



CONSORZIO BONIFICA MUZZA BASSA LODIGIANA

Lodi: Via Nino dall'Oro n° 4 – tel. 0371/420189 – fax: 0371/50393 – e-mail: cmuzza@muzza.it

Commissario Delegato per l'attuazione dei primi interventi urgenti di protezione civile conseguenti alle eccezionali avversità atmosferiche che hanno colpito il territorio della regione Lombardia nei giorni dal 11 al 22 novembre 2014 (OCDPC 03/03/2015 n. 226)
Intervento 34 E – allegato E – Scheda RASDA 19178

**RIPRISTINO DELLA FUNZIONALITA' E DELLA SICUREZZA
DEL CANALE GENERALE DI BONIFICA ANCONA MEDIANTE
RICOSTRUZIONE DELLA SICUREZZA STATICA DELLE RIVE E
DELLE ALZAIE E LA DIFESA DAI FENOMENI DI EROSIONE E
SCALZAMENTO AL PIEDE CON LA RICOSTRUZIONE DEL
CORRETTO PROFILO DI SPONDA E POSA DI PIETRAMME
TIPO REZZATO**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IDROLOGICA IDRAULICA

Edizione
Luglio 2016

Il Presidente
Ettore Grecchi

Il Responsabile del Procedimento
Dott. Ing. Marco Chiesa

I Progettisti
Dott. Ing. Marco Chiesa – Dott. Ing. Andrea Mazzi

1 GENERALITA'

Il presente progetto esecutivo "*Intervento 34E (scheda Rasda 19178) - "Ripristino della funzionalità e della sicurezza del Canale Generale di Bonifica Ancona mediante la ricostruzione della sicurezza statica delle rive e delle alzaie e la difesa dai fenomeni di erosione e scalzamento al piede con la ricostruzione del corretto profilo di sponda e la posa in opera di pietrame di tipo rezzato"* - **Importo contributo di € 1.200.000,00 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 del canale di bonifica Ancona in seguito ai danni provocati dagli eventi meteorologici critici del novembre 2014. Gli interventi sono interamente ricadenti in provincia di Lodi.

Il canale in oggetto costituisce il primo tronco del collettore primario di bonifica, che assumendo in sequenza i seguenti nomi Ancona, Mortizza, Allacciante e Gandiolo, con andamento Ovest - Est riveste la primaria funzionalità di recepire, vettoriare e smaltire le portate di origine pluviale urbana ed irrigua drenate nella quasi totalità del territorio della Bassa Lodigiana, nell'ambito della rete di bonifica consortile.

Gli interventi ricadono interamente nei territori comunali di Orio Litta e di Senna Lodigiana in provincia di Lodi. Nel seguito essi vengono descritti sulla base delle loro caratteristiche funzionali e territoriali unitamente al territorio nel quale si sviluppa il canale oggetto degli interventi qui previsti.

1.1 Il territorio "basso"

A Sud del gradone naturale, lungo la grande depressione geologica che si estende fino al fiume Po, è ubicata la parte bassa del territorio comprensoriale del Consorzio di Bonifica Muzza Bassa Lodigiana, in tempi remoti, sede naturale e perenne di acquitrini ravvivati dalle frequenti alluvioni. La giacitura dei terreni, più bassa rispetto all'altopiano di circa 10,00 m., varia mediamente da quota 39,00 a quota 45,00 s.l.m..

La superficie è di circa 10.500 ettari che rappresentano la parte più meridionale, altimetricamente più depressa della provincia di Lodi, geologicamente ben definita dai seguenti confini:

- **a Nord**, con la parte "alta" del territorio lungo la dorsale della depressione, che in senso trasversale unisce il Comune di Orio Litta (estremo ovest), con quello di Castelnuovo Bocca d'Adda (estremo est);

- **a Sud** con il fiume Po, da foce Lambro a foce Adda lungo la linea di demarcazione tra la Regione Lombardia e la Regione Emilia Romagna;
- **a Ovest** con il fiume Lambro lungo il confine tra le provincie di Milano e Pavia;
- **a Est** con il fiume Adda lungo la demarcazione tra le provincie di Milano e quella di Cremona.

A partire dalla fine degli anni '20 vennero eseguite importanti opere idrauliche di risanamento della zona, tecnicamente e qualitativamente tra le più significative mai realizzate in Lombardia e in Italia.

