Funded by the European Union NextGenerationEU

consorzio di bonifica di piacenza

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

Strada Val Nure 3 – 29122 Piacenza

Titolo del programma:

PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 (M2C4).
Investimenti in infrastrutture idriche primarie per la sicurezza dell'approvigionamento idrico dell'investimento 4.1, Missione 2, Componente C4 del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)

Titolo intervento:

Distretto irriguo Arda: rete di invasi Caolzio-Molinazzo-Moronasco sottesi alla diga di Mignano
LOTTO 2 - INVASO MOLINAZZO

Decreto di finanziamento: **MIMS - R. 0000517 in data 16-12-2021**

Soggetto attuatore: **CONSORZIO DI BONIFICA DI PIACENZA**

Localizzazione: Comuni di **CASTELL' ARQUATO** E **ALSENO** - Prov. di **Piacenza** - Regione **Emilia Romagna**

PROGETTO ESECUTIVO

Importo complessivo:
€ 11.000.000,00
COD. LOC: **00405**
CUP: **G17B20007720005**

Attività	Soggetto	Ente/Oe
PROGETTAZIONE		
Coordinatore dellla progettazione:	Ing. D. CASTELLI	STECI s.r.l.
GRUPPO DI PROGETTAZIONE		
Progettazione:	Ing. D. CASTELLI	STECI s.r.l.
Progetto idraulico:		
Elaborati grafici:		
Stime analitiche costo di costruzione:		
Sicurezza:		
Studio agronomico:		
COLLABORAZIONE		
Rilievi topografici:		
Sistemi telecontrollo:		
Sistema di esecuzione:		
Assistenza tecnico amministrativa:		

Redatto da:

STECI
SOCIETA' DI INGEGNERIA s.r.l.
13100 VERCELLI - C.so Liberta', 162
Tel. +39 0161 215335 - Fax +39 0161 259070
email: info@stecisrl.it - pec: steci@pec.stecisrl.it

(Dott. Ing. Domenico CASTELLI)

L'impresa appaltatrice:

SOMOTER s.r.l.
Via XI Settembre, 23 - Tel. 0171 266268
12061 CARRU' (CN)
Partita IVA: 00604240042

RUP:
ARCH. PIERANGELO CARBONE

Gruppo Elaborati: **LOTTO 2**

Titolo:

Verifica degli effetti prodotti a valle dell'invaso (progetto definitivo)

ELABORATO NUM.:

R24

DATA:

GENNAIO 2024

LIV. PROG:	LOTTO:	DOC:	PROGR:	TAV:	SCALA:	REV:	CODICE ELABORATI:
PE	2	.	.	.	.	0	.

4							
3							
2							
1							
0	RECEPIMENTO REPORT DI VERIFICA N°2 DEL 26-07-2024	STECI s.r.l.	LUGLIO 2024				
Revisione:	Descrizione:	Redatto:	Data:	Verificato:	Data:	Approvato:	Data:

URBER

ANBI

NELL’AMBITO DEL PROGETTO ESECUTIVO NON SONO STATE INTRODOTTE VARIAZIONI TALI DA MODIFICARE I CONTENUTI DEL DOCUMENTO E QUINDI VIENE RIPROPOSTO ESATTAMENTE UGUALE A QUELLO DEL PROGETTO DEFINITIVO

CONSORZIO DI BONIFICA DI PIACENZA

Sede legale: 29122 Piacenza – strada Val Nure, 3 – tel. 0523 464811 – fax 0523 464800 – C.F. 91096830335
info@cbpiacenza.it – www.cbpiacenza.it
e-mail certificata: cbpiacenza@pec.it

Titolo del programma:

PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 (M2C4).
Investimenti in infrastrutture idriche primarie per la sicurezza dell'approvvigionamento idrico dell'Investimento 4.1, Missione 2, Componente C4 del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)

Titolo intervento:

Distretto irriguo Arda: rete di invasi Caolzio-Molinazzo-Moronasco sottesi alla diga di Mignano
LOTTO 2 - INVASO MOLINAZZO

Decreto di finanziamento: **MIMS – R. 0000517 in data 16-12-2021**

Soggetto attuatore: **CONSORZIO DI BONIFICA DI PIACENZA**

Localizzazione: Comuni di **CASTELL'ARQUATO** E **ALSENO** - Prov. di **Piacenza** - Regione **Emilia Romagna**

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

Importo complessivo:
€ 11.000.000,00
COD. LOC: **00405**
CUP:**G17B20007720005**

Attività	Soggetto	Ente/Oe
PROGETTAZIONE		
Coordinatore della progettazione:	D. SIVIERO	CBPC
GRUPPO DI PROGETTAZIONE		
Progettazione:	A. TERRET	CBPC
Progetto idraulico:		
Elaborati grafici:		
Stime analitiche costo costruzione:		
Sicurezza:		
Studio agronomico:		
COLLABORAZIONE		
Rilievi topografici:		
Sistemi telecontrollo:		
Sistema di esecuzione:		
Assistenza tecnico amministrativa:		

Redatto da:
ING. DEBORA SIVIERO

RUP:
ARCH. PIERANGELO CARBONE

Gruppo Elaborati: **LOTTO 2**

FILE:server/progettazione/progetti/PNRR/2021/00405

Titolo:

Verifica degli effetti prodotti a valle dell'invaso

ELABORATO NUM.:
159

DATA:
22/12/2021

LIV. PROG:	LOTTO:	DOC:	PROGR:	TAV:	SCALA:	REV:	CODICE ELABORATO:
PD	2	Z3	0	0		2	2.Z3.0.0

Revisione:	Descrizione:	Redatto:	Data:	Verificato:	Data:	Approvato:	Data:
4							
3							
2	ADEGUAMENTO P.N.R.R.	D. SIVIERO	22/12/2021	--	22/12/2021	--	22/12/2021
1	ADEGUAMENTO PRESCRIZIONI V.I.A.	A.R.T. PR	30/04/2019	--	30/04/2019	D.G. RER 717/2019	30/04/2019
0	EMISSIONE	A.R.T. PR	18/03/2019	--	--		18/03/2019

Indice

1 Premessa....2
2 Dati di input....3
3 Valutazione quantitativa delle conseguenze sulla rete scolante e sul territorio potenzialmente interessato dallo sfioro/scarico in condizioni di emergenza....5
4 Analisi di dam break o di collasso dell'invaso....9
4.1 Risultati delle simulazioni....14
5 Intervento a protezione del paese di Lusurasco....16
6 Procedimento autorizzativo univo di VIA – sintesi delle prescrizioni recepite....18

ALLEGATO 1 – RISULTATI SIMULAZIONI IDRODINAMICHE

1 Premessa

Scopo del presente rapporto è lo studio idraulico finalizzato alla valutazione quantitativa delle conseguenze sulla rete scolante e sul territorio potenzialmente interessato dallo sfioro/scarico in condizioni di emergenza e del collasso dei rilevati arginali dell'invaso in progetto in località Molinazzo di Lusurasco in comune di Alseno (PC).

L'areale che beneficerà dell'invaso in progetto per finalità irrigue è localizzato all'intero del distretto irriguo consortile della Val d'Arda. Tale territorio ha come baricentro l'area urbana di Fiorenzuola. A sud i distretti partono dal limite della collina e seguono la destra e la sinistra Arda.

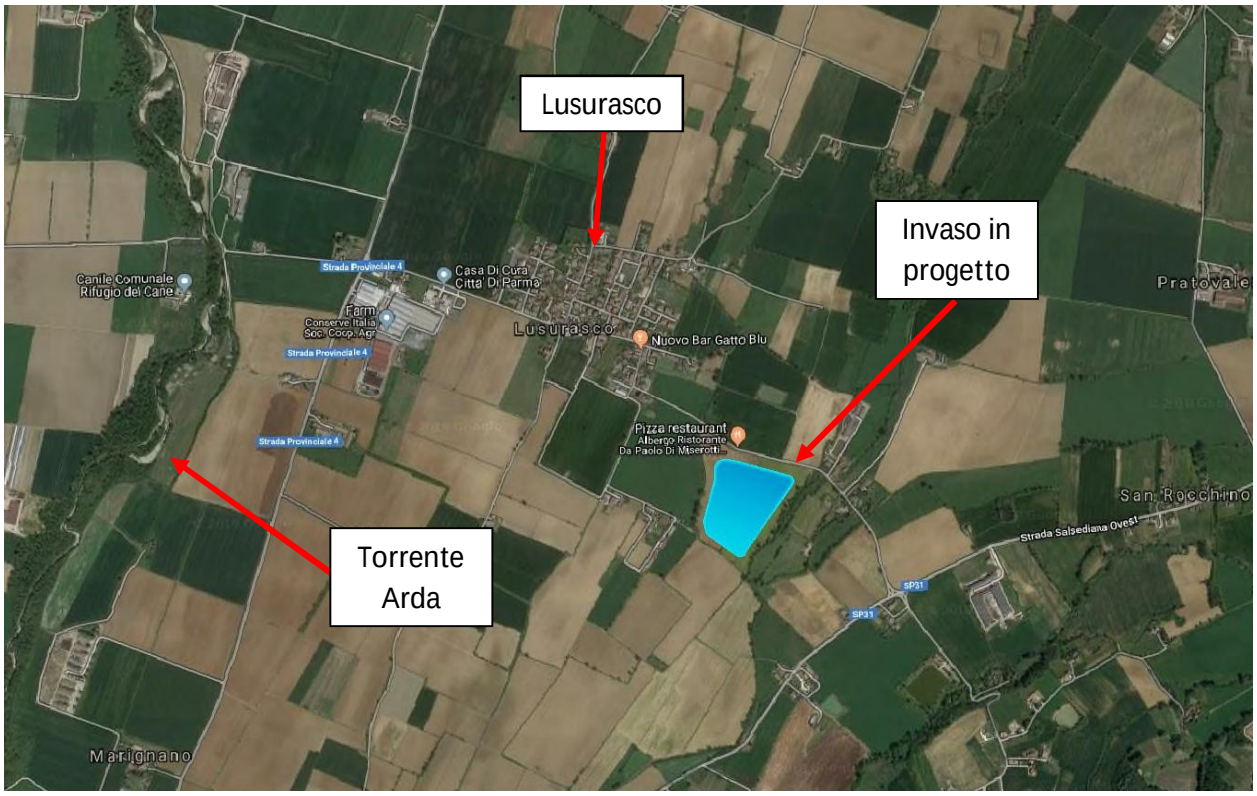


Fig. 1 Ubicazione planimetrica dell'opera in progetto

Nel dettaglio i temi affrontati nel seguente approfondimento specialistico sono:

a) Verifica di compatibilità del canale recettore che riceve le acque di scarico dello sfioratore di superficie fino al raggiungimento del massimo invaso nel bacino;

b) Verifica di dam – break delle arginature dell'invaso definendo le conseguenti aree di allagamento del territorio limitrofo.

