 28+049), la bocca 1B di Corbetta (progr. 29+167), la bocca del Secondario di Corbetta (progr. 29+615),). Sono inoltre presenti una passerella pedonale e sei manufatti di attraversamento stradale, dei quali solo tre ponti stradali dotati di pile in alveo sono di competenza del Consorzio: il primo dei due ponti della SP 198 in Arconate (progr. 25+744), il ponte di via per Inveruno in Busto Garolfo (progr. 27+715) e il ponte di via per Casorezzo sempre in Busto Garolfo (progr. 28+659). All'incirca alla progressiva 28+100, in sponda sinistra, è presente un lavatoio.

Il terzo tronco di Canale oggetto di intervento ha inizio in corrispondenza del confine comunale fra Busto Garolfo e Parabiago (progr. km 30+596) e si sviluppa verso valle per circa 4.500 metri. La sezione trasversale è di forma trapezia e le sponde sono quasi ovunque rivestite in lastre prefabbricate (in



numerosi punti sollevate e sconnesse), anche se è ancora presente a tratti il rivestimento in ciottoli intonacati originario.

Il fondo del Canale, di larghezza media pari a circa 10.00 m, è generalmente in buone condizioni, ad eccezione del tratto compreso all'incirca fra le progressive km 34+145 e km 34+475, lungo il quale il rivestimento è assente nella porzione centrale del Canale.

Nel tratto oggetto di intervento sono posizionate sei opere di derivazione: la bocca 2bis di Corbetta (progr. km 30+758), la bocca 1 di Arluno (progr. 31+798), la bocca 2 di Arluno (progr. 33+290), la bocca del Diramatore di Parabiago (progr. 33+617), la bocca 1A di Valle Olona (progr. 34+251) e la bocca 1 di Valle Olona (progr. 34+808). Sono inoltre presenti sette manufatti di attraversamento stradale, dei quali solo tre ponti stradali dotati di pile in alveo sono di competenza del Consorzio: il ponte della vicinale Guarnazzola in Parabiago (progr. 31+449), il ponte di via Vela in Parabiago (progr. 32+498) e il ponte FS Milano - Gallarate sempre in Parabiago (progr. 34+074). Alla progressiva 34+249 è presente la nuova tura di Parabiago, mentre alla progressiva 33+467 è presente uno scivolo di accesso al fondo del Canale, ubicato in sponda destra.



### **3. OBIETTIVI DI PROGETTO**

Come meglio illustrato nei successivi capitoli, la soluzione progettuale qui proposta è stata scelta tra tutte le possibili alternative analizzate, perché è quella in grado di meglio soddisfare gli obiettivi e le finalità che il Consorzio Villorosi intende raggiungere, in generale, con la realizzazione della impermeabilizzazione del Canale.

In sintesi i suddetti obbiettivi possono così riassumersi:

- assicurare la massima tenuta idraulica al canale, mediante la creazione di un nuovo rivestimento delle sponde e del fondo, minimizzando così le perdite di risorsa idrica;
- eliminare, in generale, l'attuale stato di degrado del canale;
- garantire resistenza e durevolezza nel tempo al nuovo rivestimento;
- ristrutturare i manufatti di attraversamento e di derivazione, risanandoli nelle parti ammalorate e/o danneggiate;
- recuperare il valore storico del canale, ripristinando le caratteristiche originali dello stesso;
- consentire una maggiore fruizione delle pertinenze del canale ed un migliore inserimento ambientale;
- ridurre al minimo la necessità di manutenzione e conseguentemente i relativi costi;
- contenere i costi di investimento, ottimizzando il rapporto costo – beneficio dell'opera.



## **4. ALTERNATIVE ANALIZZATE E SCELTA DELLE SOLUZIONI OTTIMALI**

### **4.1 Sponde del canale**

Per raggiungere l'obiettivo della tenuta idraulica, è ovviamente necessario prevedere un rivestimento delle sponde del canale che ne assicuri l'impermeabilità.

Questa garanzia, nell'ipotesi di una corretta posa in opera, può essere fornita da più sistemi, scelti fra quelli che presentano un costo "ragionevole". Le soluzioni tecnologiche percorribili possono, in alternativa, fare riferimento a teli o pacchetti di teli in materiale plastico o bituminoso, a lastre prefabbricate, a lastre gettate in opera, a conglomerato spruzzato a umido oppure a secco.

Si è esclusa in questa analisi la soluzione presentata dall'esecuzione di un rivestimento in malte reoplastiche in quanto, per queste ultime, il solo costo di fornitura del materiale sarebbe risultato tre volte superiore a quello prevedibile per le soluzioni sopra richiamate.

L'analisi delle suddette soluzioni alternative ha portato alle seguenti considerazioni.

I difetti evidenziabili dall'uso di teli o pacchetti di teli sono legati al fatto che essi garantiscono un'ottima impermeabilità solo se posati su di un perfetto supporto piano e regolare e se protetti in superficie. Questo significa che, nel caso in esame, sarebbe stato necessario rimuovere il rivestimento esistente e costituire un apposito sottofondo su cui stendere i teli. Il necessario utilizzo, come protezione esterna del telo, di conglomerati gettati o spruzzati in opera avrebbe poi introdotto il conosciuto rischio di rottura della membrana stessa durante la fase di ritiro del getto.



