

1 GENERALITA'

Il presente progetto esecutivo “*Orio Litta - Morgana Venere - Marchesina - Erosione argine tra Morgana Venere e Marchesina, Frane sp 206, frane roggia Venere, cedimento paratoia Marchesina - Ripresa delle frane - Ricostituzione del manufatto danneggiato - Formazione difesa idraulica*” - *Intervento 28E (scheda Rasda 19178)* - *Importo contributo di € 260.000,00 - allegato E - Piano degli interventi dell'Ordinanza C.D.P.C. 226/2015*, edizione Maggio 2016, riguarda le opere di ripristino della funzionalità idraulica, statica e di esercizio dei canali Marchesina e Morgana-Venere in seguito ai danni provocati dagli eventi meteorologici critici del novembre 2014. Gli interventi sono interamente ricadenti in provincia di Lodi.

I canali in oggetto costituiscono importanti vettori irrigui nell'ambito della rete irriguo - idraulica consortile del territorio “basso”, la cui funzionalità è strategica non solo per il ruolo di adduttore irriguo ma anche per la complementare funzionalità colatizia per lo smaltimento degli scarichi di natura irrigua di un'ampia porzione di pregiato territorio rurale del basso lodigiano. Gli interventi ricadono interamente nel territorio comunale di Orio Litta in provincia di Lodi.

Nel seguito essi vengono descritti sulla base delle loro caratteristiche funzionali e territoriali.

La Marchesina è un canale irriguo primario facente parte della rete irrigua consortile che si origina dal Colatore Sillaro in Comune di Borghetto Lodigiano con un manufatto di derivazione storico, unitamente ad altri due canali irrigui non oggetto della presente perizia progettuale.

E' un vettore irriguo dotato di portata nominale pari a 700 l/s sottendente ampie pregiate superfici coltivate nella zona della Bassa Lodigiana, contraddistinto da un alveo naturale in terra, che risulta pensile, per buona parte del percorso, rispetto ai piani campagna limitrofi e si sviluppa per diversi chilometri nella campagna della bassa lodigiana. Per una lunghezza di circa 1 km l'alveo della Marchesina è appaiato con quello della Morgana-Venere, altrettanto oggetto del presente progetto, condizione che denota diverse criticità statiche e funzionali. Entrambo i canali sono stati oggetto di danneggiamenti in occasione degli eventi meteorologici critici del novembre 2014.

La Morgana-Venere è altrettanto, come detto, un canale irriguo rientrante nel reticolo irriguo-idraulico consortile del territorio della bassa lodigiana. Esso deriva dal Colatore Venere in Comune di Orio Litta dal manufatto partitore ubicato lungo

la strada comunale congiungente Orio Litta con Ospedaletto Lodigiano da dove si dipartono altri tre canali irrigui consortili. La Morgana-Venere ha portata nominale pari a 275 l/s e sottende un bacino irriguo di 240 ettari coltivati prevalentemente a colture cerealicole.

I due canali sopra descritti oggetto della presente perizia progettuale, si sviluppano per un tratto complessivo di circa 2 km in più comuni, uno dei quali interamente nel territorio del comune di Orio Litta in provincia di Lodi, oggetto degli interventi qui previsti.

L'assetto morfologico dei due canali costituenti un "fascio" idrico costituito da due alvei separati da una arginatura intermedia che è soggetta a carichi idrici differenziali in virtù dei diversi regimi idrometrici dei due canali. Il canale Morgana-Venere ha infatti giacitura e tiranti idrici più elevati della Marchesina, condizione che assoggetta le strutture arginali intermedie a sollecitazioni piezometriche che sono collegate ai moti di filtrazione che si instaurano tra i due alvei per la differenza idrometrica descritta.

2 LA SITUAZIONE IDROLOGICA GENERALE:

GLI EVENTI IDROMETEOROLOGICI AVVERSI ALL'ORIGINE DEI DANNI ALLA RETE CONSORTILE

Durante lo scorso mese di novembre 2014 si sono verificati fenomeni idrometeorologici avversi che hanno coinvolto il territorio e le infrastrutture idrauliche del Consorzio bonifica Muzza bassa Lodigiana: piogge intense e persistenti, deflussi di piena dei fiumi al contorno, in particolare Adda e Po, nonché di alcuni corsi d'acqua del sud milanese, idraulicamente connessi alla rete consortile.

Detti eventi idrometeorologici sono riconducibili a perturbazioni che hanno interessato estesamente il nord Italia, sia la parte pianeggiante che quella montana di formazione dei deflussi dei fiumi.