Gli approfondimenti idraulici svolti si basano sui dati di progetto (geometrie, portate e livelli) dichiarati nella relazione idraulica (PDB200) e negli elaborati specifici del progetto definitivo dell'invaso in questione a cui si rimanda per eventuali dettagli tecnici.

L'analisi idraulica è stata effettuata mediante l'implementazione di un modello monodimensionale per la verifica di compatibilità del canale recettore in condizioni di emergenza, mentre è stato sviluppato un modello bidimensionale per le verifiche di dam – break sulle arginature del lago in progetto.

Entrambe i modelli sono stati sviluppati mediante il software Hec – Ras ver. 5.0.6, sviluppato dalla Hydrologic Engineering Center della U.S. Army, che consente il calcolo dell'andamento dei profili di corrente in moto gradualmente variato oppure in moto vario in alvei naturali o canali artificiali includendo anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie,

stramazzi, aree golenali ecc.., oltre la possibilità di implementare differenti modelli con schemi monodimensionali e bidimensionali combinati o singoli.

2 Dati di input

Si riassumono di seguito i dati di input utilizzati nel seguente studio e provenienti dai documenti del progetto definitivo dell'invaso di Molinazzo.

Il bacino sarà alimentato a gravità dal canale consortile Principale di Destra mediante la realizzazione di un'opera di presa (manufatto di alimentazione) e i volumi stoccati saranno scaricati da una tubazione più a valle con un'opera di restituzione in un tratto tubato del canale Principale di Destra. L'ubicazione dell'invaso in progetto garantisce il funzionamento dello stesso a caduta, senza che sia necessario realizzare stazioni di sollevamento.

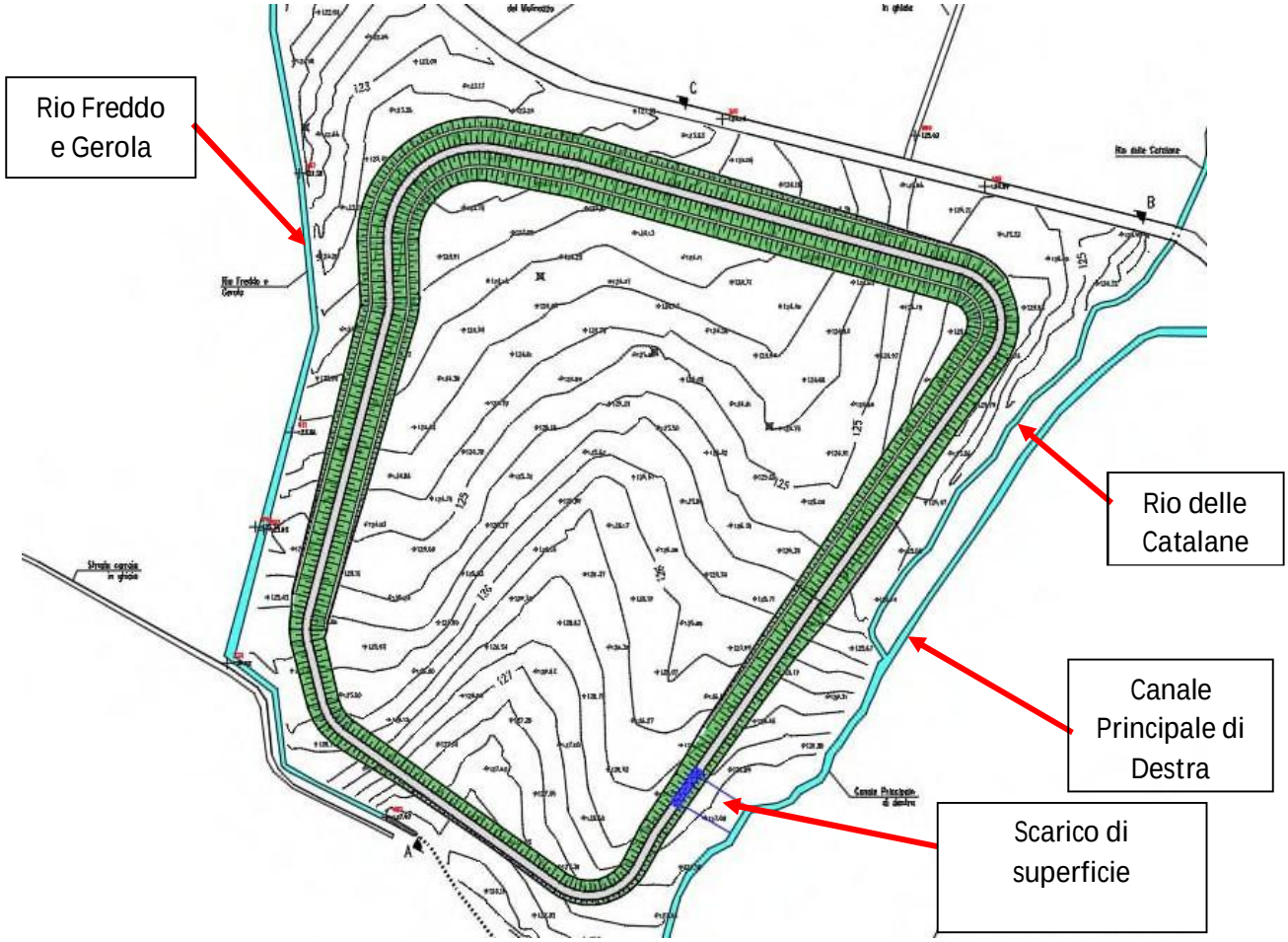


Fig. 2 Invaso di progetto e reticolo idrografico

Il bacino di accumulo in progetto verrà realizzato in terra, in parte in scavo e in parte in rilevato. L'invaso ha una capacità di stoccaggio di ca. 203.000 m^3 e può essere riempito durante il normale esercizio fino alla quota di massima regolazione. Oltre tale quota avviene lo sfioro tramite uno scaricatore superficiale che recapita le acque della piena di progetto nel canale ricettore più vicino (Canale Principale di Destra).

Le quote di progetto relative all'invaso sono di seguito riassunte:

Tab. 1 Quote di progetto dell'invaso

Invaso	$z_{alimentazione}$	z_{carico}	$z_{regolazione}$	$z_{max,invaso}$	$z_{coronamento}$	$z_{fondo,invaso}$	$z_{scarico}$	$z_{restituzione}$
	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)
MOLINAZZO	127,47	126,00	127,50	127,65	128,50	122,50	122,70	117,35

Il manufatto di scarico di superficie è costituito da una soglia sfiorante a quota 127,50 m s.l.m. lunga 20 m che si raccorda alla sommità arginale a quota 128,50 m s.l.m. con una lunghezza complessiva di 22 m (Fig. 3).

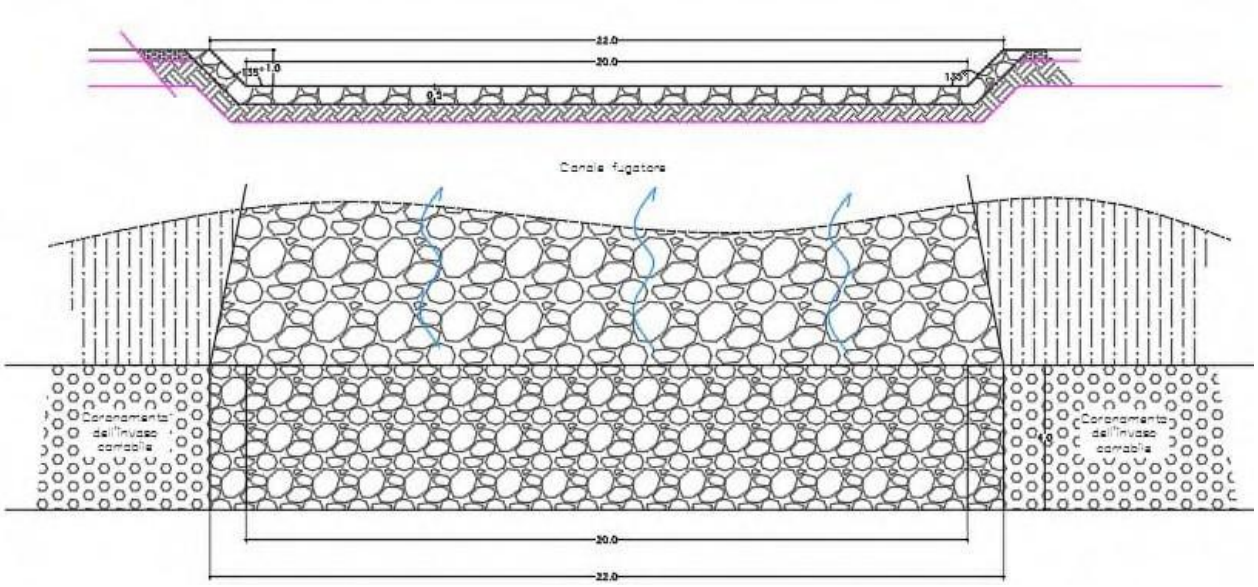


Fig. 3 Manufatto di scarico di superficie

Insieme al rilievo celerimetrico della porzione di area interessata dal progetto, ai dati di progetto dell'invaso, per le analisi idrauliche del seguente studio, sono stati utilizzati anche il DTM (Digital Terrain Model) passo 1 m del Ministero dell'Ambiente e la CTR vettoriale in scala al 5.000 fornita dalla regione Emilia Romagna.