Il problema della formazione ed efficienza dei giunti si presenta nel caso in cui vengano utilizzate lastre prefabbricate. Per motivazioni legate al trasporto e alla posa, le dimensioni degli elementi devono essere forzatamente contenute e quindi aumenta il numero dei giunti da trattare, tenendo conto che questo è il punto preferenziale di infiltrazione di acqua (perdite lungo il canale, ma anche inizio del processo di ammaloramento del rivestimento per il ciclo gelo – disgelo).

Con lastre eseguite in opera o con conglomerato spruzzato (cosiddetto spritz-beton) è possibile, viceversa, prevedere la posa di giunti a distanza significativamente maggiore e quindi ridurre l'entità della problematica sopra citata.

La differenza sostanziale tra il getto di conglomerato e lo spritz-beton è che quest'ultimo presenta la proprietà fondamentale di aderire molto bene al supporto, a condizione che esso sia scabro e pulito.

Le componenti più fini della miscela spruzzata, infatti, intasano fori e fessure del supporto, sulla cui superficie formano poi un vero e proprio strato adesivo cementizio al quale aderiscono via via le frazioni maggiori: l'aggrappo al supporto avviene appunto attraverso i "tentacoli" che riempiono interstizi e cavità, anche minime, del supporto. Questa caratteristica dello spritz-beton consente, da un lato, di ridurre notevolmente il rischio che si possa avere infiltrazione di acqua proveniente dalla sommità tra il vecchio e il nuovo rivestimento e, dall'altro, di non dover ricorrere a chiodature di collegamento con il supporto sottostante.

L'utilizzo di spritz-beton, in definitiva, consente di limitare al minimo il numero di operazioni richieste per la posa, aumentando notevolmente la resa in termini di tempi di esecuzione: non è infatti necessario rimuovere il rivestimento esistente (che va naturalmente ripristinato dove risulta



ammalorato) ed è sufficiente procedere al trattamento del sottofondo con idropulizia ad alta pressione, in grado di aumentare la scabrezza, già sensibile, del sottofondo stesso.

A parità di spessore, inoltre, il conglomerato spruzzato presenta una compattezza, una resistenza e una duttilità maggiori rispetto a quelle ottenibili con un getto di conglomerato: si comporta quindi molto meglio sia in rapporto all'assorbimento di acqua (e quindi in termini di impermeabilità), sia in rapporto alla durabilità nel tempo del rivestimento, sia infine in rapporto ad eventuali, seppure poco prevedibili, assestamenti del sottofondo. Ciò vale in particolare se si utilizza lo spritz-beton asciutto, dove cioè la miscelazione degli inerti e del cemento con l'acqua avviene durante la fase di spruzzatura.

La scelta del tipo di rivestimento di sponda per l'intervento in oggetto è ricaduta dunque sullo spritz-beton asciutto non solo perché consente di ottenere un rivestimento impermeabile e durevole e perché minimizza i tempi di esecuzione, ma anche perché è caratterizzato da una superficie molto regolare, che non richiede quindi un trattamento di finitura, e che ha un aspetto molto simile a quello che aveva la sponda all'epoca in cui è stata realizzata, permettendo così di riproporre, in chiave tecnologicamente più avanzata, la tipologia "canale in sponde intonacate" presente in origine.

Per definire lo spessore da assegnare al rivestimento di sponda, si è partiti dalla considerazione che non è più possibile ritenere impermeabile il sottofondo esistente e che è quindi necessario escludere a priori l'ipotesi di inglobare tale rivestimento come parte integrante e sostanziale di quello nuovo: il nuovo rivestimento dovrà essere di per sé strato portante ed impermeabile, mentre quelli attuali, opportunamente puliti e preparati, avranno la sola funzione di sottofondo.



Si è quindi stabilito che il rivestimento in progetto dovrà avere spessore complessivo non inferiore a cm 6 (come le lastre esistenti, con funzione di strato portante) + cm 2 (oltre i quali l'acqua non deve penetrare, con funzione di strato impermeabilizzante), per un totale di cm 8.

La divisione in strati qui indicata è teorica, in quanto le caratteristiche del conglomerato di rivestimento saranno le medesime in tutto lo spessore di 8 centimetri.

Un altro elemento significativo in termini di risparmio economico e, soprattutto, in termini di notevole riduzione dei tempi di esecuzione, riguarda la sostituzione della classica armatura metallica in rete con fibre in polipropilene defibrillate, tecnica già ampiamente impiegata dal Consorzio in interventi simili.