Gli elementi di criticità possono essere individuati in 3 eventi concomitanti che hanno interessato il territorio: le piogge intense e persistenti sul territorio, le modalità di accadimento dei fenomeni pluviali che hanno visto un andamento in crescendo sia delle intensità di pioggia che dei volumi pluviali apportati e le piene dei grandi fiumi al contorno Adda, Lambro e Po, contestualmente alle piene del

torrente Molgora che recapita in Muzza le portate drenate nel proprio bacino nell'est milanese. In passato si è assistito a numerosi eventi alluvionali che hanno coinvolto il Lodigiano, diversi ognuno dall'altro, ma difficilmente si è constatato un sincronismo così gravoso di elementi a formare un evento di tali dimensioni e conseguenti pesanti effetti.

Le piogge che hanno interessato il territorio Lodigiano hanno avuto carattere di assoluta eccezionalità: i pluviometri di Lodi e Codogno hanno registrato rispettivamente 260 mm e 268 mm di pioggia cumulata dal 3 al 18 novembre 2014, pari a quasi un terzo della pioggia che mediamente in un anno cade sul territorio (vedasi il grafico delle pluviometrie cumulate di pioggia ai due pluviometri allegato). Al di là della quantità pluviale eccezionale, il fattore che ha incrementato gli effetti negativi degli eventi è stata la loro modalità di esplicazione, che ha visto svilupparsi la parte iniziale ad intensità ordinaria e costante dando luogo alla graduale saturazione dei suoli permeabili del territorio (le estese superfici rurali), seguita da una fase caratterizzata da scrosci concentrati di elevata intensità (vedasi quello del 12 novembre u.s. sul grafico delle cumulate).

Questa seconda parte di eventi, a causa della condizione di imbibizione ormai completa dei suoli, ha allagato le aree depresse e riversato nei corsi d'acqua del territorio le portate pluviali con intensità e velocità come se fosse piovuto su suoli impermeabili.

Ecco quindi che la rete idraulica Lodigiana è stata sottoposta ad un input di portate che ha superato le capacità idrauliche disponibili dei corsi d'acqua e che pertanto in diversi punti ha manifestato tale criticità con azzeramento dei franchi di sponda, fenomeni di rigurgito ed esondazioni.

Il terzo elemento sopra esposto ha oltremodo inciso sulla criticità del periodo: i fiumi che contornano il perimetro del territorio Lodigiano sono stati sottoposti a deflussi di carattere straordinario, con fenomeni di piena che li hanno portati a livelli idrometrici molto elevati (massimo registrato Adda + 2,36 m il 16/11/2014 sullo zero all'idrometro di Lodi, Po +7,55 m il 17/11/2014 sullo zero all'idrometro di Piacenza) assumendo di fatto una critica condizione idrometrica che ha impedito, o quanto meno reso molto difficoltoso, lo scarico dei corsi d'acqua territoriali che in essi recapitano (vedasi i grafici allegati relativi all'idrometria di piena dell'Adda, del relativo affluente Brembo e del fiume Po).

Il torrente Molgora ha costituito una criticità per la rete idraulica territoriale con modalità ormai ben note. Esso infatti immette le proprie portate nel canale Muzza, in località Lavagna in comune di Comazzo, con tempi ed intensità proprie di un torrente alpino: da pochi mc/s a 40, 50 mc/s in 3 - 4 ore. Durante l'evento in

oggetto esso ha scaricato in Muzza in due occasioni, il 12 ed il 15 novembre scorsi, le portate connesse a due colmi di piena di carattere straordinario (vedasi i grafici allegati riportanti la pluviometria del bacino idrografico del Molgora e l'idrometria di piena del torrente) che sono stati recepiti riducendo tempestivamente la portata del Muzza a Cassano d'Adda, pena il superamento della capacità idraulica del medesimo e la conseguente esondazione di paesi e centri produttivi rurali ed industriali presenti lungo il suo percorso.

Conseguentemente si è reso subito necessario distribuire tale portata nella rete consortile, attivandola con modalità inidonee, in termini di tempi ridotti e di eccessive quantità, al raggiungimento dei necessari equilibri idraulici e piezometrici delle strutture d'alveo.

Da un punto di vista idrologico, gli eventi sopra elencati, nella loro concomitanza, hanno dato luogo ad effetti pesantissimi in praticamente tutto il comprensorio, interessando diverse tipologie di infrastrutture idrauliche consortili tra le quali in particolare i canali Morgana - Venere e Marchesina, che hanno subito pesanti danni come di seguito descritto.

Nel prossimo paragrafo detti eventi vengono analizzati in rapporto alle criticità alle quali hanno dato luogo.