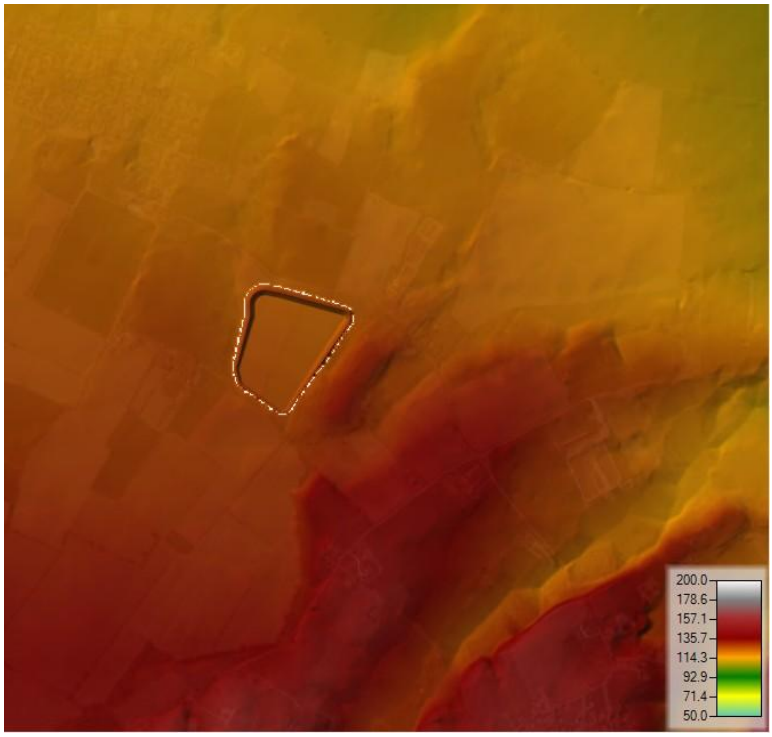


Fig. 4 Ricostruzione batimetrica dell'area in esame (invaso di progetto, DTM passo 1m e CTR vettoriale al 5.000)

Per la verifica di compatibilità del canale recettore interessato dallo scarico dello sfioro di superficie dell'invaso, è stata utilizzata la portata di progetto di 2 m^3/s indicata nel progetto definitivo. Tale valore oltre a tener conto della massima portata di alimentazione del lago, considera anche l'apporto di acqua di un evento di pioggia duecentennale concomitante con il raggiungimento della quota di massimo invaso.

3 Valutazione quantitativa delle conseguenze sulla rete scolante e sul territorio potenzialmente interessato dallo sfioro/scarico in condizioni di emergenza

Per verificare la compatibilità del canale recettore durante la fase di emergenza, come descritto nel capitolo introduttivo, è stato implementato un modello numerico monodimensionale mediante il codice di calcolo HEC RAS 5.0.6 della US Army. Le simulazioni sono state svolte in moto permanente.

La verifica idraulica è stata effettuata considerando la condizione più gravosa per sistema di regolazione dell'invaso di progetto, ovvero quella caratterizzata da:

- raggiungimento della quota di massima regolazione dell'invaso (lago pieno);
- massimo riempimento del canale di alimentazione (massima portata in ingresso al sistema);
- precipitazione avente tempo di ritorno pari a 200 anni sull'intera superficie dell'invaso;
- scarico di fondo chiuso.

3.1.1. Allestimento del modello idrodinamico

La schematizzazione geometrica del sistema è stata effettuata in modo da ottenere una buona e realistica rappresentazione del deflusso di piena.

I dati geometrici inseriti nel modello derivano dall'accorpamento dei rilievi di dettaglio della zona, e dai dati di progetto dell'invaso e del sistema di regolazione.

In Tab. 2 è riportato l'elenco delle sezioni inserite nel modello di calcolo con la numerazione adottata e le progressive longitudinali che individuano le stesse nell'ambito del modello di simulazione nelle varie configurazioni.

La geometria del Canale Principale di Destra è stata ricostruita sulla base del rilievo fornito dal consorzio di bonifica di Piacenza.



Fig. 5 Rilievo canale principale di Destra

Tab. 2 Sezioni trasversali e progressive di riferimento

Progressiva	descrizione	fonte dato
483	lago	progetto
453	opera di sfioro	progetto
445	opera di sfioro	progetto
442	opera di sfioro	progetto
436	opera di sfioro	progetto
424	opera di sfioro	progetto
405	Canale Princ. Destra	rilievo
386,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
367,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
348,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
329,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
310,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
291,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
272,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
253,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
234,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
215,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione

Progressiva	descrizione	fonte dato
196,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
177,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
158,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
139,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
120,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
101,00*	Canale Princ. Destra	interpolazione
82	Canale Princ. Destra	rilievo

La schematizzazione funzionale dello sfioro superficie è stata implementata nel modello idraulico mediante la funzione "inline structure" schematizzando la struttura come una "weir" e tarando il coefficiente di efflusso mediante i dati di letteratura.

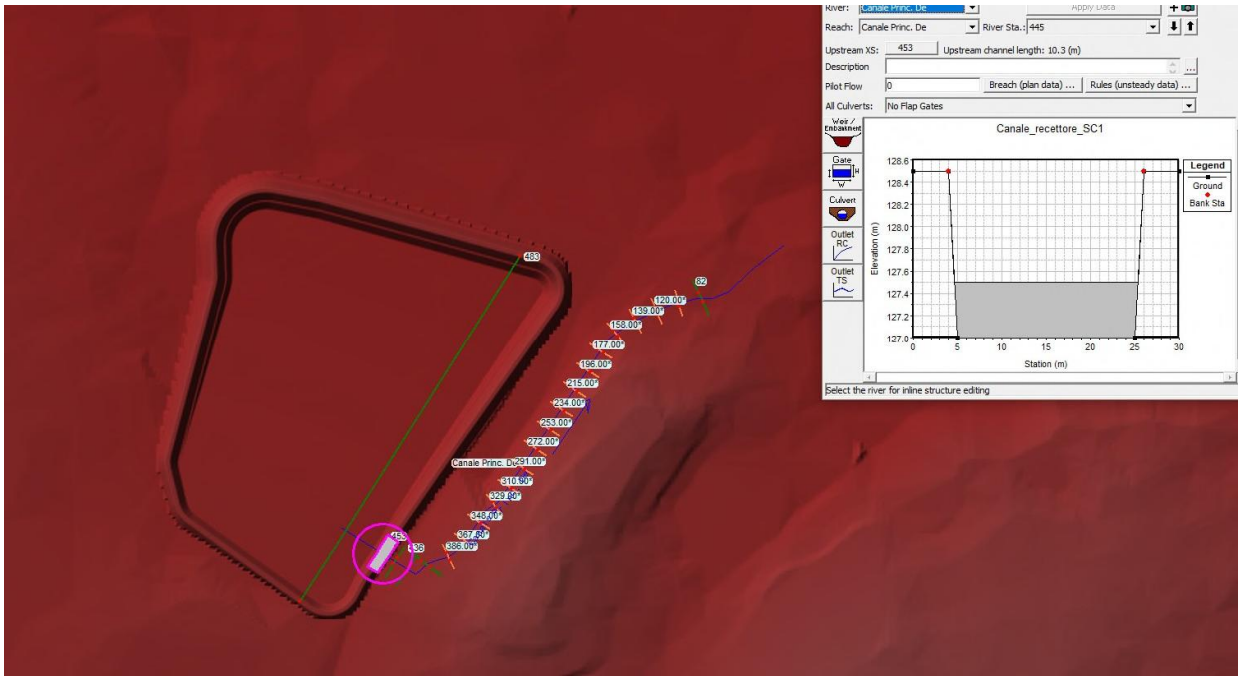


Fig. 6 Schematizzazione planimetrica e dello sfioro di superficie

Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno assegnate al modello monodimensionale per l'esecuzione delle simulazioni idrodinamiche sono le seguenti:

- condizione al contorno di monte: portata in ingresso al sistema pari a 2 m^3/s;
- condizione al contorno di valle: condizione di moto uniforme.

Definizione delle scabrezze

La valutazione dei coefficienti di scabrezza da inserire nel modello è stata basata su dati di letteratura, sull'esperienza acquisita nel campo della modellistica idraulica.