In considerazione, poi, del rilevante valore storico e architettonico sia della tecnica costruttiva, che del rivestimento in quanto tale, si è ritenuto che fosse importante mantenere nel tempo una traccia della originaria tipologia di realizzazione delle sponde impermeabili del canale, andando così ad individuare un tratto lungo il quale operare una forma di restauro conservativo (in analogia a quanto previsto per le opere di derivazione e per i manufatti di attraversamento, più sotto descritto). Anche se, infatti, con la soluzione prescelta in progetto per il rifacimento del rivestimento si è cercato di adottare un sistema che, con le tecnologie moderne, producesse un risultato quanto più simile a quello primigenio, è evidente che tale nuova impermeabilizzazione andrà a coprire completamente il rivestimento esistente.

Nel tronco in esame le porzioni di rivestimento originarie sono presenti nel tratto compreso fra le progressive km 3+496 e km 6+088 e si possono rilevare in prossimità dei manufatti di attraversamento, dove le sponde



assumono una inclinazione quasi verticale rispetto a quella più distesa della sezione corrente.

Il tratto che, nella presente fase di progettazione preliminare, si è pensato di destinare a questo tipo di recupero architettonico è posizionato in comune di Busto Garolfo, lungo la sponda sinistra, in corrispondenza del ponte stradale della via per Casorezzo: è stato scelto perché è prossimo all'abitato e perché la presenza del manufatto di attraversamento e della pista ciclopedonale in destra consentono un agevole punto di vista.

La lavorazione consisterà nella preliminare analisi di dettaglio delle caratteristiche dell'intonaco originario e nel successivo ripristino con le tecniche tipiche del restauro: particolare attenzione verrà posta alla durabilità nel tempo dell'intervento e alla sua resistenza strutturale e, non ultimo, alla sua capacità impermeabilizzante. Si ritiene opportuno che venga lasciata, nell'ambito della sponda ristrutturata, una finestra in cui rimangano in vista i ciottoli del sottofondo, seppur trattati con prodotti trasparenti, a memoria della tecnica costruttiva utilizzata ai tempi della realizzazione originaria del canale.

#### **4.2 Fondo del Canale**

Le tipologie di rivestimento del fondo utilizzate negli interventi di ristrutturazione già eseguiti lungo i tratti di Canale posti a monte di quello in esame sono sostanzialmente due: quella classica in conglomerato cementizio armato con fibre sintetiche o con rete elettrosaldata e quella, più innovativa, in conglomerato bituminoso idraulico chiuso.

Entrambe le soluzioni sono in grado di offrire le garanzie richieste in termini di tenuta idraulica: ciò che le differenzia notevolmente riguarda il costo di investimento e i tempi di esecuzione.



Nella pavimentazione in conglomerato cementizio è infatti necessario prevedere la posa di giunti con funzione water - stop, sia longitudinalmente lungo i cordoli al piede del rivestimento delle due sponde, sia trasversalmente ogni sei metri di getto. Questa operazione, naturalmente, incide sia sul costo della lavorazione, sia sul tempo necessario per realizzarla.

La pavimentazione in conglomerato bituminoso idraulico chiuso è costituita da una miscela specificatamente concepita per impiego in campo idraulico: la dosatura di bitume tipo 70/100 è dell'8% sul peso totale degli inerti ed in questi vi è una consistente percentuale di frazioni fini (sabbia tonda 0.2 mm) e finissime (filler di carbonato di calcio o cemento), in modo che gli interstizi tra gli inerti più grossi vengano bene intasati e che il legante avvolga tutti i granuli. Ne consegue una riduzione della micro - porosità ed una impermeabilità paragonabile a quella delle coperture protette con guaina.

Il rivestimento in conglomerato bituminoso, al contrario delle pavimentazioni cementizie, non richiede l'esecuzione di giunti: come anticipato poco sopra, questo aspetto riduce notevolmente i tempi di esecuzione.

Lo spessore complessivo di 8 cm assegnato alla pavimentazione di rivestimento del fondo consentirà il transito di mezzi gommati destinati alla manutenzione ordinaria.

Le uniche controindicazioni sull'uso di questo tipo di pavimentazione riguardano la scarsa resistenza in presenza di una sotto - spinta idrostatica, che nel nostro caso è totalmente da escludere, e di significative turbolenze della corrente.

Per questo motivo si è preferito, in corrispondenza del tratto di intervento n°1, posto in prossimità dell'opera di presa, dei ponti con pile in alveo e



delle derivazioni poste a quota fondo canale, in quanto punti singolari che possono essere soggetti appunto a fenomeni di turbolenza, prevedere un rivestimento del fondo realizzato in conglomerato cementizio.

La pavimentazione in conglomerato cementizio in questi tratti è preferibile anche perché non richiede particolari precauzioni nel caso in cui, per operazioni di manutenzione straordinaria delle opere d'arte risulti necessario montare ponteggi o simili attrezzature provvisorie.

#### **4.3    *Manufatti ed opere d'arte***

Gli interventi previsti sui manufatti e sulle opere d'arte sono stati ispirati dalla volontà di recuperare quanto più possibile il valore storico del canale, introducendo il minor numero di modifiche allo stato dei luoghi e, anzi, ripristinando al massimo l'aspetto originario dell'opera idraulica.