Fu adottato il criterio, allora innovativo, di mantenere separate le acque "alte" da quelle "basse", dividendo il territorio in sei bacini idrografici distinti di cui uno a gravità (drenato dal colatore Ancona, oggetto del presente progetto) e altri cinque dotati ognuno di un impianto idrovoro mediante il quale, durante le piene dei fiumi limitrofi, o per un eccessivo afflusso di colature dal territorio "alto", è possibile mantenere nella rete dei canali Consorziali, una quota massima di esercizio che possa consentire un regolare drenaggio di tutto il territorio sotteso.

1.2 IL Colatore Ancona: caratteristiche e funzionalità

Il collettore primario di bonifica è un canale smaltitore ubicato, come ormai noto, nella parte meridionale del territorio consortile dove si sviluppa, in senso Ovest-Est, dal comune di Orio Litta, in adiacenza al tratto terminale del fiume Lambro, al fiume Po, dove sfocia all'estremità Sud-Est del comprensorio nel territorio comunale di Castelnuovo bocca d'Adda, di fronte ad isola Serafini. Le denominazioni assunte dal canale nel suo sviluppo sono diverse a seconda del tratto considerato:

- dall'inizio (progr.0,000 km) sino all'intersezione con la S.S.9 "Emilia" (progr.14,150 km): **Canale Ancona** (oggetto degli interventi);
- dalla S.S.9 "Emilia" (progr. 14,150 km) al manufatto "Chiavicone" (progr. 19,750 km): Canale Mortizza;
- dal manufatto "Chiavicone" (progr. 19,750 km) al Comune di Corno Giovine (progr. 23,550 km): Allacciante Mortizza - Gandiolo;
- dal Comune di Corno Giovine (progr. 23,550 km) allo sfocio in Po (progr. 36,050): Canale Gandiolo;

Lungo i 36 km circa del suo corso il collettore svolge la primaria funzione di recepire, vettoriare e smaltire le acque raccolte dalla complessa rete di canali di bonifica che si estende per tutto il territorio. La sezione di forma trapezoidale, presenta superfici crescenti procedendo da monte verso lo sfocio, passando da portate nominali iniziali di qualche metro cubo al secondo sino agli oltre 50 m³/s del tratto terminale. Il colatore Ancona, oggetto degli interventi previsti nel presente progetto, come visto, è la parte iniziale del collettore generale di bonifica. Il territorio sotteso è molto vasto, in particolare quello indiretto che raccoglie le acque di estese superfici poste sull'altopiano ovvero la parte morfologicamente più elevata del territorio lodigiano, posta a nord. L'esercizio di raccolta delle acque, che avviene interamente per gravità, può essere distinta nelle seguenti funzioni fondamentali: di bonifica, idraulica ed irrigua. Le prime due in particolare sono funzioni indispensabili per la sicurezza del territorio dei comuni di Orio Litta, Ospedaletto Lodigiano, Senna, Somaglia, Fombio e Guardamiglio.

In condizioni meteorologiche critiche infatti, ovvero in occasione di estesi eventi pluviometrici (generalmente afferenti a zone oltre il territorio consortile), concomitanti con fenomeni di piena prolungati dei tre fiumi che racchiudono la parte meridionale del comprensorio (Lambro, Adda e Po), il territorio "basso" risulterebbe sommerso per la contestuale azione delle acque pluviali, delle falde acquifere e delle acque di filtrazione capillare dei fiumi citati. Queste infatti non solo sarebbero governate piezometricamente dagli elevati livelli idrici nei tre corsi d'acqua citati (la pensilità del Po in piena fa sì che le quote idriche superino di alcuni metri, fino a 10,70, le quote del piano di campagna di buona parte del territorio basso), ma troverebbero anche una direzione preferenziale di risalita dovuta alla saturazione degli strati superficiali del terreno in seguito all'infiltrazione delle acque meteoriche che non trovano libero sfogo in profondità. Questa è la condizione di riferimento idrologico occorsa in occasione degli eventi pluviali critici del novembre 2014 come verrà più estesamente descritto nel seguito.

In condizioni normali infatti il deflusso sotterraneo avverrebbe in senso inverso, cioè dagli acquiferi verso i rispettivi recapiti fluviali (effetto drenante del fiume). Quanto descritto sarebbe la situazione senza alcuno smaltimento idrico che è invece garantito dalla rete di bonifica. I canali di smaltimento che la costituiscono sono stati infatti realizzati con lo scopo di drenare le acque di falda e tutte quelle eccedenti, prima che queste possano arrivare all'affioramento, convogliandole

quindi al colatore Ancona che provvede al loro allontanamento e smaltimento. Viene così garantita una sufficiente soggiacenza per la lavorabilità dei suoli agrari e la funzionalità delle superfici urbane ed infrastrutturali.