2.1 Precipitazioni intense e prolungate sul territorio concomitanti con gli eventi di piena: il reticolo idraulico interno

Il territorio del comprensorio Muzza bassa lodigiana è stato interessato nel corso del mese di novembre 2014, al pari di gran parte del nord Italia, da eventi pluviali di carattere eccezionale sia in termini di durata che di intensità. I volumi pluviali connessi sono stati tali da superare la capacità idraulica ricettiva del sistema idraulico superficiale del comprensorio e più in generale del territorio lodigiano, con conseguenti danni diffusi pressoché uniformemente distribuiti. Si è trattato di un evento prolungato ed esteso, che ha persistito per oltre due settimane con modalità di scroscio che tuttavia possono essere distinte in fasi definite.

La prima di queste ha caratterizzato la prima settimana dell'evento, con intensità debole e piovosità intermittente che, con riferimento al pluviometro di Lodi, a fronte dei circa 30 mm caduti, ha avuto l'effetto di dare luogo alla graduale imbibizione dei suoli. In seguito, dal 10 novembre, è stato un crescendo di intensità e numero di scrosci, succedutisi con cadenza incredibilmente regolare. Si distinguono chiaramente (vedasi il grafico delle piogge cumulate ai pluviografi di Lodi e

Codogno allegato) ulteriori 4 scrosci di circa 60, 110, 40 e 20 mm rispettivamente, per una totale cumulata nei 14 giorni dell'evento di oltre 260 mm, pari a circa un terzo della cumulata annua. Se al secondo scroscio del 9 - 11 novembre si può ancora attribuire carattere saturativo della capacità di campo delle superfici permeabili del territorio, ancorchè con una cumulata già di ben 80 mm, lo scroscio successivo del 12 - 13 novembre è stato di criticità assoluta. Intensità di pioggia elevatissima per una durata prolungata (95,6 mm nelle 12 ore) hanno massimizzato l'apporto di volume pluviale (considerato quale accadimento isolato, costituirebbe di per sé un elemento di notevole criticità idrogeologica) che, con un tempo di ritorno singolo di circa 26 anni, ha trovato superfici sature che, non più ritenive per infiltrazione, hanno avuto l'effetto di piani di scorrimento impermeabili sui quali si sono formati veloci ed intensi volumi idrici eccezionali, non ricevibili dalla rete idraulica superficiale. Gli ultimi due eventi di pioggia hanno ricalcato nelle modalità di accadimento il terzo, aggravando le impraticabili condizioni di esercizio della rete consortile e non solo, ormai in condizioni di deficit idraulico, ulteriormente appesantita dall'impossibilità di scaricare con efficacia nei fiumi al contorno per le loro concomitanti piene. Condizioni così critiche e gravose per il comparto irriguo idraulico lodigiano non si registravano da decenni. La concomitanza dei tre fattori incidenti: intensità di pioggia, modalità di scroscio e piene dei fiumi al contorno hanno costituito nel loro insieme combinato una criticità statisticamente eccezionale con effetti devastanti su tutta l'infrastruttura idraulica territoriale consortile e più in generale lodigiana.

Gli effetti sono stati subito visibili lungo tutta la rete: i corsi d'acqua consortili, canali e colatori, sono stati per giorni sollecitati da portate eccezionali che ne hanno saturato gli alvei e imbibite le sponde, in condizioni geotecniche e idrogeologiche di disequilibrio, l'impossibilità di vettoriare e smaltire i volumi idrici ricevuti hanno "liquefatto" paramenti spondali, argini e strade limitrofe con frane, smottamenti e cedimenti che interessano **decine di canali e manufatti idraulici da nord a sud nel comprensorio, tra i quali** i canali Morgana - Venere e Marchesina oggetto della presente perizia progettuale.

Va considerato altresì che, come esposto nel seguito nello specifico paragrafo, la rete lodigiana ha recepito e smaltito al suo interno le portate che gli derivavano dall'immissione del Molgora e dai colatori del sud milanese, con valori di colmo dell'ordine dei 100 mc/s e che hanno costretto alla chiusura totale del canale alla derivazione di Cassano d'Adda. Tali portate sono state in parte scaricate nel canale Addetta al nodo idraulico di Paullo e per la maggior parte mantenute in Muzza e quindi distribuite all'interno della rete consortile, in aggiunta a quanto

stava ad essa pervenendo dagli eventi pluviali in corso sul territorio. In questo scenario di estrema criticità idrometeorologica il Consorzio ha agito cercando di gestire flussi idrici al limite, se non incompatibili, con le possibilità della rete, nel prioritario obiettivo di salvaguardare i centri urbani e produttivi ubicati lungo il canale Muzza e presenti diffusamente sul territorio.

Il rilevamento ed il censimento dei danni che ne è seguito ha condotto alla constatazione delle condizioni di ammaloramento di svariate infrastrutture consortili in moltissime zone del comprensorio, in conseguenza del passaggio della perturbazione responsabile degli eventi idrometeorologici di cui sopra.