Per lo sfioratore di superficie e la vasca di dissipazione è stato assunto cautelativamente un valore del coefficiente di Strickler pari a 70 $m^{1/3}/s$. Mentre per l'intero canale in terra è stata imposta una scabrezza pari a 30 $m^{1/3}/s$.

Si riporta in Fig. 7 la tabella dei valori dell'indice di scabrezza di Strikler per i corsi d'acqua naturali (V.T. Chow) da cui si evince la conferma dei parametri di scabrezza utilizzati nel modello.

Manning's Roughness n for Culverts			
Type of Pipe and Description	Minimum	Normal	Maximum
A. Manning's "n" for Closed Conduits Flowing Partly Full[1]			
1. Corrugated Metal			
a. Subdrain	0.017	0.019	0.021
b. Storm Drain	0.021	0.024	0.030
2. Cement			
a. Neat, suface	0.010	0.011	0.013
b. Mortar	0.011	0.013	0.015
3. Concrete			
a. Culvert, straight and free of debris	0.010	0.011	0.013
b. Culvert with bends, connections, and some debris	0.011	0.013	0.014
c. Finished	0.011	0.012	0.014
d. Sewer with manholes, inlet, etc., straight	0.013	0.015	0.017
e. Unfinished, steel form	0.012	0.013	0.014
f. Unfinished, smooth wood form	0.012	0.014	0.016
g. Unfinished, rough wood form	0.015	0.017	0.020

Fig. 7 Valori dell'indice di scabrezza di Strickler ($m^{1/3}/s$)

3.1.2. Simulazioni idrodinamiche

L'analisi è stata finalizzata alla verifica delle condizioni di emergenza, ovvero:

- raggiungimento della quota di massimo invaso: 127,65 m s.l.m.;
- massima portata in ingresso proveniente dal sistema di alimentazione in concomitanza di una precipitazione con tempo di ritorno di 200 anni sull'intera superficie dell'invaso: 2 m^3/s;
- scarico di fondo chiuso.

L'analisi idraulica condotta ha permesso di definire, nel tratto di interesse, le caratteristiche di deflusso verificabili al transito della piena di riferimento, considerando due differenti scenari:

- SCENARIO 1: scarico di emergenza dell'invaso con Canale Principale di Destra in condizioni di magra;
- SCENRAIO 2: scarico di emergenza dell'invaso con Canale Principale di Destra in condizioni di normal deflusso di una portata medio/alta di circa 2,5 m^3/s che determina un livello nel canale con circa 50 cm di franco sulle sponde.

3.1.3. Risultati delle simulazioni

I risultati delle verifiche idrauliche sono riportati in allegato alla presente relazione. Rimandando quindi alle tabelle ed ai grafici ivi riportate in allegato in cui le principali caratteristiche idrauliche individuate per ogni sezione sono le seguenti:

- Q Total (m^3/s) = valore di portata;
- Min Ch El (m) = quota fondo alveo;
- Max Chl Dpth (m) = tirante idrico massimo;
- W.S. Elev (m s.l.m.) = quota di pelo libero;
- Crit W.S. (m s.l.m.) = quota altezza critica;
- Diff: differenza tra W.S. Elev e Crit W.S.;
- Froude Chl (-) = valore di portata;
- E.G. Elev (m) = carico idraulico totale;

- Vel Chnl (m/s) = velocità media nell'alveo;
- Hydr Radius C (m) = raggio idraulico;
- Shear Chan (N/m^2): tensione tangenziale;
- Hydr Depth (m): tirante idrico medio nella sezione.

Preme nel seguito sintetizzare come la concomitanza dell'evento di pioggia duecentennale, il massimo carico nel canale di alimentazione e lo scarico di fondo chiuso, non determina evidenti criticità di deflusso nel canale ricettore Principale Destro dove peraltro a circa 100 m dallo scarico il canale si biforca in rio delle Catalane e canale di Destra, aumentando in tal modo la capacità di deflusso.

Analizzando i risultati dello scenario 1 si osserva come il canale è in grado di smaltire la portata di scarico dell'invaso con un franco minimo di almeno 40 cm sulle sponde. Mentre nello scenario 2, più gravoso, in cui nel canale, oltre a defluire le portate della rete consortile, riceve anche lo scarico dell'invaso in progetto; il franco idraulico sulle sponde diminuisce registrando un franco minimo di pochi centimetri, senza considerare il contributo benefico del rio Catalane.

4 Analisi di dam break o di collasso dell'invaso

L'analisi di Dam Break o collasso delle arginature dell'invaso sono state effettuate mediante l'implementazione di un modello bidimensionale sviluppato con il software HEC RAS 2D 5.0.6 della US Army.

A seguito delle integrazioni progettuali dell'invaso in funzione delle prescrizioni della prima seduta della conferenza dei servizi, è stato effettuato un aggiornamento del dato geometrico di base dell'area interessata dagli allagamenti per effetto del dam – break. Rispetto alla prima versione dello studio, in cui il dato batimetrico era stato realizzato in gran parte mediante l'interpretazione della CTR vettoriale in scala al 5000 fornita dalla regione Emilia Romagna, nell'aggiornamento modellistico in questione è stato utilizzato un DTM di dettaglio con passo 1 m messo a disposizione del Consorzio di Bonifica di Piacenza.

In tal modo è stato possibile definire con maggior dettaglio le dinamiche di allagamento in corrispondenza dei centri abitati con particolare attenzione a Lusurasco e Fiorenzuola d'Arda e alle viabilità principali come la strada statale 9 in prossimità di Fiorenzuola, la linea ferroviaria Fidenza – Piacenza, arrivando sino all'autostrada A1 e alla adiacente linea dell'Alta Velocità.

Il maggior dettaglio delle discontinuità del terreno come le viabilità, i canali ed i relativi tombini idraulici, hanno richiesto un aggiornamento anche dell'ampiezza della maglia di calcolo passando da un totale di 162598 celle a 191282 celle, passando in oltre ad una griglia definita "flexible mesh" con celle che variazno da dimensioni 20x20 m fino a 2x2 m.

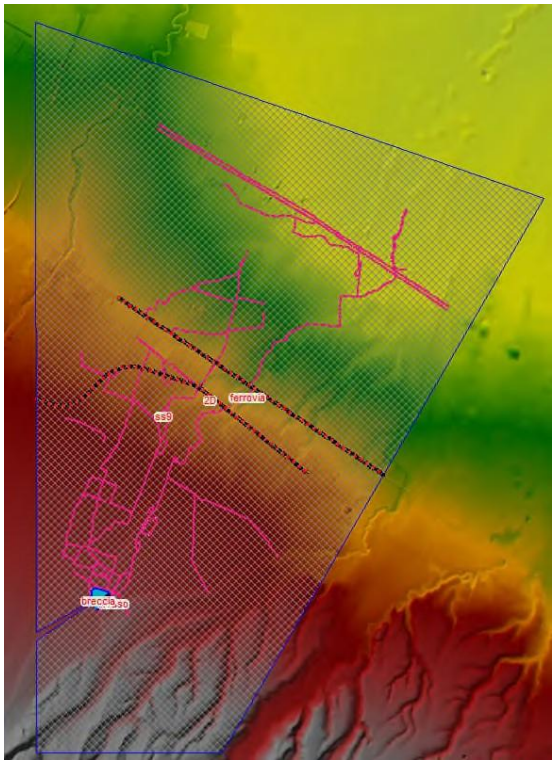


Fig. 8 Estensione della maglia di calcolo e copertura del DTM passo un 1 m del Consorzio di Bonifica di Piacenza

Le analisi svolte tengono conto della letteratura specifica in merito ai fenomeni di Dam Break ed in particolare del fenomeno di rottura dell'argine per effetto del sormonto della struttura (Overtopping Failure) e del fenomeno di rottura per sifonamento (Piping Failure).