Elemento aggravante della tendenza alluvionale del territorio sotteso del colatore Ancona è che esso costituisce la confluenza naturale di tutto il sistema idraulico, sia sotterraneo che superficiale, della parte centro-nord del comprensorio rispetto al quale risulta mediamente depresso di una decina di metri (costituenti il paleo alveo del fiume Po).

2 LA SITUAZIONE IDROLOGICA GENERALE: GLI EVENTI IDROMETEOROLOGICI AVVERSI ALL'ORIGINE DEI DANNI ALLA RETE CONSORTILE

Durante il 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 del volume 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, alle quali è stato assoggettato diffusamente il colatore Ancona.

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 il collettore principale di bonifica Ancona, che ha 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, ancorché 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 ritentive 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 il collettore primario di bonifica Ancona è risultato tra i più colpiti.**

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 alla 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.

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 andate soggette 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, la cui condizione di piena prolungata è una delle cause dirette dei danni indotti alla rete di bonifica consortile ed in particolare al collettore primario di bonifica Ancona, 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 conseguenza della dinamica sopra esposta, 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 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 Iodigiana dove si sviluppa il canale Ancona. Quest'ultimo risente direttamente delle condizioni piezometriche indotte dal fiume Po, avendone diretta conseguenza sul proprio stato idraulico attraverso l'influenza dei campi di filtrazione e dei flussi idrici generati e governati dal regime idrico del fiume stesso. Si sono così create condizioni particolarmente critiche dal punto di vista idrogeologico e geotecnico che hanno dato luogo ai diffusi danni alle strutture d'alveo del colatore Ancona che sono oggetto dei lavori di ripristino e messa in sicurezza di cui al presente progetto e che sono oggetto del prossimo paragrafo.

3 I DANNI PROVOCATI AL CANALE ANCONA

Per l'Ancona, stante la completa imbibizione dei suoli, di sponde e strade alzaie, unitamente a deflussi in canale che hanno superato i franchi di sicurezza, si sono riscontrati diffusi cedimenti spondali ed erosioni che hanno interessato in parte anche le limitrofe strade alzaie. Oltre al danno strutturale proprio ed alla situazione di precarietà statica venutasi a creare, la parte di terreno franato ha interessato l'alveo del colatore, inficiandone la capacità di deflusso e smaltimento. Ciò è chiaramente del tutto incompatibile con la funzionalità plurima, come sopra descritto, dello stesso, imponendosi quindi la necessità di indifferibili lavori di ripristino e rimessa in sicurezza.

I danni indotti dagli eventi esposti al canale Ancona nei territori comunali di Orio Litta e Senna Lodigiana in provincia di Lodi, hanno interessato le strutture d'alveo in diversi tratti di canale in maniera sia puntuale che diffusa.

Le sollecitazioni piezometriche conseguenti alla critiche dinamiche idrologica e idraulica descritte, indotte ai paramenti spondali da condizioni idrogeologiche estremamente critiche, hanno avuto quindi come conseguenza la perdita delle proprietà meccaniche dei materiali componenti i paramenti di sponda e i rilevati spondali, causandone il collasso in diversi punti con perdita della capacità coesiva e delle prestazioni geotecniche.

Le conseguenze causate all'Ancona dagli eventi calamitosi in oggetto sono riassumibili secondo i seguenti punti:

- . diffusi cedimenti spondali e arginali lungo diversi tratti del percorso del canale, con parziale occlusione dell'alveo dello stesso a causa dello scoscendimento del materiale franato;
- . riduzioni dei piani viabili delle strade alzaie, in alcuni casi con impraticabilità delle stesse, in particolare nei tratti limitrofi ai movimenti franosi.
- Cedimenti di alcuni manufatti di scarico, erosioni e sbrecciature in corrispondenza dei manufatti di intersezione (ponti) con la viabilità locale, poderale, urbana ed extraurbana.
- Accumuli diffusi di materiale franato distribuiti in tratti consistenti del colatore, con modifica della livelletta di deflusso dello stesso.

I problemi indotti sono di più ordini: la precarietà statica delle strutture d'alveo è quella più evidente, stante la compromissione della sicurezza strutturale delle strutture di sponda, anche in considerazione della vicinanza di arterie viabilistiche,

insediamenti urbani e produttivi e, non ultimo, l'argine maestro del fiume Po al quale l'Ancona resta limitrofanamente sub parallelo per un lungo tratto del suo percorso.