Fa eccezione il ponte pedonale ubicato alla progressiva km 3+496, per il quale si è previsto il rifacimento, con caratteristiche estetiche identiche all'originale, perché il manufatto di attraversamento versa in precarie condizioni di stabilità.

Si è sostanzialmente previsto di operare una forma di restauro conservativo, risanando i manufatti nelle parti in cui risultano danneggiati o ammalorati.

I manufatti di derivazione sono per la maggior parte delle piccole opere d'arte: dalle guide per le paratoie in granito, ai traversi in ferro di sostegno dell'asta di manovra, alle giunzioni, sempre in ferro, fra traversi e guide. Nell'ipotesi, preventivamente presa in considerazione, di motorizzare le paratoie, si sarebbe dovuto ricorrere alla sostituzione dei traversi per il posizionamento del motore e si sarebbe quindi completamente stravolto l'aspetto originale e di pregio delle derivazioni.

Si è dunque preferito mantenere la movimentazione manuale delle paratoie, immaginando di poter dedicare in futuro uno studio specifico



sull'automazione degli organi di regolazione, da estendere peraltro al complesso delle bocche distribuite lungo tutto lo sviluppo del canale.

#### **4.4 Opere di inserimento paesaggistico – ambientale**

Gli interventi sulla porzione non rivestita delle sponde si differenziano a seconda che, sulla sommità, sia presente o meno la pista ciclopeditone e in rapporto al contesto paesaggistico in cui è inserito il Canale.

Per il tratto di intervento n° 1, che ricade all'interno dell'area protetta del Parco del Ticino, della ZPS IT2080301 – Boschi del Ticino e, parzialmente, del SIC IT2010012 – Brughiera del Dosso, nella sponda destra verrà ripristinata la pista di servizio sulla alzaia esistente, in alcuni tratti oggi completamente invasa dai rovi, mentre nella sponda opposta verrà rimossa la sola vegetazione presente sulla scarpata, nella porzione compresa fra il ciglio del rivestimento di progetto (che si troverà a quote inferiori rispetto a quello esistente) e la sommità della scarpata stessa.

La superficie inclinata della sponda non rivestita verrà poi sistemata con formazione di prato fiorito, utilizzando sementi delle seguenti specie: *Achillea millefolium*, *Anthyllis vulneraria*, *Centaurea cyanus*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Daucus carota*, *Dianthus carthusianorum*, *Echium vulgare*, *Galium verum*, *Hypericum perforatum*, *Salvia pratensis*, *Saponaria officinalis*, *Scabiosa columbaria*, *Silene vulgaris*, *Garcke*, *Lychnis flos-cuculi*, *Trifolium pratense*, *Anthoxanthum odoratum*, *Arrhenatherum elatius*, *Bromus erectus* Huds, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis* Huds, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*.

La pista di servizio, che avrà una larghezza variabile fra 2.50 e 3.00 m, sarà realizzata in calcestre con il piano di calpestio in leggera pendenza verso il



Canale, al fine di evitare il ristagno di acqua e la conseguente formazione di buche sulla pavimentazione.

Per il tratto di intervento n° 1 è possibile che il ripristino dell'alzaia comporti il taglio di aree destinate a bosco: ai sensi dell'art. 20 della Legge Regionale sulla difesa del suolo del 15 marzo 2016, n. 4, tali interventi non richiedono interventi compensativi.

Nei tratti di intervento 2 e 3, che attraversano zone urbanizzate e agricole e lungo i quali è sempre presente in sponda destra una pista ciclopeditonale, si provvederà alla rimozione delle piante presenti lungo la scarpata, fino al ciglio della stessa.

Sulla sponda opposta a quella in cui è presente la pista ciclopeditonale si prevede anche la sistemazione della alzaia per una larghezza di circa 2.00 m a partire dal ciglio della scarpata: saranno quindi eseguiti il decespugliamento e la manutenzione della vegetazione esistente mediante taglio selettivo e pulizia del sottobosco, con generale mantenimento delle alberature sane esistenti.

Gli interventi di inserimento paesaggistico ambientale si completeranno con la messa a dimora di essenze arboree ed arbustive autoctone, alternate sulle due sponde in rapporto allo stato dei luoghi e finalizzate a creare una rete di edificazione paesaggistica in grado di erogare anche una funzione ecologica. Laddove la proprietà consortile risulterà abbastanza ampia, invece di semplici filari verranno create delle piccole fasce boscate.

La definizione delle essenze da mettere a dimora, dei sesti di impianto e della ubicazione delle piantumazioni avverrà nelle successive fasi di progettazione, sulla scorta delle indicazioni che verranno dettate dal



Parco del Roccolo, parco locale di interesse sovracomunale che interessa i comuni di Busto Garolfo e Parabiago, e che si è fin da ora reso disponibile a fornire la propria collaborazione.

Nella scelta delle essenze si dovrà anche tenere conto della presenza dell'*Anophthora chinensis* e *glabripennis* (tarlo asiatico) e uniformarsi alle disposizioni emanate in merito dalla Regione Lombardia.