2.2 Eventi di piena del torrente Molgora e dei colatori afferenti all'alto corso del canale Muzza

Come già descritto nei precedenti paragrafi, una delle concause che ha contribuito all'estrema criticità degli eventi idrometeorologici del novembre scorso, è stato l'apporto idrico al canale Muzza derivante dalla immissione del torrente Molgora e dei colatori dell'est milanese afferenti all'alto corso del canale Muzza nei comuni di Comazzo e Truccazzano in provincia di Milano (vedasi in proposito i diagrammi di piena del Molgora allegati). Al pari degli altri territori del nord Italia, il bacino imbrifero del torrente Molgora è stato interessato da intensi eventi pluviali che lo hanno portato in condizioni di piena in due occasioni, il 12 e il 15 novembre scorsi, con livelli idrometrici di oltre 3 m misurati all'idrometro di Gorgonzola. Contestualmente a dette condizioni anche gli altri principali colatori del comparto idraulico est milanese afferenti al corso nord del canale Muzza (in particolare le Trobbie) hanno raggiunto elevati valori di deflusso, tutti recapitati in quest'ultimo in tempi rapidissimi.

La situazione idrologica si è quindi presentata da subito particolarmente gravosa, ancorchè debitamente monitorata e prevista, con i limitati tempi concessi dalla veloce corrivazione dei corsi d'acqua in input, inducendo la necessità di chiudere completamente la derivazione del canale Muzza a Cassano d'Adda, azzerandone la portata (non essendo più sufficiente la sola riduzione della derivazione) in modo da rendere disponibile la massima capacità idraulica ricettiva. Questo è stato eseguito in due occasioni: il 12 ed il 15 novembre scorsi, in concomitanza dei due picchi di piena del Mologra. Ebbene ciò è stato appena sufficiente a recepire tutti i flussi idrici in ingresso: a derivazione chiusa, la portata rilevata in Muzza a valle dei

comuni di Comazzo e Truccazzano è stata di circa 110 mc/s, ovvero pari a quella massima estiva di esercizio irriguo allorquando però tutta la rete sottesa è in attività ed in grado di distribuire la risorsa al territorio in modo graduale, ed organizzato.

Tale portata, rispetto alla quale non sarebbe stato possibile fare alcuna altra manovra ricettiva (viene quindi da chiedersi cosa sarebbe stato se fosse stata maggiore) è stata quindi vettoriata nel canale Muzza sino al nodo idraulico di Paullo dove in parte, circa 25 mc/s, è stata scaricata nel colatore Addetta.

A valle di Paullo i circa 85 mc/s sono stati mantenuti in Muzza, con tempi di riempimento velocissimi ed in condizioni di azzeramento dei franchi di sicurezza e scaricati nei canali derivatori primari che si dipartono dal Muzza, oltre che nello scaricatore Belgiardino in comune di Montanaso Lombardo, nelle medesime condizioni limite di urgenza tempistica ed idraulica.

2.3 Eventi di piena dei fiumi Adda e Po

Nel periodo compreso tra i giorni che vanno dal 4 al 18 novembre 2014 il fiume Adda è stato soggetto a ripetuti eventi di piena in connessione all'apporto pluviale nel rispettivo bacino idrografico, in particolare nella bassa Valtellina e in val Brembana (vedasi il grafico delle piogge cumulate rilevate in vari pluviometri ubicati in val Brembana allegato). Le portate del fiume, a valle della confluenza del Brembo, sono andati soggetti a 4 punte di piena raggiungendo il valore massimo di portata nell'evento del 15-16 novembre, a fronte di una pluviometria cumulata complessiva media di oltre 400 mm in val Brembana e di un deflusso dal lago di Como di oltre 600 mc/s. La portata massima è stata di circa 1.400 mc/s alla sezione di Lodi, con un valore idrometrico massimo pari a 2,36 m sullo zero idrometrico, registrato alle ore 10.40 del 16/11/2014. Come noto il Consorzio Muzza Bassa Lodigiana gestisce il nodo idraulico di Cassano d'Adda, in corrispondenza del quale avviene la ripartizione delle portate tra il fiume ed il canale Muzza attraverso una serie di manufatti scaricatori e sfioratori sommergibili. Tutta la portata in ingresso al nodo viene recepita dall'incile del canale Muzza e viene restituita, da subito, attraverso due sfioratori di piena sommergibili (denominati Traversino e rottura grande) che si innescano automaticamente per portate di oltre 300 mc/s e 260 mc/s rispettivamente, nonché attraverso quattro scaricatori di piena dotati di paratoie metalliche verticali. Durante gli eventi in

oggetto detti manufatti sono stati attivati e soggetti al deflusso di elevate portate in scarico, (per un periodo prolungato di oltre due settimane: vedasi i grafici di piena del fiume Adda allegati), con paratoie tutte aperte.