Altresì emerge allo stato attuale l'inefficienza idraulica generale e di regolazione, conseguente a condizioni d'alveo e degli organi meccanici di manovra che non consentono l'esercizio del canale con la necessaria sicurezza funzionale volta a garantire il regolare deflusso di ingenti volumi idrici misti irrigui-pluviali sottendenti sia migliaia di ettari di pregiati terreni coltivati, sia estese aree produttive e urbane. Non ultima si denota la diminuzione della sicurezza idraulica di alcuni centri abitati dislocati lungo il suo percorso in conseguenza dei danni indotti alle strutture d'alveo del canale.

In sostanza si tratta dell'impossibilità di poter esercire in sicurezza un'importante recettore idraulico del comprensorio nel territorio Lodigiano centro-meridionale.

Nel seguito vengono descritte le opere e le soluzioni tecniche adottate per il ripristino della piena funzionalità statica, idraulica e funzionale del canale Ancona nei comuni di Orio Litta e Senna Lodigiana in provincia di Lodi.

4 LE OPERE DI RIPRISTINO - SINTESI

Come detto, la gran parte dei danni si sono riscontrati alle strutture d'alveo, quali sponde, paramenti arginali, soggetti a frane, smottamenti ed erosioni per le quali si prevede la rimessa in esercizio mediante il ripristino e la ricostruzione dei rilevati spondali e arginali secondo la geometria originaria dell'alveo. Per i manufatti di scarico e di intersezione con la viabilità locale si prevede il ripristino e la messa in sicurezza delle parti ammalorate in alveo al fine del recupero della loro funzionalità statica e idraulica.

La ripresa delle frane e le sistemazioni spondali per la colmata delle erosioni e dei cedimenti eseguita con mezzi meccanici sono lavorazioni tipiche e ben note nelle modalità esecutive ed organizzative. Le difese idrauliche vengono realizzate mediante l'utilizzo di pietrame posato a secco previa la propedeutica rimozione della vegetazione insistente sui luoghi di esecuzione dei lavori e la sistemazione e regolarizzazione delle aree di intervento. Per la accentuata funzionalità di drenaggio delle acque di filtrazione sotterranee esercitata dal canale Ancona, si rende opportuna la predisposizione di uno strato di tessuto non tessuto al fine di

interdire l'asportazione della frazione fine del materiale inerte costituente i paramenti di sponde e fondo del canale esercitata dalla corrente di filtrazione. Preliminarmente si dovrà provvedere alla rimozione dei diffusi depositi di materiale franato in alveo o trasportato dalla corrente, al fine di riottenere la piena officiosità idraulica delle sezioni originarie.

5 VERIFICHE IDRAULICHE

Come già descritto sopra e nella relazione tecnica generale, il collettore generale di bonifica di cui il canale Ancona costituisce il primo tronco, è un corso d'acqua a sezione variabile, che dall'incile allo sfocio assume via via dimensioni sempre maggiori in coerenza idraulica alle crescenti portate di origine mista pluviale che ad esso pervengono. Nel seguito vengono riportate le verifiche idrauliche di alcune sezioni più significative presenti nel tratto nei comuni di Orio Litta e Senna Lodigiana oggetto di intervento.

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 m²

V = velocità media della corrente misurata in m/s

J = cadente piezometrica della corrente nel sifone

C = coefficiente di attrito (espresso in m²/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	n₀	0.020
	Roccia		0.025
	Alluvione grossolana		0.028
	Alluvione fine		0.024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n₁	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della	Graduale	n₂	0.000
	Variazione		0.005
	Variazione frequente		0.010-0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n₃	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 attese in occasione di eventi pluviali intensi che possono portare il canale in condizioni di raggiungimento di livelli idrici al limite dei franchi di sicurezza.

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

Canale colatore Ancona SEZ. NATURALE TRAPEZIA - n.2

Base	B	4,00	[m]
Tirante	H	2,500	[m]
Piede	o	2,5	[m]
Sponda	v	2	[m]
Pendenza motrice	l	0,0002500	[m/m]
Scab. Strickler	c	42	[m ^{1/3} s]
	C	44,85557	
Scab. Kutter	m	1,5	[m ^{1/2}]
	C	44,815	