## **5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI**

Nel seguito si riporta un quadro sintetico delle opere previste e delle modalità con cui verranno realizzate; per maggiori dettagli si rimanda alle tavole di progetto (tav. 1 – Corografia, tavv. 2 – Planimetrie generali, Tavv. 3 – Planimetrie di progetto, tavv. 4 – Profili longitudinali di progetto, tavv. 5 – Sezioni trasversali di progetto, tav. 6 – Opere di inserimento paesaggistico – ambientale, tavv. 7 – Particolari costruttivi opere di rivestimento del canale, opere di attraversamento, e opere di derivazione.

### **5.1 Nuovo rivestimento delle sponde del canale**

Le opere e le lavorazioni previste possono così descriversi:

- rimozione di pali di linee aeree elettriche o telefoniche dismesse;
- disboscamento e decespugliamento delle porzioni di sponda non rivestite, con estirpazione delle ceppaie ed eliminazione delle radici;
- pulizia delle superfici rivestite per l'asportazione di parti incoerenti, terreno vegetale e per scarifica giunti, così da mettere in vista lo stato del rivestimento esistente;
- demolizione meccanica e rimozione delle lastre e delle porzioni di rivestimento esistente dove queste risultano ammalorate, sconnesse, scalzate, rialzate o frantumate e dove si trovano al di sopra della quota di progetto del nuovo rivestimento;
- risagomatura del terreno di sponda a tergo delle lastre e delle porzioni di rivestimento rimosse, sistemazione delle depressioni esistenti con riempimento e costipazione di ciottoli misti a terreno argilloso e ripristino del piano di posa mediante calcestruzzo spruzzato a umido, per uno spessore medio di circa 8 cm (per sviluppi del ripristino del



piano di posa superiori a 1.2 metri è prevista la posa di rete in fibra di vetro);

- pulizia del sottofondo esistente o ripristinato interessato dal nuovo rivestimento in progetto con idropulitrice ad alta pressione (non inferiore a 250 atm), per l'irruvidimento del sottofondo;
- esecuzione di rivestimento delle sponde con betoncino spruzzato a secco (sprit-beton asciutto, miscelato con l'acqua al momento del getto) dello spessore di 8 cm, additivato e rinforzato con fibre in polipropilene fibrillato dosate a 1350 g/m<sup>3</sup>, completo di cordoli di testa e al piede e di giunti trasversali ad interasse 6 metri. Per le tratte in cui le sponde esistenti sono verticali, l'esecuzione del rivestimento, che dovrà ricoprire anche la testa del muro, dovrà essere preceduta dalla posa di rete elettrosaldata  $\Phi$  5 maglia 10x10 ancorata alla sponda esistente;
- realizzazione di un sistema di sicurezza mediante corrimano in plastica riciclata munito di fascette in acciaio inox AISI 316 per l'ancoraggio alle sponde mediante tasselli a fissaggio chimico in acciaio AISI 316;
- ristrutturazione della rampa di accesso al fondo del Canale esistente in sponda destra al termine di valle del tratto di intervento n° 1 e demolizione di quanto rimasto delle spalle di una passerella pedonale;
- restauro conservativo del tratto di sponda in corrispondenza della sezione 3.27, comprendente la rimozione delle porzioni di rivestimento in intonaco esistente, la pulizia delle superfici mediante idropulizia a bassissima pressione, il ripristino ed il consolidamento del rivestimento in ciottoli, il trattamento delle superfici con prodotto fissativo antisale e con prodotto idrofobizzante trasparente a base di silani;
- realizzazione di 81 scalette a pioli in acciaio AISI 316 di accesso al Canale;



- costruzione di quattro rampe provvisorie in terra.

## **5.2 Nuovo rivestimento del fondo del canale**

Le opere e le lavorazioni previste possono così descriversi:

- rimozione del materiale presente sul fondo del canale e/o dei rifiuti solidi di origine urbana; per le tratte prive di rivestimento di fondo verrà eseguito uno scavo di bonifica per la rimozione del materiale incoerente fino al raggiungimento del sottofondo compatto e/o per garantire la successiva realizzazione di uno strato minimo di 10 cm di misto granulare stabilizzato al 6% di cemento;
- formazione dello strato di fondo, dove occorrente, mediante provvista, stesa e compattazione di misto granulare stabilizzato al 6% in peso di cemento R 325, di spessore minimo compresso pari a 10 cm;
- regolarizzazione e livellamento mediante provvista e stesa di conglomerato bituminoso per sottofondo, previa pulizia della platea con macchine spazzolatrici – aspiranti e previa stesura di una mano di ancoraggio in emulsione bituminosa al 55% di bitume, in ragione di 1 kg/m<sup>2</sup>;
- realizzazione della pavimentazione in conglomerato bituminoso idraulico chiuso dello spessore complessivo di 8 cm;
- rifacimento in prossimità dei manufatti di attraversamento e delle opere di derivazione, del fondo del canale mediante una pavimentazione in calcestruzzo armata con rete elettrosaldata  $\Phi$  5 maglia 10x10, dello spessore non inferiore a 10 cm (15 cm per il tratto in affiancamento alla conca di navigazione), previa demolizione, dove necessario, del fondo esistente e successiva idropulizia della superficie interessata mediante getto d'acqua a forte pressione per l'asportazione di sporco e di parti incoerenti.