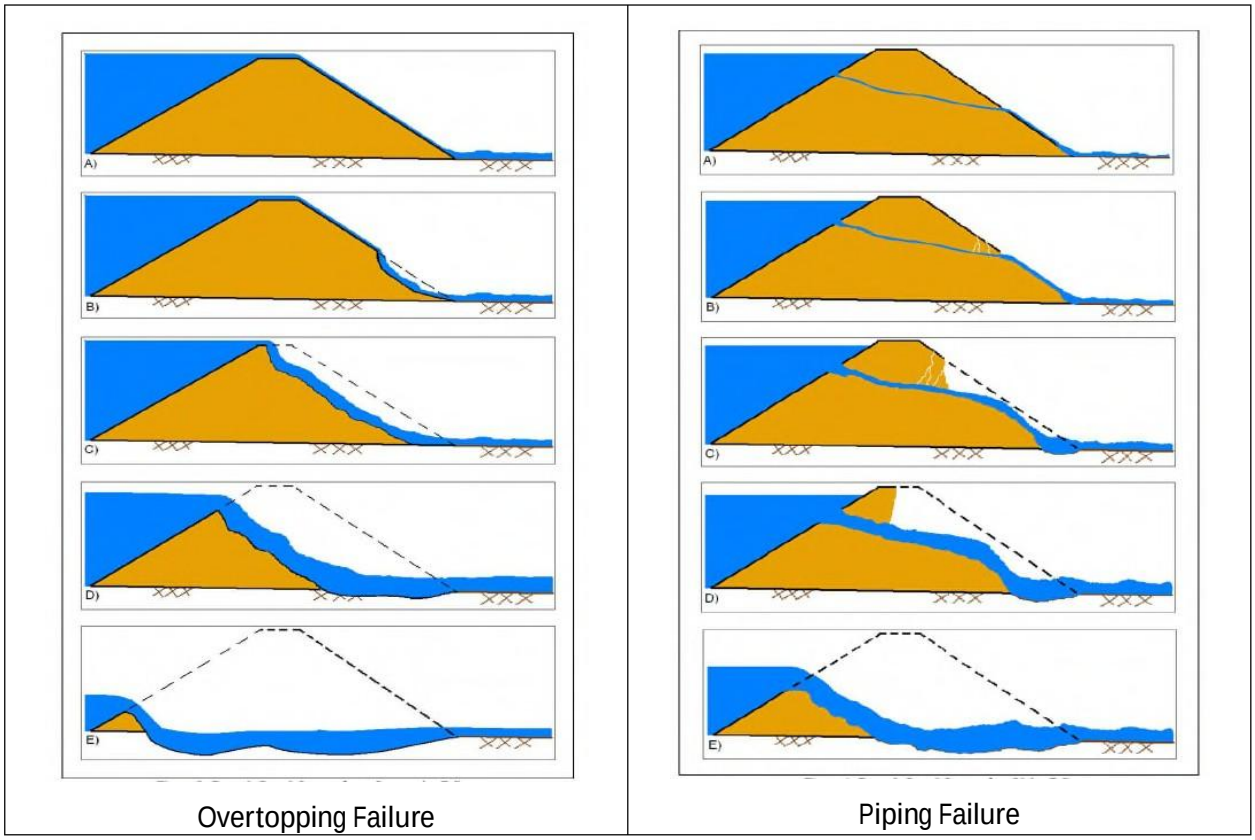


Fig. 9 Fenomeni di dam break

La stima dei fenomeni di dam break e quindi la dimensione della breccia sono stati determinati confrontando differenti formulazioni di letteratura, e scegliendo quella ritenuta più cautelativa per lo studio in esame.

In particolare, sono stati esaminati i dati conseguiti mediante l'applicazione della formulazione di Froehlich (2008).

- **Height of the dams:** 3.05 – 92.96 meters (10 – 305 feet)
  (with 93% < 30 meters, and 81% < 15 meters)

- **Volume of water at breach time:** 0.0139 – 660.0 m^3 x 10^6 (11.3 - 535,000 acre-feet)
  (with 86% < 25.0 m^3 x 10^6, and 82% < 15.0 m^3 x 10^6)

Froehlich's regression equations for average breach width and failure time are:

$$B_{ave} = 0.27\ K_o\ V_w^{0.32}\ h_b^{0.04}$$

$$t_f = 63.2\sqrt{\frac{V_w}{g h_b^2}}$$

where:

B_{ave} = average breach width (meters)
K_o = constant (1.3 for overtopping failures, 1.0 for piping)
V_w = reservoir volume at time of failure (cubic meters)
h_b = height of the final breach (meters)
g = gravitational acceleration (9.80665 meters per second squared)
t_f = breach formation time (seconds)

Froehlich's 2008 paper states that the average side slopes should be:

1.0 H:1V overtopping failures
0.7 H:1V otherwise (i.e., piping/seepage)

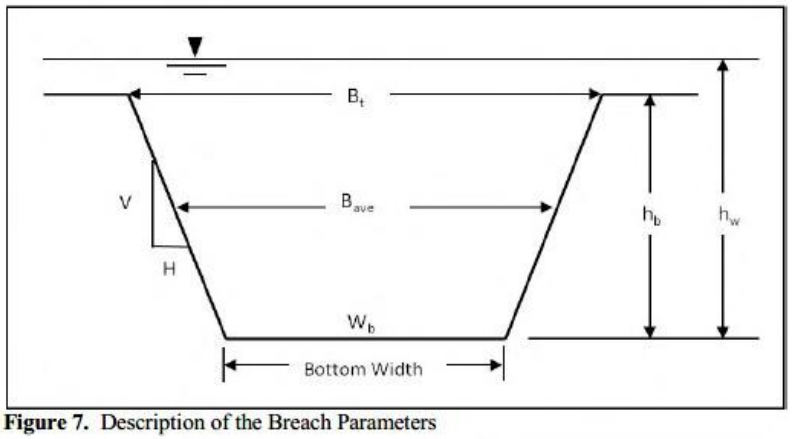


Figure 7. Description of the Breach Parameters

Fig. 10 Teoria di Froehlich (2008)

Analizzando la natura dell'opera in progetto si evidenzia come il fenomeno di overtopping e quindi rottura per sormonto delle arginature è scongiurato per la configurazione progettuale adottata per la regolazione e gestione dell'invaso.

Innanzitutto, l'alimentazione del bacino irriguo avviene tramite una condotta di carico, regolata con opportuni organi telecontrollati che recapita le acque provenienti da un canale del reticolo consortile e non da un corso d'acqua naturale quindi fiume o torrente. Per tale motivo il sistema di alimentazione nel caso di criticità del reticolo consortile di monte dal quale viene prelevata l'acqua, potrà comunque portare una portata massima definita dal funzionamento in pressione della condotta.

Quindi, definita la portata massima di progetto che in assoluto potrà essere gestita dalla condotta di carico e quindi entrare nel sistema di accumulo, è stato progettato un adeguato sfioro di superficie dell'invaso

che in caso di malfunzionamento dello scarico di fondo, è in grado di smaltire da solo la massima portata in ingresso al lago irriguo. Per il dimensionamento dello sfioro è stato considerato anche un incremento di portata definito da una pioggia con tempo di ritorno di 200 anni che piove sulla superficie dell'invaso.

Analizzando il fenomeno di rottura per sifonamento, sono state svolte molteplici simulazioni numeriche andando a prevedere le rotture in diversi punti del rilevato arginale dell'invaso in progetto. Questo ha permesso di definire un quadro generale delle conseguenze del dam-break a seconda della posizione in cui si attesta la rottura.

Nel seguente aggiornamento dello studio idraulico degli effetti a valle dell'invaso per effetto dei fenomeni di dam – break si è preso atto della modifica progettuale realizzata dal Consorzio di Bonifica di Piacenza sull'invaso in questione.

In particolare, l'aggiornamento progettuale prevede un ringrosso del rilevato arginale lato piano campagna come mostrato in Fig. 11.

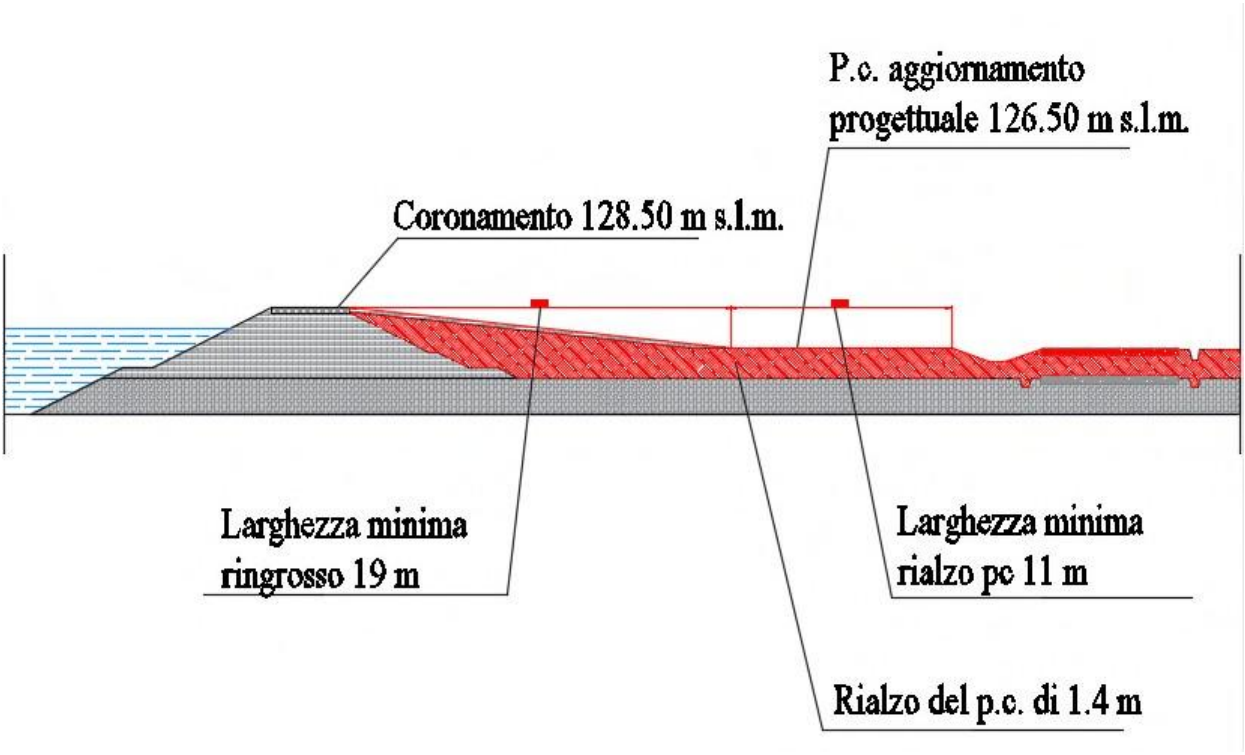


Fig. 11 Aggiornamento progettuale – sezione dell'invaso di Molinazzo (fonte: aggiornamento progetto del Consorzio di Bonifica di Piacenza)

Quindi con tale aggiornamento della configurazione geometrica delle arginature dell'invaso di Molinazzo si considera come quote di riferimento per le analisi di piping, la quota di massimo invaso pari a 127,65 m s.l.m. e la quota minima di rottura dell'argine sull'intero perimetro dell'invaso quella definita dalla quota del piano campagna rialzato di circa 1,4 m, quindi 126,5 m sl.m..