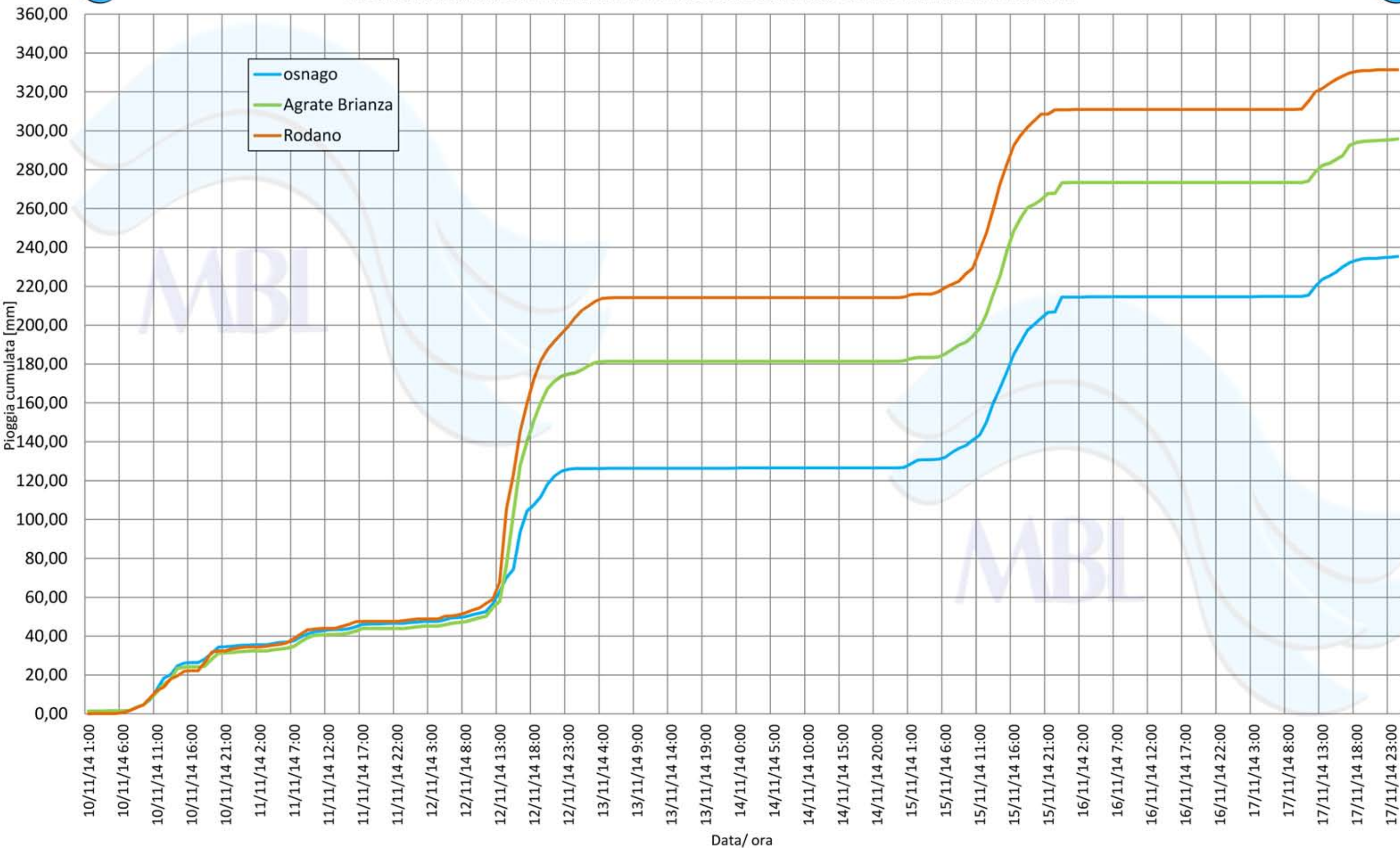
Area	A	17,81	[m ²]
Cont. bagnato	C _b	12,00391	[m]
Raggio idraulico	R	1,48389	[m]
Portata	Q _{strickler}	15,39	[mc/s]
	Q _{kutter}	15,38	[mc/s]
Velocità	V _{strickler}	0,86	[m/s]
	V _{kutter}	0,86	[m/s]

Canale colatore Ancona
SEZ. NATURALE TRAPEZIA - n.5

Base	B	6,00	[m]
Tirante	H	2,500	[m]
Piede	o	3,5	[m]
Sponda	v	2	[m]
Pendenza motrice	I	0,0002500	[m/m]
Scab. Strickler	c	42	[m ^{1/3} s]
	C	45,48478	
Scab. Kutter	m	1,5	[m ^{1/2}]
	C	45,851	
Area	A	25,94	[m ²]
Cont. bagnato	C _b	16,07782	[m]
Raggio idraulico	R	1,61325	[m]
Portata	Q _{strickler}	23,69	[mc/s]
	Q _{kutter}	23,88	[mc/s]
Velocità	V _{strickler}	0,91	[m/s]
	V _{kutter}	0,92	[m/s]