### **5.3 Interventi sui manufatti e sulle opere d'arte**

I lavori prevedono il trattamento delle superfici con prodotto alghicida, la pulizia con idropulitrice a pressione variabile fra 3 e 30 atm, la ripresa delle fughe, dove necessario, con malta colorata a base di inerti minerali e leganti idraulici, il trattamento con prodotto fissativo antisale e con prodotto idrofobizzante trasparente; i parapetti in muratura, dove previsto, andranno ripristinati dove danneggiati e dovranno essere riposizionate le copertine in pietra originali (o fornite di caratteristiche analoghe se andate distrutte).

Come anticipato in precedenza, il ponte "del Preciocco", sito alla progressiva km 3+496, verrà completamente demolito e ricostruito con un disegno, per quanto riguarda sia le opere in muratura, che le opere in carpenteria metallica, del tutto identico a quello del manufatto esistente.

### **5.4 Opere di inserimento paesaggistico – ambientale**

Le opere e le lavorazioni previste possono così descriversi:

- decespugliamento e disboscamento delle porzioni di sponda non rivestite (secondo le indicazioni riportate per i vari tratti nella tav. 6), con estirpazione delle ceppaie e eliminazione delle radici;
- risagomatura e di riprofilatura delle scarpate, con apporto di terreno di coltivo per il riempimento delle cavità prodottesi con l'eliminazione delle ceppaie e per la formazione di uno strato superficiale di spessore minimo pari a 20 cm;
- formazione di prato fiorito, utilizzando il miscuglio di sementi indicato nella tav. 6;
- lavori di ripristino della pista di servizio in calcestre lungo l'alzaia esistente, da realizzarsi lungo la sponda destra nel tratto di intervento n° 1;



- fornitura e messa a dimora, lungo i tratti di intervento n° 2 e n° 3, delle specie arboree e arbustive indicate nella tav. 6;



## **6. TERRE E ROCCE DA SCAVO**

Ai sensi del D.Lgs 152/2006 e smi, si rende noto che le opere in progetto non prevedono significativi movimenti terra. Considerato il periodo di costruzione del Canale e l'assenza di successive modificazioni, non si ritiene che vi possano essere nel terreno elementi inquinanti.



## **7. VERIFICHE IDRAULICHE**

Si riporta nel seguito la sintesi delle verifiche idrauliche condotte nell'ambito dell'attività progettuale ed ampiamente illustrate nella specifico Studio idraulico, allegato al presente progetto, a cui si rimanda per ogni dettaglio.

Per dimensionare il nuovo rivestimento del Canale Villoresi, è stata condotta un'attenta verifica del profilo di corrente (in moto permanente) prodotto dal passaggio della portata di riferimento del tratto di canale adduttore in esame. L'analisi idraulica è stata sviluppata lungo un tronco di canale decisamente più ampio di quello oggetto di ristrutturazione e precisamente a partire dalla sezione in corrispondenza dell'opera di presa (km 0+000) fino a giungere circa un kilometro a valle dell'ultimo tratto oggetto di ristrutturazione (km 36.100 in comune di Nerviano).

Per la modellazione del profilo di corrente in moto permanente ci si è avvalsi di uno specifico codice di calcolo denominato HEC-RAS, elaborato dall'U.S. Army Corps of Engineers. Detto codice, che è oggi ampiamente utilizzato in campo nazionale ed internazionale nello studio delle correnti a pelo libero, a partire dalla conoscenza della geometria e dei valori di scabrezza dell'alveo, restituisce il profilo di corrente, in moto permanente monodimensionale, corrispondente ad un prefissato valore costante (nel tempo e nello spazio) della portata di calcolo.

La geometria del canale è stata descritta attraverso 350 sezioni trasversali ottenute con un apposito rilievo topografico, 119 delle quali ricadono nel tronco in esame, mentre le rimanenti 231 sono posizionate nei tronchi



intermedi ed in quello immediatamente a valle. A queste sezioni di rilievo sono state poi aggiunte specifiche sezioni di calcolo atte alla definizione del comportamento idraulico dei ponti con pile in alveo. In particolare ciascun manufatto di attraversamento è stato schematizzato mediante quattro sezioni di calcolo, che si rifanno alla geometria rilevata topograficamente. Questo schema consente al modello di sovrapporre all'andamento dell'alveo l'ingombro delle pile del ponte e cioè di rappresentare l'effettivo stato di fatto della sezione trasversale in corrispondenza del manufatto medesimo.

L'estensione del tratto per il quale è stata condotta la simulazione è, come poc'anzi detto, di circa 36.500 metri. Il deflusso nel canale in esame, caratterizzato da una pendenza molto modesta (pari circa al 2 per diecimila), assume le caratteristiche di una corrente lenta; per questo motivo il calcolo del profilo idraulico è stato condotto da valle verso monte.