Rispetto quindi a tali quote, il volume totale che potenzialmente si potrà sversare per effetto di dam - break dell'invaso è circa 72 900 m^3, riducendo quindi di parecchio gli effetti di allagamento rispetto alla configurazione precedentemente studiata.

Visto la ridotta altezza dell'arginatura lato sud dell'invaso e la quota del piano campagna in adiacenza (127,70 m s.l.m) superiore alla quota di massimo invaso (127,65 m s.l.m.), la simulazione di dam break non è stata presa in considerazione su tale lato del lago.

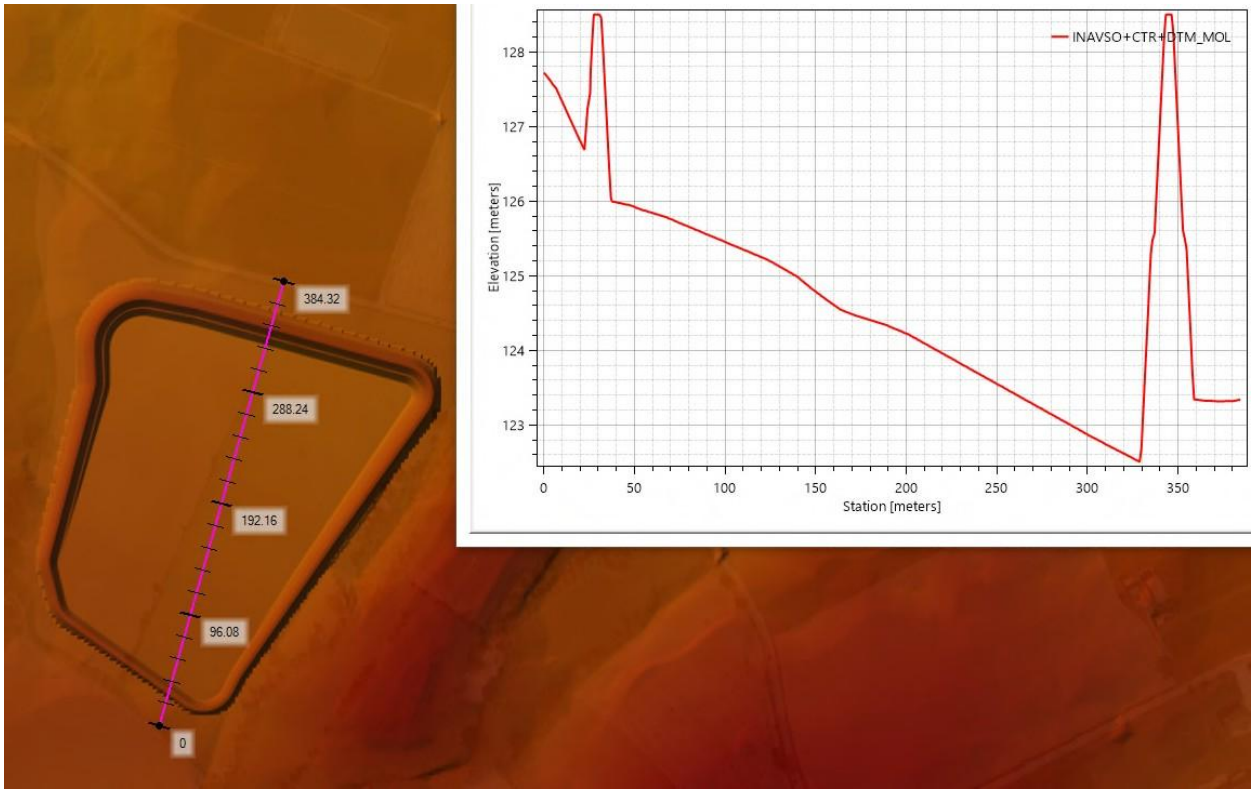


Fig. 12 Profilo di progetto dell'invaso di Molinazzo

Tab. 3 Scenari simulati

Scenario	Final bottom elevation (m s.l.m.)	Volume out (m^3)
SCENARIO 3: Piping Nord	126,50	72.900
SCENARIO 4: Piping Est	126,50	72.900
SCENARIO 5: Piping Ovest	126,50	72.900

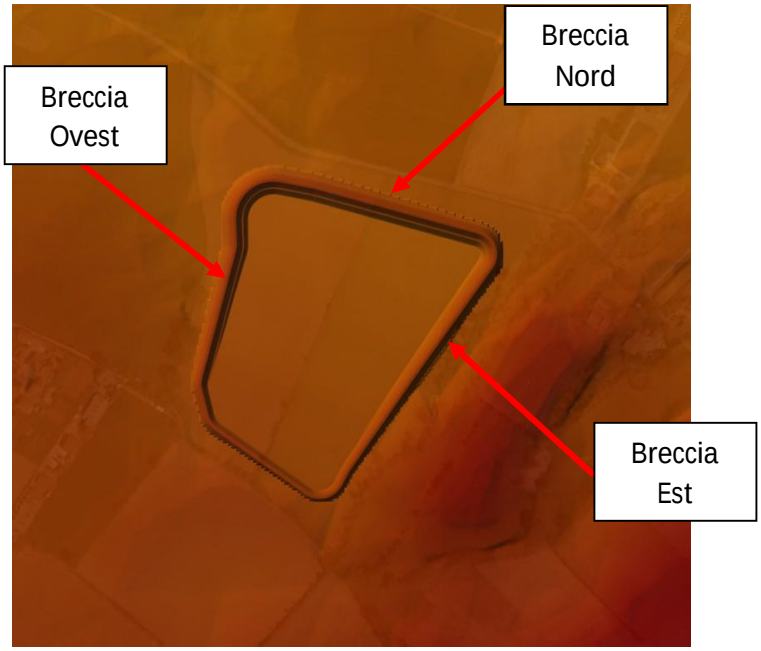


Fig. 13 Ubicazione degli scenari di dam - break

Applicando le formulazioni riportate in Fig. 10 sono stati ottenuti i seguenti risultati coincidenti per tutti e tre gli scenari di rottura per piping per effetto della nuova geometria di progetto aggiornata:

Tab. 4 Dimensione della breccia causata da sifonamento e poi collasso dell'argine

	SC_3 – 4 - 5
W_b (m)	9,0
B_t (m)	10,5
B_{ave} (m)	9,7
t_f (h)	1,44

Tali valori sono stati definiti considerando un volume di invaso all'istante di rottura pari a circa 203.000 m^3, di cui però solo 72 900 m^3 potranno essere sversati per collasso delle arginature poiché la restante parte rimane contenuta nell'invaso essendo al di sotto della quota di piano campagna.

Per la stima della portata al colmo dell'onda generata dalla rottura dell'argine dell'invaso è stata utilizzata la formula di letteratura di Froehlich (1995b) utilizzata per la taratura del modello numerico bidimensionale.

$$Q = 0.607 V_w^{0.295} h_w^{1.24}$$

Tab. 5 Valori di portata calcolati con la formula di Froehlich (1995b)

Scenario	Q (m^3/s)
SCENARIO 3: Piping Nord	20
SCENARIO 4: Piping Ovest	20
SCENARIO 5: Piping Est	20

4.1 Risultati delle simulazioni

I risultati delle simulazioni svolte sono riportati in allegato alla presente relazione con planimetrie di allagamento e idrogrammi di portata generati dalle rotture con evidenziati i valori al colmo delle portate ed i volumi in uscita dagli invasi a dimostrazione dei dati ricostruiti mediante le formule di letteratura.

Analizzando i risultati si evince come l'aggiornamento di progettuale avanzato dal Consorzio di Bonifica di Piacenza riduca di parecchio il volume d'acqua sversabile nel territorio circostante per effetto di dam – break delle arginature di contenimento, rispetto alla configurazione analizzata nella precedente versione del documento in questione.

Osservando i risultati dello scenario 3 e 4 si evidenzia che gli effetti di allagamento sono pressoché gli stessi. In prima battuta viene interessata la parte est del paese di Lusurasco fino circa a via Località Busasca di Lusurasco con tiranti massimi puntuali di circa 30 cm ma mediamente inferiori ai 10 cm. Anche le velocità di impatto della corrente sono ridotte, con valori massimi di circa 0,7 m/s.