Altresì in considerazione delle elevatissime portate che sono pervenute al canale Muzza dal torrente Molgora e dagli altri colatori del sud est milanese, come sotto descritto, si sono dovute chiudere completamente le paratoie dello sbarramento di S. Bernardino, incile del canale, al fine di creare la capacità idraulica per consentirne il recepimento. Detta manovra è stata eseguita due volte repentinamente in occasione dei due eventi di piena del Molgora del 12 e del 15/11/2014, in una condizione di esercizio del nodo idraulico di Cassano d'Adda del tutto straordinaria, con un deflusso dell'Adda in transito di oltre 1.300 mc/s.

Relativamente al fiume Po è possibile affermare che si è trattato di un evento di piena che ha portato il fiume a raggiungere un livello idrometrico all'idrometro di Piacenza il 17 novembre scorso pari a m 7,56 con una portata stimata in circa 7.500 mc/s (come riferimento, la piena del novembre 2000 ha raggiunto, sempre all'idrometro di Piacenza, quota 10,50 m). L'origine idrologica dell'evento è individuabile nei diffusi eventi pluviali che hanno interessato il bacino idrografico del fiume, con particolare riferimento alla sua parte nord-occidentale e meridionale ed una sequenza di eventi pluviali che hanno alternativamente interessato diversi affluenti del fiume (uno per tutti il Tanaro). Non si è trattato di un evento di piena tipico, con idrogramma di massimo deflusso unico e definito, bensì dalla somma di contributi diversi e ripetuti che hanno portato il fiume a formare a Piacenza tre diversi colmi di piena ad intensità crescente (vedasi il grafico allegato relativo agli idrometri di Ponte becca - pv e di Piacenza) il primo, il 6 novembre ad oltre 5 m sullo zero idrometrico, il secondo a quasi 7 m il 14 novembre ed il terzo e più intenso, come detto, a 7,56 m il 17 novembre.

In termini temporali l'evento nel suo complesso è stato altrettanto gravoso, con elevati tempi di permanenza dei deflussi in seguito alla persistenza delle piogge nei bacini idrografici degli affluenti. Si tratta pertanto di un periodo di oltre un mese nel quale il livello del fiume si è mantenuto su valori superiori ad oltre 1 metro (valore corrispondente al deflusso ordinario stagionale), con diretta influenza sulla piezometria dei territori limitrofi al fiume quale risulta essere la fascia perifluviale della bassa lodigiana, nella quale sono ubicati, tra gli altri, i canali Morgana - Venere e Marchesina oggetto del presente progetto.

3 I DANNI PROVOCATI AI CANALI MORGANA - VENERE E MARCHESINA

I danni indotti dagli eventi esposti ai canali Morgana-Venere e Marchesina nel territorio comunale di Orio Litta, hanno interessato il tratto nel quale i due vettori hanno alveo appaiato in buona parte in adiacenza alla strada comunale che collega la s.p. n°206 con la frazione di corte S.Andrea.

La dinamica di danneggiamento indotta dagli eventi idrometeorologici critici del novembre 2014, sopra accennata, è consistita in un repentino (e ripetuto per diversi giorni) incremento delle portate vettorate legate sia alle piogge sul territorio direttamente drenate che agli scarichi idrici ad essi pervenuti, senza che si potessero gradualmente instaurare le necessarie condizioni di equilibrio idrogeologico e geotecnico delle strutture d'alveo. Si sono pertanto registrati numerosi tratti in frana e soggetti ad erosioni, sbrecciature e danni diffusi dei paramenti spondali, sollecitati oltremodo da azioni di carattere piezometrico e meccanico straordinarie a seguito della dinamica di recepimento idrico sopra descritta.

Il repentino e ripetuto incremento - decremento idrometrico, a cui è sono stati sottoposti i canali, ha dato luogo sia ad azioni meccaniche che a squilibri piezometrici che si sono ripercossi sui paramenti spondali assoggettando le sponde a sollecitazioni idrauliche e meccaniche intense e diffuse.

Si sono avuti:

- ampi cedimenti spondali,
- erosioni dei paramenti,
- sbrecciature e deposito del materiale franato in alveo,
- compromissione dell'efficienza idraulica e strutturale delle sponde di entrambi i canali, in particolare del corpo arginale intermedio.

Come detto, il tratto oggetto d'intervento è il tronco nel territorio comunale di Orio Litta in provincia di Lodi, della lunghezza di circa 1 km dove si sono riscontrati i danneggiamenti di maggiore entità che rivestono la maggiore priorità di intervento.