Lodi, Luglio 2016

PLUVIOMETRIA REGISTRATA NEL BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE MOLGORA

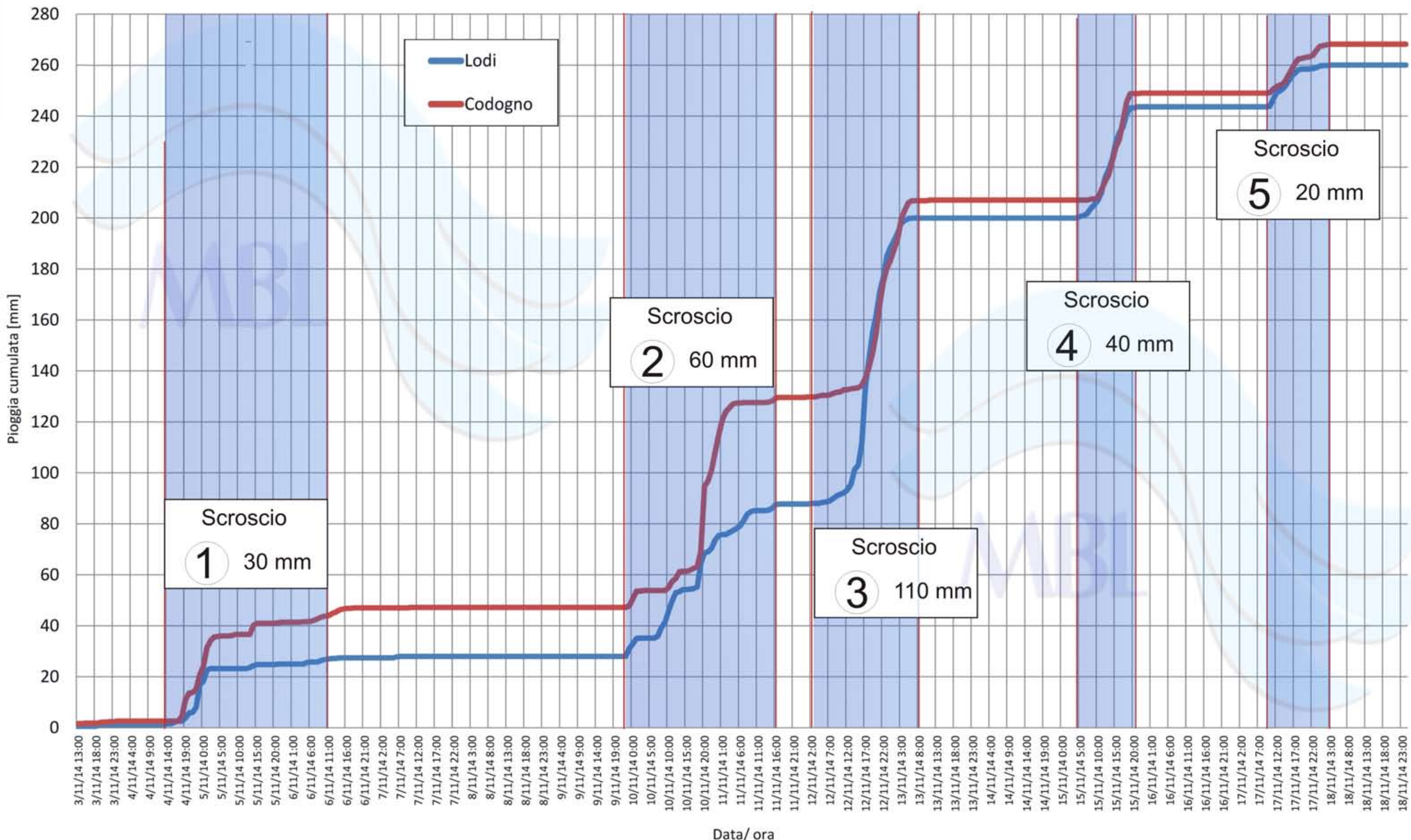




EVENTI PLUVIALI ED ALLUVIONALI STRAORDINARI DAL 03/11/2014 AL 18/11/2014 NEL COMPRESORIO DEL CONSORZIO BONIFICA MUZZA BASSA LODIGIANA NELLE PROVINCE DI LODI E MILANO.