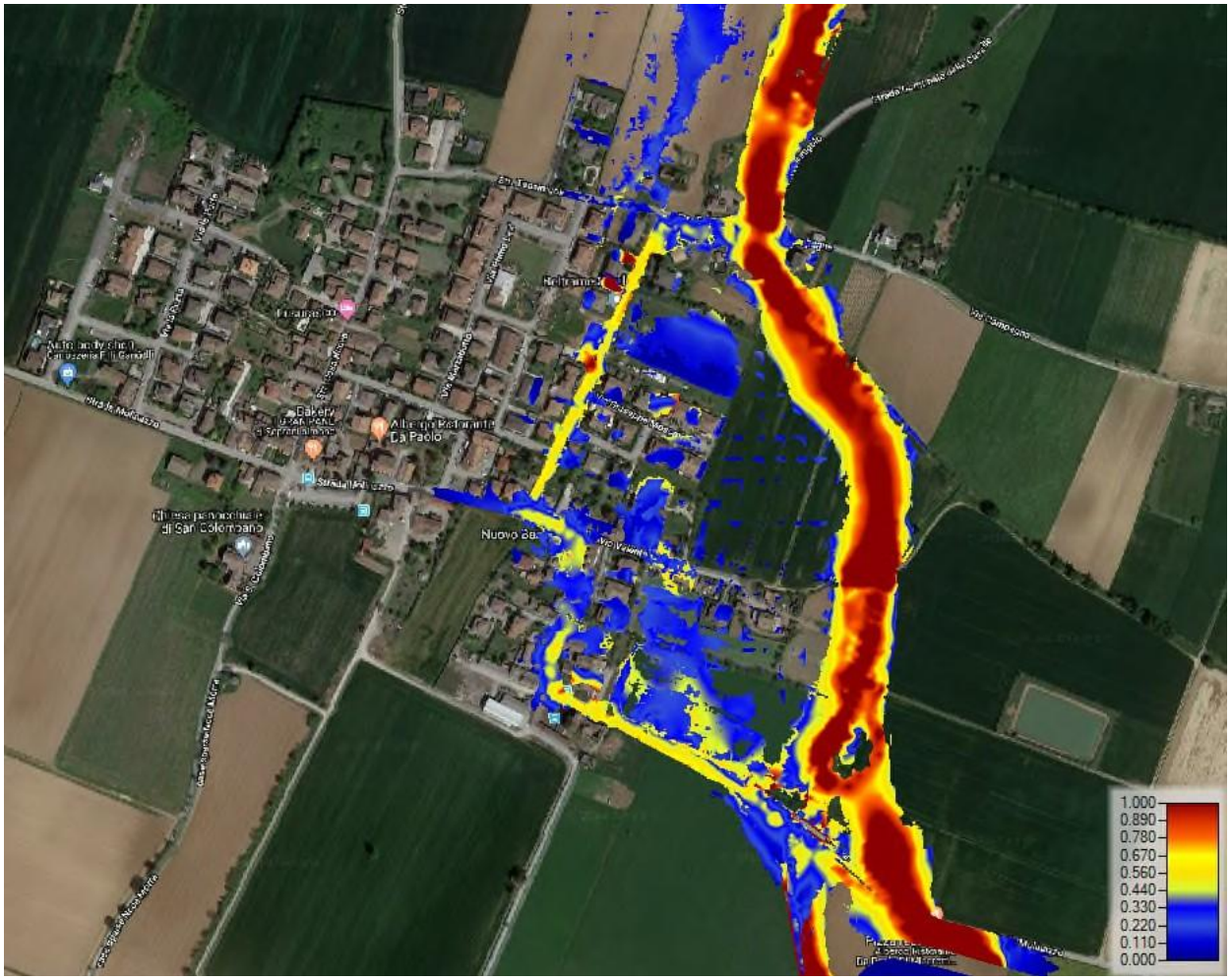


Fig. 14 Valori delle velocità in corrispondenza del paese di Lusurasco

Proseguendo verso nord, la corrente segue principalmente l'andamento del rio Freddo determinando degli allagamenti delle porzioni di area circostanti fino al raggiungimento della SS9 in corrispondenza del cavalcavia della strada comunale delle Caselle e del sottovia nelle vicinanze. In tale punto la statale non viene sormontata ma tramite il tombino idraulico ed il sottovia la piena passa oltre la SS9 interessando una porzione della periferia est di Fiorenzuola con tiranti massimi di 35 cm ed un evidente accumulo in corrispondenza della depressione del terreno in adiacenza dello scalo merci in via di Vittorio dove si evidenziano tiranti che superano anche 1 m. Dopodiché, sormontando in parte la ferrovia e passando attraverso i tombini idraulici presenti, la piena defluisce oltre e tramite i canali principali con puntuali esondazioni raggiunge l'autostrada A1. In prossimità del rilevato autostradale si determina un accumulo di acqua con evidenti allagamenti delle zone limitrofe senza però determinare criticità all'autostrada stessa.

Diversa è invece la dinamica di allagamento definita dallo scenario 5 e quindi per rottura dell'arginatura est dell'invaso. In tal caso la piena segue l'andamento del rio delle Catalane e poi il canale di Chiaravalle biforcandosi poi anche con la strada comunale delle Caselle determinando degli allagamenti delle zone limitrofe.

Arrivando in prossimità della SS9, la piena passa per i tombini idraulici senza sormonti della strada, defluendo a valle fino all'autostrada A1. Prima di arrivare all'autostrada, la piena continua a seguire il canale di Chiaravalle provocando degli allagamenti che arrivano ad interessare anche il paese di Chiaravalle delle Colomba con tiranti idrici massimi di una decina di centimetri.

Si ritiene opportuno evidenziare che nella dinamica di dam break dell'arginatura est dell'invaso di Molinazzo, gli allagamenti seguendo il canale di Chiaravalle arrivano anche in prossimità dell'invaso in progetto di Moronasco. In tale punto la piena rimane prevalentemente contenuta nel canale e nella porzione di area tra la via delle Caselle ed il canale stesso, senza provocare interferenze con l'invaso di Moronasco, salve una puntuale esondazione che raggiunge il piede della sponda ovest con tiranti massimi di 10 cm quindi non pericolosi per la stabilità dell'invaso.

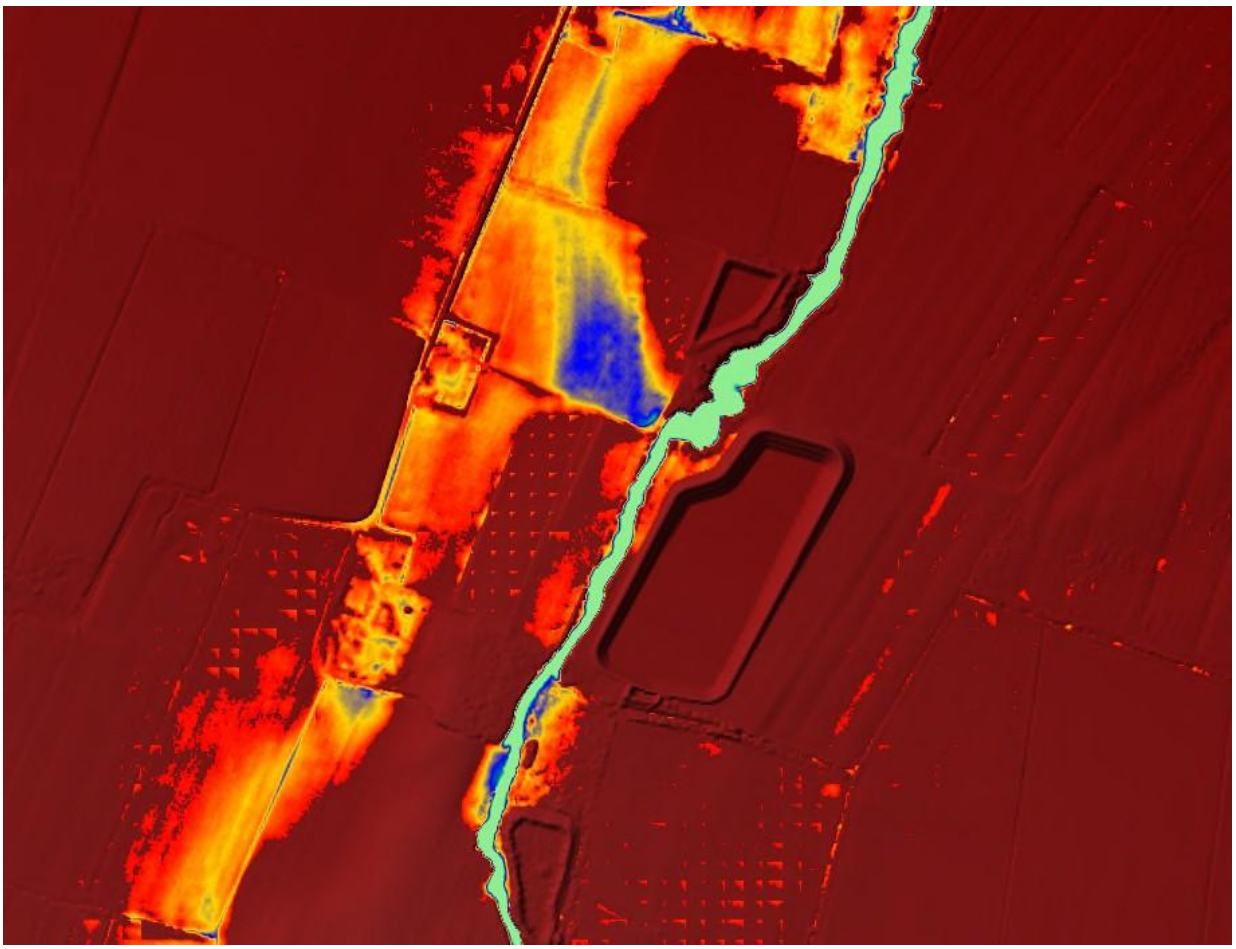


Fig. 15 Interferenza della piena di dam break dell'invaso di Molinazzo con l'invaso di Moronasco

5 Intervento a protezione del paese di Lusurasco

Come evidenziato negli scenari di dam break 3 e 4, la porzione est del paese di Lusurasco viene investita dalla piena con tiranti medi di qualche decina di centimetri (Fig. 16).

A tal proposito è stata effettuata un'analisi idraulica di dettaglio a supporto della progettazione da parte del Consorzio di Bonifica di Piacenza di un intervento a protezione del paese in seguito alle potenziali rotture degli argini dell'invaso di Molinazzo.