I problemi indotti sono di più ordini: la precarietà statica delle strutture d'alveo è quella più evidente, stante la compromissione della sicurezza strutturale dei corpi arginali e spondali, in considerazione anche della vicinanza della strada comunale per la frazione corte S.Andrea. Altresì emerge l'inefficienza idraulica e funzionale

di esercizio e di regolazione con commistione delle portate vettorate, che rende impossibile l'esercizio irriguo.

In sostanza si tratta dell'impossibilità di poter esercire in sicurezza due importanti vettori irrigui del comprensorio nel territorio basso Lodigiano.

Nel seguito vengono descritte le opere e le soluzioni tecniche adottate per il ripristino della piena funzionalità statica, idraulica e funzionale dei canali Morgana-Venere e Marchesina.

4 LE OPERE DI RIPRISTINO

Le opere di ripristino, individuate per tipologia e modalità di affidamento sono nel seguito descritte.

Opere in appalto:

Vengono affidate in appalto la sistemazione delle frane mediante ripresa dei paramenti spondali scoscesi o franati, con parziale recupero del materiale franato in alveo, ricostruzione dei rilevati spondali in sagome e dimensioni con idoneo materiale terroso - argilloso e formazione di difese in pietrame calcareo di tipo "rezzato" posato a secco (in pezzatura media). La ricostituzione delle strutture spondali e dei corpi arginali, oltre a restituire, al minimo, l'originaria sezione idraulica di deflusso, consentirà il ripristino e la messa in sicurezza delle adiacenti superfici di campagna. Tale lavorazione comporta l'azzeramento delle portate nei due canali, ottenibile mediante la formazione di specifiche opere provvisionali quali sbarramenti idraulici provvisori per la deviazione delle acque, piste temporanee di cantiere in materiale inerte per la movimentazione e l'approvvigionamento dei materiali, oltre a tutte le opere di carattere generale necessarie all'esecuzione degli interventi principali.

Nel dettaglio le opere da eseguirsi in appalto sono descritte e specificate nell'elenco seguente (Riferimento tavola n°5):

Opere provvisionali e di carattere generale:

Esecuzione di tutte le opere di carattere provvisorio, preparatorio e logistico per consentire un ottimale svolgimento di tutti i lavori, deviazione di tutte le acque opere di aggotamento, tubazioni provvisorie, ture in terra, recupero fauna ittica (legge Regionale 31/08), sbarramenti e segnaletica stradale preparazione del

cantiere e ogni altra prestazione o lavoro provvisorio necessario, compresa la rimozione delle stesse e i pristini stati.

Tratto A - B: Ricostruzione in sagome, dimensioni e geometria dell'argine centrale tra i due alvei, messa in sicurezza idraulica con formazione di difese idrauliche, previa ripresa del materiale franato in alveo e sistemazione dello stesso, regolarizzazione e sistemazione sagoma di sponda compresa eventuale imbottitura del profilo spondale con materiale recuperato in sito. Fornitura e posa di pietrame tipo "rezzato" in media pezzatura (0,20 - 0,60 mc/blocco) da collocarsi a secco, con spessore 50 cm, il tutto secondo sagome e dimensioni riportate nelle tavole n° 6 e 7 compreso lo scavo per la realizzazione delle nicchie di posa. Il paramento arginale lato Marchesina prevede la fornitura e la stesura di geocomposito a filo continuo spunbonded del peso non inferiore a 400 gr/mq prima della posa del pietrame. Compresi movimentazione pietrame, scavo del cassonetto di posa e reinterro.

Lunghezza complessiva intervento 480,00 m.

Tratto C-E: Ricostruzione in sagome, dimensioni e geometria dell'argine centrale tra i due alvei, messa in sicurezza idraulica con formazione di difese idrauliche, previa ripresa del materiale franato in alveo e sistemazione dello stesso, regolarizzazione e sistemazione sagoma di sponda compresa eventuale imbottitura del profilo spondale con materiale recuperato in sito. Fornitura e posa di pietrame tipo "rezzato" in media pezzatura (0,20 - 0,60 mc/blocco) da collocarsi a secco, con spessore 50 cm, il tutto secondo sagome e dimensioni riportate nelle tavole n° 6 e 7 compreso lo scavo per la realizzazione delle nicchie di posa. Il paramento arginale lato Marchesina prevede la fornitura e la stesura di geocomposito a filo continuo spunbonded del peso non inferiore a 400 gr/mq prima della posa del pietrame. Compresi movimentazione pietrame, scavo del cassonetto di posa e reinterro.

Lunghezza complessiva intervento 500,00 m

Opere in economia per amministrazione diretta:

Si prevedono di eseguire in economia mediante amministrazione diretta, con maestranze proprie, acquisto diretto di materiali e nolo a caldo di mezzi operativi, alcune opere propedeutiche all'esecuzione degli interventi principali quali l'eliminazione della vegetazione dai paramenti di sponda del canale e dall'argine centrale.