Quale livello idrico da assegnare come condizione al contorno di valle si è assunta la quota d'acqua stimata in tale sezione nell'ambito del progetto delle opere di ristrutturazione del Canale Principale Villorresi in comune di Nerviano (quota piezometrica 177.91 m s.l.m., quota fondo 175.57 m s.l.m.).

Le portate di riferimento rispetto a cui si è definito il profilo di corrente nei tratti esaminati sono state le seguenti:

- dalla chilometrica 0+000 alla chilometrica 4+048, (1A Castano):  $Q = 55.00 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- dalla chilometrica 4+048 alla chilometrica 15+707, (1 Castano):  $Q = 54,80 \text{ m}^3/\text{s}$ ;



- dalla chilometrica 15+707 alla chilometrica 17+875, (derivatore 1° Castano):  $Q = 54.50 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- dalla chilometrica 17+875 alla chilometrica 20+615, (derivatore 2° Castano):  $Q = 52.80 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- dalla chilometrica 20+615 alla chilometrica 22+055, (derivatore Cuggiono):  $Q = 51.20 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- dalla chilometrica 22+055 alla chilometrica 24+206, (1 Magenta):  $Q = 46.90 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- dalla chilometrica 24+206 alla chilometrica 25+678, (Derivatore di Magenta):  $Q = 45.90 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- dalla chilometrica 25+678 alla chilometrica 29+167, (1b Corbetta):  $Q = 41.10 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- dalla chilometrica 29+167 alla chilometrica 29+618, (Derivatore Corbetta):  $Q = 39.80 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- dalla chilometrica 29+618 alla chilometrica 31+800, (fine tratto in esame):  $Q = 35.00 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- dalla chilometrica 31+800 alla chilometrica 36+100, (fine tratto in esame):  $Q = 34.30 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Le portate di riferimento sono state calcolate a partire dalla portata massima di concessione dal fiume Ticino, pari a  $55 \text{ m}^3/\text{s}$ , detraendo le portate derivate nei diversi tronchi, come se fossero prelevate complessivamente in corrispondenza delle principali bocche di presa. Nell'ottica di una valutazione cautelativa dei livelli massimi raggiungibili dall'acqua lungo il tratto di canale in oggetto, non si è dunque tenuto conto della progressiva riduzione di portata prodotta dai prelievi effettuati alle bocche di derivazione inserite all'interno dei tronchi in studio.



Le modellazioni sono state eseguite prendendo in considerazione due scenari:

- uno scenario a breve – medio termine e cioè assumendo un rivestimento integro del vettore;
- uno scenario a lungo termine e cioè assumendo un rivestimento usurato del vettore.

Nello scenario a breve – medio termine, per la definizione del valore di scabrezza da assegnare ai rivestimenti in progetto, si è fatto ricorso ai dati disponibili in letteratura per canali di analoghe caratteristiche. In particolare si è fatto riferimento alle indicazioni sperimentali fornite da “Open Channel Hydraulics”, Ven te Chow, McGraw Hill International Editions che, in funzione delle dimensioni e della tipologia di rivestimento del canale, individua i corrispondenti valori dei coefficienti di scabrezza da utilizzare. Nel caso specifico i valori del parametro di Strickler suggeriti per i materiali con cui verrà rivestito il canale sono:

- sponde:  $\approx 55$
- fondo canale:  $\approx 75$

Inserendo nel modello di simulazione i suddetti valori di scabrezza, si è potuto valutare che il coefficiente medio secondo Strickler, in condizioni di massimo riempimento del canale, risultava pari a 65.

La valutazione dell'entità del parametro “scabrezza” relativo ad un canale in condizioni di rivestimento usurato è stata condotta analizzando i dati storici rilevati dal Consorzio Villorresi prima di procedere al rifacimento dei rivestimenti secondo la procedura descritta nello studio idraulico allegato al presente progetto. Il valore di scabrezza individuato corrisponde ad un coefficiente  $k$  di Strickler (medio sulla sezione del canale) pari a 55.



Un confronto tra i livelli calcolati nelle due configurazioni ha portato a mettere in evidenza come, mediamente, il livello idrico nel canale con i rivestimenti appena ripristinati risulti più basso di circa 20 - 30 cm rispetto a quello che prevedibilmente si genererà a seguito dell'usura del tempo.

Sulla base dei risultati così ottenuti si è deciso di assumere, per il dimensionamento preliminare delle quote di ritenute dei nuovi rivestimenti del canale le quote d'acqua ottenute nella simulazione a lungo termine, incrementate di un "franco idraulico" variabile tra i 20 ed i 30 centimetri.