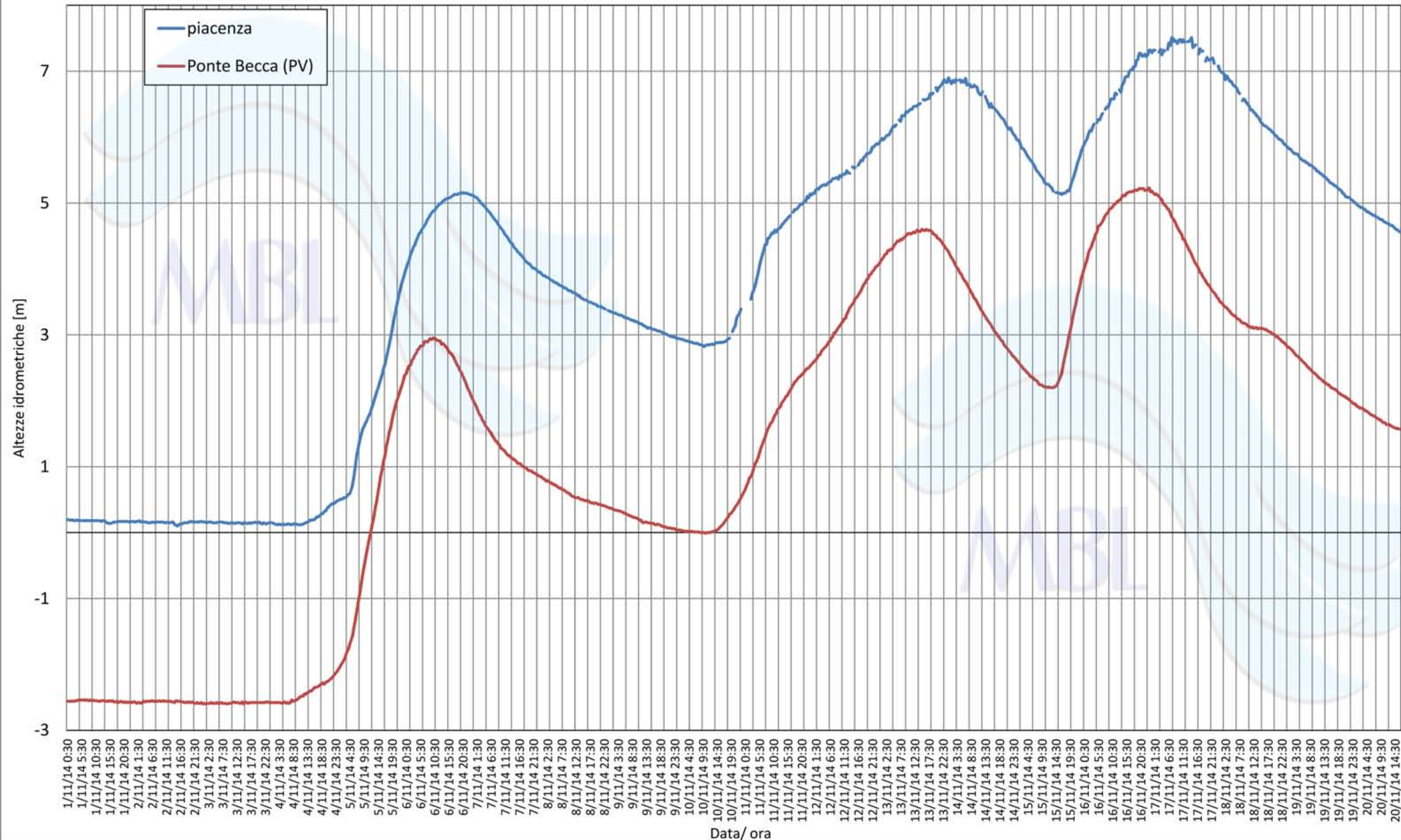


ACCERTAMENTO E SEGNALAZIONE DANNI.
PLUVIOMETRIA REGISTRATA A LODI E CODOGNO





EVENTI PLUVIALI ED ALLUVIONALI STRAORDINARI DAL 03/11/2014 AL 18/11/2014 NEL COMPRESORIO DEL CONSORZIO BONIFICA MUZZA BASSA LODIGIANA NELLE PROVINCE DI LODI E MILANO.
ACCERTAMENTO E SEGNALAZIONE DANNI.
IDROMETRIA DI PIENA DEL FIUME PO