Sono altresì previste in amministrazione diretta eventuali difese spondali in pietraie necessarie per il ripristino di piccole frane celate dalla vegetazione, non rientranti nelle lavorazioni previste in appalto, nonché una parte delle opere provvisorie da eseguirsi per il conseguimento delle condizioni ottimali di lavoro (delle lavorazioni principali) quali ture in terra, deviazione delle acque insistenti sul canale oggetto dei lavori, piste di cantiere ecc.

Tale scelta si ritiene opportuna, come meglio specificato nel seguito, per ragioni di carattere tecnico - logistico in quanto pur trattandosi di opere di modesta entità, comportano una esecuzione in stretta coerenza con la gestione idraulica dei due canali in oggetto.

In conseguenza delle variabili condizioni meteorologiche potrebbe cambiare la configurazione delle opere provvisorie originariamente previste, ovvero potrebbe rendersi necessario eseguire gli interventi in una breve "finestra" temporale meteorologicamente utile rispetto ad un periodo di disponibilità iniziale più ampio.

Ciò determina condizioni che difficilmente possono essere codificate ed organizzate per essere organicamente inserite nel corpo lavori di cui alle opere principali, mentre l'esecuzione diretta da parte del Consorzio consente di disporre della necessaria flessibilità esecutiva ed organizzativa, espletata con le maestranze consortili e di predisporre, in modo efficace ed economico, noli a caldo ed acquisti diretti di materiali così come previsto per la realizzazione di opere in economia in amministrazione diretta di cui all'art. 36 del D.Lgs 50/2016.

Si tratta pertanto di opere per le quali è necessaria una specifica, diretta conoscenza dei luoghi ed una organizzazione delle lavorazioni che possa adattarsi alle diverse condizioni operative locali e soprattutto alla regolazione idraulica del nodo stesso. Discende pertanto una difficoltosa definizione tecnico - economica delle opere che risultano difficilmente organizzabili ed inquadrabili in una organica pianificazione operativa, che risulta invece necessaria per lavorazioni da affidarsi in appalto.

Nel dettaglio le opere da eseguirsi in economia per amministrazione diretta sono le seguenti:

- 1) Opere propedeutiche agli interventi principali consistenti nel decespugliamento dei paramenti del canale comprese le lavorazioni di sistemazione delle aree di cantiere.
- 2) Esecuzione di parte delle opere provvisorie necessarie a ottenere le ottimali condizioni di lavoro per tutte le opere in esecuzione quali: ture in terra, deviazione acque, aggettamenti ecc.

- 3) Esecuzione di difese spondali in pietrame mediante fornitura e posa in opera di blocchi calcarei tipo “rezzato”, previa sistemazione delle frane spondali causate dagli eventi alluvionali in oggetto e predisposizione delle sagome di posa, compresa la riprofilatura dei piani campagna ad essi limitrofi

Si prevedono di eseguire altresì in economia le sistemazioni minori, complementari ai lavori principali, in tratti del canale particolarmente inaccessibili, nonché gli interventi per eventuali situazioni di criticità che, a causa della elevata difficoltà di accesso e di ispezionabilità in essere del corso d'acqua, si evidenziassero solo in corso d'opera a seguito delle operazioni di decespugliamento e di messa in asciutta.

Tutte le opere sopra descritte concorrono al perseguimento dell'obiettivo prioritario del ripristino funzionale statico - idraulico del tratto centro - meridionale dei canali Morgana-Venere e Marchesina, con interventi tipologicamente distinti ma organicamente costituenti una unica opera di ricostituzione della sicurezza idraulica e funzionale di esercizio, compromessa dagli eventi idrometeorologici avversi del novembre 2014.

VERIFICHE IDRAULICHE

Come già descritto sopra e nella relazione tecnica generale, la portata nominale di esercizio dei canali oggetto degli interventi è la seguente:

- Morgana-Venere: 0,275 mc/s
- Marchesina: 0,700 mc/s

Le verifiche idrauliche, in coerenza alla soluzione prospettata in sede di relazione tecnica, riguardano le sezioni di progetto relative alla formazione di difese idrauliche in pietrame da costituirsi in blocchi calcarei posati a secco.