Tale criterio, a parere di chi scrive, è da ritenersi ampiamente accettabile e sufficiente ad assicurare una adeguata protezione delle sponde: in primo luogo perché, essendo il canale alimentato artificialmente, si può essere ragionevolmente certi che il valore della portata di progetto risulti individuato con precisione, (al contrario di quanto accade per i corsi d'acqua alimentati naturalmente, nei quali la determinazione della portata di riferimento è spesso soggetta alle tipiche incertezze idrologiche); in secondo luogo perché, pur tenendo conto delle inevitabili approssimazioni insite in questo tipo di simulazioni, il dettaglio con cui è stata descritta la geometria del tratto in esame, unitamente alle considerazioni sopra riportate circa la definizione delle condizioni al contorno e l'attribuzione dei parametri di scabrezza, hanno consentito di calcolare il profilo di corrente nel canale con un elevato grado di precisione.

Si fa comunque osservare che, a garanzia della sicurezza idraulica, la quota arginale, ovvero la quota massima di contenimento del ciglio delle



sponde del canale, risulta sempre superiore rispetto ai livelli idrici calcolati di una quantità non inferiore a 30 centimetri.



## **8. QUADRO ECONOMICO DI SPESA**

Si riporta nel seguito il quadro economico di spesa, così come risulta dall'elaborato *Stima preliminare degli interventi e quadro economico della spesa*, allegato al presente progetto.

Per la quantificazione economica delle lavorazioni contenute nel suddetto preventivo di spesa (a cui si rimanda per ogni dettaglio) si sono primariamente utilizzati i prezzi unitari contenuti nel *Prezzario Regionale delle Opere Pubbliche*, edito a cura della Regione Lombardia e del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Provveditorato Regionale alle opere pubbliche per la Lombardia nell'ultima edizione disponibile dell'anno 2011; nei rimanenti casi il prezzo unitario è stato desunto dal *Listino comunale dei prezzi per l'esecuzione di lavori pubblici e manutenzione*, edito a cura del Comune di Milano – Settore Stime e Controllo Costi, edizione 2017, e dal *Prezzario di riferimento per i lavori pubblici*, edito a cura della Regione Piemonte – Opere Pubbliche, edizione 2016.

Va segnalato che si è fatto riferimento ai due documenti sopra riportati, in alternativa al *Prezzario regionale delle opere pubbliche della Regione Lombardia*, quando la lavorazione non vi era contenuta o quando, seppure presente, riportava condizioni operative di lavoro molto diverse da quelle previste nel presente progetto. Si è ritenuto di poter adottare il prezzario della Regione Piemonte in quanto, pur essendo riferito a zona geograficamente diversa da quella del progetto, è certamente in uso in aree con condizioni economiche e finanziarie simili a quelle lombarde.

Il riferimento al prezzario di riferimento e il codice identificativo di ogni prezzo unitario utilizzato sono riportati in apposita colonna nella *Stima preliminare degli interventi*.



## QUADRO ECONOMICO

*Investimenti in infrastrutture per l'approvvigionamento ed il risparmio di risorse idriche -*  
**IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE PRINCIPALE ADDUTTORE VILLORESI NEI COMUNI DI**  
**SOMMA LOMBARDO, VIZZOLA TICINO, ARCONATE, BUSTO GAROLFO E PARABIAGO**

<b>OPERE IN PROGETTO</b>		
1.1 - TRATTO 1 - Opere idrauliche	€	3 280 749,56
1.2 - TRATTO 1 - Interventi paesistico-ambientali	€	523 772,75
2.1 - TRATTO 2 - Opere idrauliche	€	5 274 129,94
2.2 - TRATTO 2 - Interventi paesistico-ambientali	€	455 539,94
3.1 - TRATTO 3 - Opere idrauliche	€	4 999 687,30
3.2 - TRATTO 3 - Interventi paesistico-ambientali	€	324 080,43
A1 Totale INTERVENTI soggetti a ribasso	€	14 483 184,91
A2 Oneri Specifici della Sicurezza non soggetti a ribasso	€	374 775,00
<b>A TOTALE OPERE COMPRENSIVO DI ONERI SPECIFICI DELLA SICUREZZA</b>	<b>€</b>	<b>14 857 959,91</b>
<b>SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE</b>		
B1 Lavori in economia	€	-
B2 Oneri di allaccio a pubblici servizi	€	10 000,00
B3 Oneri di scarica	€	-
B4 Espropriazioni ed acquisizioni di beni immobili	€	-
B5 Imprevisti	5% €	-
B6 Altro	€	-
<b>B TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE</b>	<b>€</b>	<b>10 000,00</b>
<b>C SPESE GENERALI (su A+B1+B2+B3+B4)</b>	12% €	<b>1 784 155,19</b>
<b>D IVA (su A+B1+B2+B3)</b>	22% €	<b>3 270 951,18</b>
<b>Totale COMPLESSIVO A+B+C+D</b>	<b>€</b>	<b>19 923 066,28</b>
<b>ONERI A CARICO DEL CONSORZIO</b>		
E1 IVA su Spese Generali	22% €	392 514,14
E2 Imprevisti se non riconosciuti	5% €	743 398,00
<b>E ONERI A CARICO DEL CONSORZIO</b>	<b>€</b>	<b>1 135 912,14</b>

Milano li, marzo 2017

IL PROGETTISTA  
 (dott. ing. Mario Fossati)