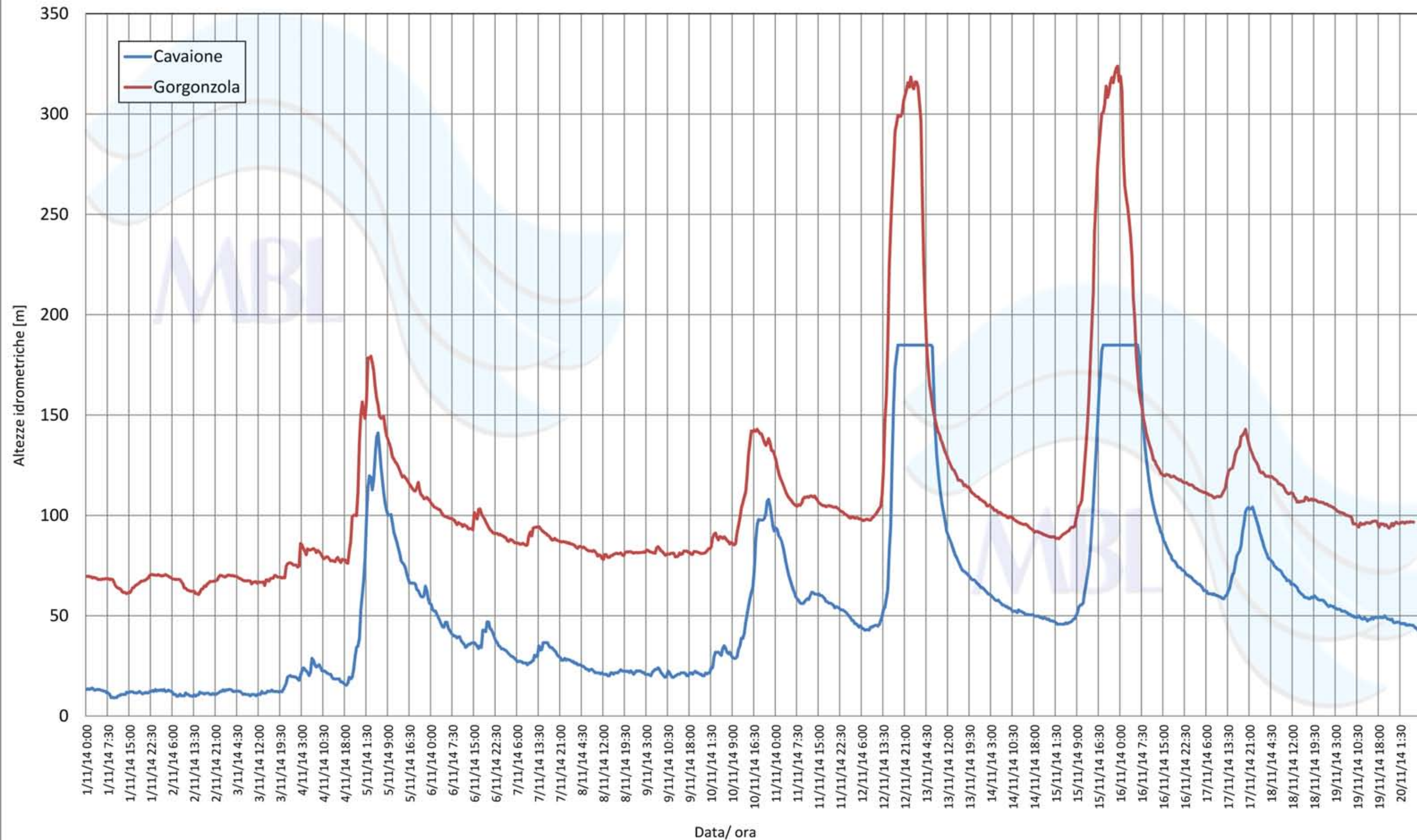




EVENTI PLUVIALI ED ALLUVIONALI STRAORDINARI DAL 03/11/2014 AL 18/11/2014 NEL COMPRESORIO DEL CONSORZIO BONIFICA MUZZA BASSA LODIGIANA NELLE PROVINCE DI LODI E MILANO.



ACCERTAMENTO E SEGNALAZIONE DANNI.
IDROMETRIA DI PIENA DEL TORRENTE MOLGORA





EVENTI PLUVIALI ED ALLUVIONALI STRAORDINARI DAL 03/11/2014 AL 18/11/2014 NEL COMPENSORIO DEL CONSORZIO BONIFICA MUZZA BASSA LODIGIANA NELLE PROVINCE DI LODI E MILANO.
ACCERTAMENTO E SEGNALAZIONE DANNI.



IDROMETRIA DI PIENA DEI FIUMI ADDA E BREMBO