Per tutte le tipologie di sezioni, le verifiche idrauliche sono state effettuate con la formula di Chezy con coefficiente di scabrezza di Manning

$$Q = V \cdot A = A \cdot C \cdot (R \cdot J)^{0,5}$$

dove

Q = portata di esercizio del canale misurata in l/s

A = area liquida della sezione misurata in m^2

V = velocità media della corrente misurata in m/s

J = cadente piezometrica della corrente nel sifone

C = coefficiente di attrito (espresso in m^2/s) calcolato con le seguenti relazioni di Kutter e

di Manning:

$$C(h) = (100 \times R^{0.5}) / (m + R^{0.5})$$

$$C(h) = (1/n)R(h)^{1/6}$$

Essendo:

R = raggio idraulico medio della sezione (rapporto tra area liquida e contorno bagnato) espresso in m

m = coefficiente di scabrezza della scala di Kutter (espresso in $m^{1/2}$) assunto pari a 0.35 (alvei in c.c.a.)

h = altezza idrica nel canale

n = coefficiente di scabrezza di Manning = $0,0300 m^{-1/3}$ s determinato secondo la seguente relazione:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

dove, in funzione delle condizioni dell'alveo, i valori n_i ed m che compongono il valore di n , assumono i valori riportati nella tabella seguente

Materiale costituente l'alveo	Terra	n_0	0.020
	Roccia		0.025
	Alluvione grossolana		0.028
	Alluvione fine		0.024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n_1	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale	Graduale	n_2	0.000
	Variazione occasionalmente		0.005
	Variazione frequente		0.010-0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n_3	0.000
	Modesto		0.010-0.015
	Apprezzabile		0.020-0.030

	Elevato		0.040-0.060
Effetto della vegetazione	Basso	n₄	0.005-0.010
	Medio		0.010-0.025
	Alto		0.025-0.050
	Molto alto		0.050-0.100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m₅	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

Si è ottenuto nel caso in esame:

$$n = (0,020 + 0,0030 + 0,000 + 0,00 + 0,0050) 1,00 = 0,0280$$

Le verifiche delle perdite di carico dei sifoni e le relative compatibilità delle sezioni sottopassanti, sono state eseguite con la seguente relazione:

$$Y = L \cdot J + \frac{V^2}{2 \cdot g} + 0,5 \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = L \cdot \frac{Q^2}{A^2 \cdot C^2 \cdot R} + 1,5 \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot A^2 \cdot g}$$

Dove:

Y = perdita di carico complessiva nel sifone misurata in m

L = lunghezza della canna del sifone misurata in m

J = cadente piezometrica della corrente nel sifone; adimensionale

V = velocità media della corrente misurata in m/s

g = accelerazione di gravità misurata in m/s²

Q = portata di esercizio del canale misurata in l/s

A = area liquida della sezione misurata in m²

C = coefficiente di attrito (espresso in m²/s)

R = raggio idraulico medio della sezione (rapporto tra area liquida e contorno bagnato)

Per la verifica delle sezioni sono stati assunti a base dei calcoli i valori massimi nominali delle portate irrigue estive, opportunamente maggiorate per tenere conto della possibilità che si possano verificare condizioni che determinano maggiori afflussi al canale: le origini di detti flussi sono di regolazione irrigua e pluviale. Dette eventualità possono verificarsi per errate manovre o interruzione di distribuzione della portata delle derivazioni di monte per cause improvvise, ovvero per la funzione di drenaggio misto pluviale che il canale svolge lungo il suo percorso.

Nella tabelle che seguono sono riportati i risultati delle verifiche eseguite per le sezioni idrauliche minime di progetto: trapezia ad alveo naturale.

CANALE Marchesina

verifica capacità di portata

Base	B	4,00	[m]
Tirante	H	1,400	[m]
Piede	o	1	[m]
Sponda	v	1	[m]
Pendenza motrice	l	0,0002000	[m/m]

Scab. Manning	c	0,0280	[m ^{-1/3} s]
	C	35,409	
Scab. Kutter	m	1,5	[m ^{1/2}]
	C	39,383	

Area	A	7,56	[m ²]
Cont. bagnato	C _b	7,95980	[m]
Raggio idraulico	R	0,94977	[m]
Portata	Q _{manning}	3,69	[mc/s]
	Q _{kutter}	4,10	[mc/s]
Velocità	V _{manning}	0,49	[m/s]
	V _{kutter}	0,54	[m/s]

CANALE Morgana - Venere

verifica capacità di portata

Base	B	3,80	[m]
Tirante	H	0,800	[m]
Piede	o	1	[m]
Sponda	v	1	[m]
Pendenza motrice	l	0,0002000	[m/m]

Scab. Manning	c	0,0280	[m ^{-1/3} s]
	C	32,863	
Scab. Kutter	m	1,5	[m ^{1/2}]
	C	34,184	

Area	A	3,68	[m ²]
Cont. bagnato	C _b	6,06274	[m]
Raggio idraulico	R	0,60699	[m]
Portata	Q _{manning}	1,33	[mc/s]
	Q _{kutter}	1,39	[mc/s]
Velocità	V _{manning}	0,36	[m/s]
	V _{kutter}	0,38	[m/s]