L'opera identificata è costituita da un argine di circa 605 m, alto circa un metro rispetto al piano campagna attuale che costeggia la sponda sinistra del canale Freddo e Gerola.

Quindi è stato identificato con scenario 6 quello che descrive il funzionamento dell'argine in progetto in funzione delle dinamiche di dam break descritte nei capitoli precedenti.



Fig. 16 Allagamenti in prossimità di Lusurasco

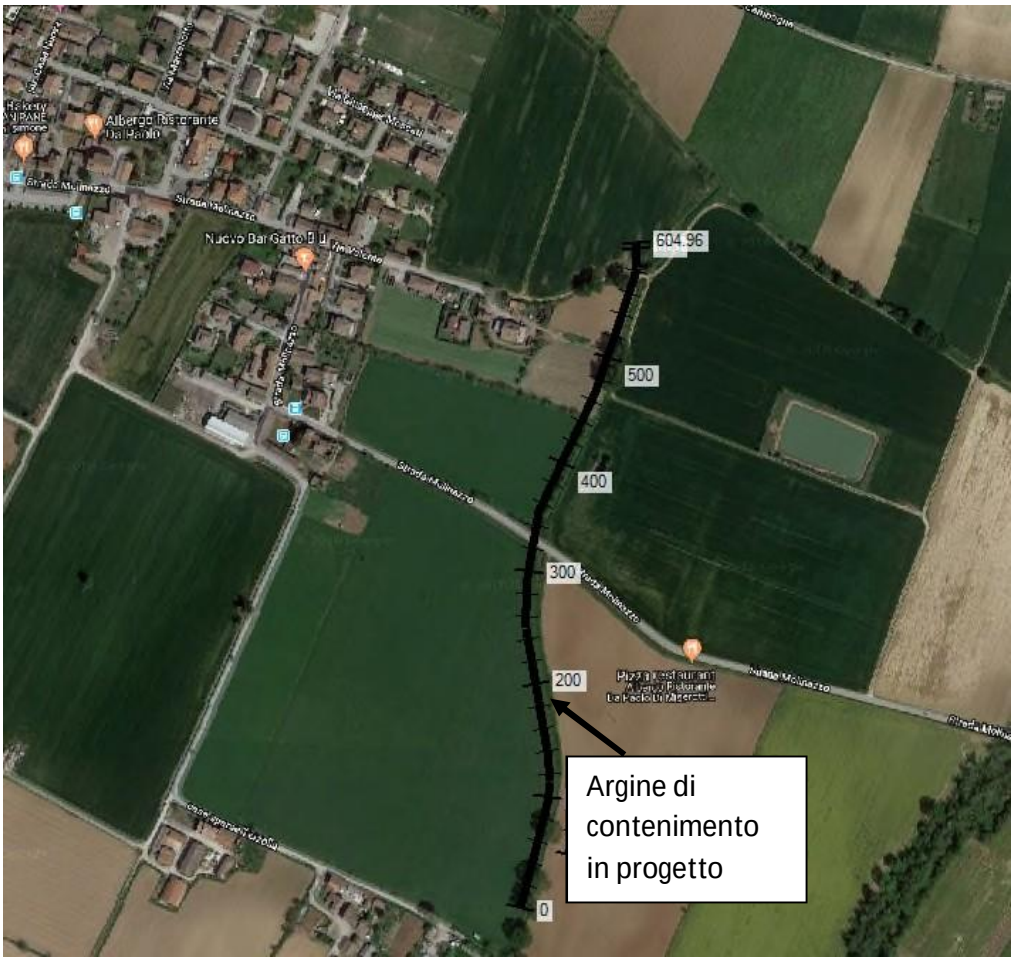


Fig. 17 Argine di contenimento della piena in corrispondenza di Lusurasco

6 Procedimento autorizzativo univo di VIA – sintesi delle prescrizioni recepite

Nel presente documento è stato recepito quanto richiesto dalla Regione Emilia Romagna, ed in particolare dall'Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile, a seguito della prima seduta della Conferenza dei Servizi prot. 8599 del 19/02/19.

Nell'ambito della prima seduta di Conferenza è emersa l'esigenza di considerare nelle valutazioni delle conseguenze derivanti dal collasso dell'invaso, anche la sovrapposizione del collasso degli invasi di Moronasco e Molinazzo.

In particolare, in allegato alla seguente relazione si riporta una cartografia che evidenzia in una unica mappa l'estensione degli allagamenti determinati dalla rottura degli invasi di Molinazzo e di Moronasco, senza però considerare una sovrapposizione degli effetti essendo i due scenari fisicamente disgiunti ed avendo evidenziato che gli effetti di dam break di Molinazzo non interferiscono alla stabilità dell'invaso di Moronasco essendo più a valle nel verso della corrente. In particolare si sovrappongono gli effetti di dam break lato est di Molinazzo e lato ovest di Moronasco, in modo da evidenziare gli eventi più gravosi in valutazione delle sovrapposizioni degli effetti degli allagamenti.

ALLEGATI

Indice

1 ALLEGATO - RISULTATI SIMULAZIONI IDRODINAMICHE

1.1 Verifica di compatibilità del canale di recapito (Scenario 1)

1.2 Verifica di compatibilità del canale di recapito (Scenario 2)

1.3 Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura nord) (Scenario 3)

1.4 Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura Est) (Scenario 4)

1.5 Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura Ovest) (Scenario 5)

1.6 Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura ovest con argine in progetto) (Scenario 6)

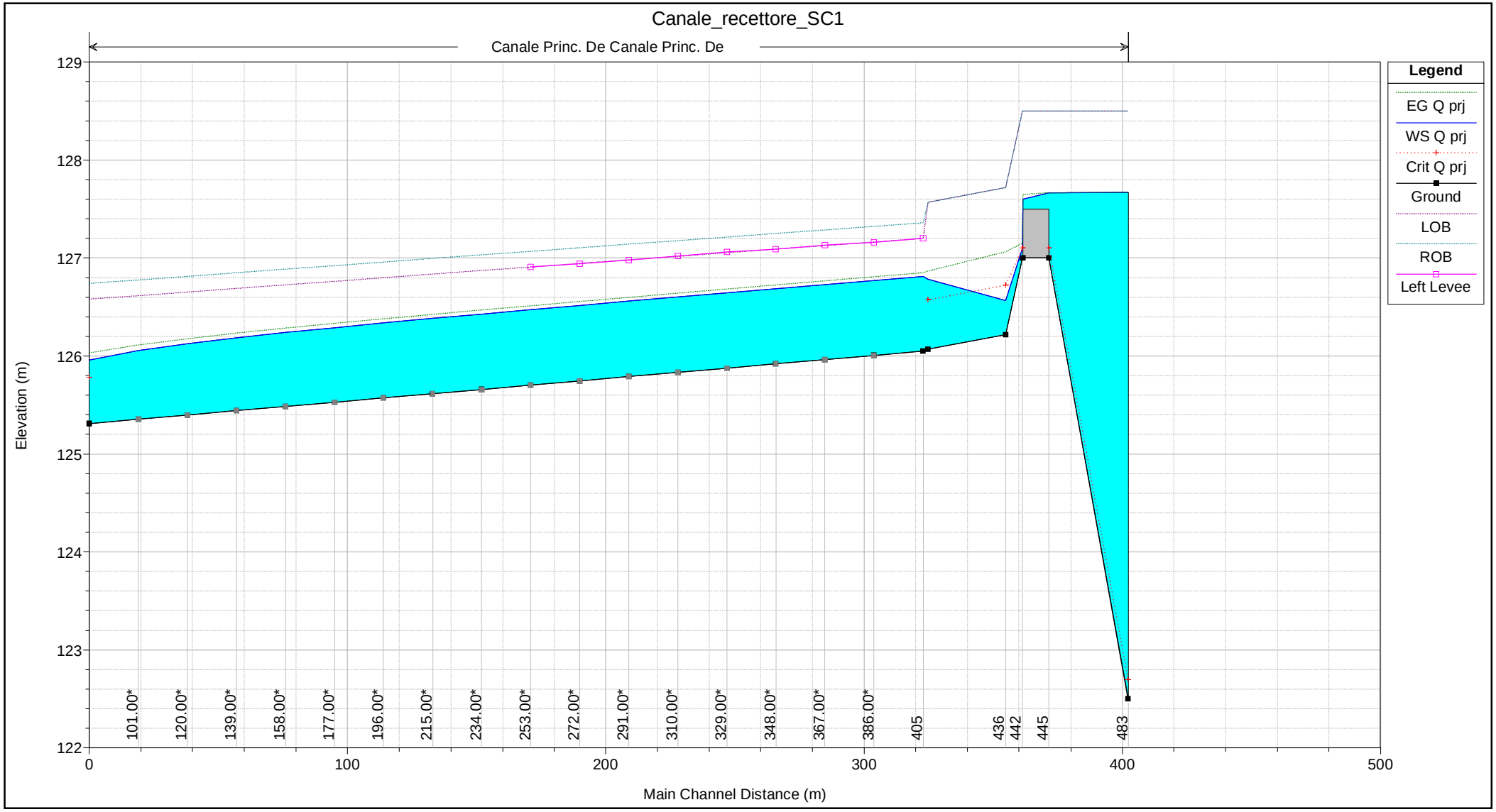
1.7 Estensione degli allagamenti per effetto di Dam Break dell'invaso di Molinazzo e Moronasco

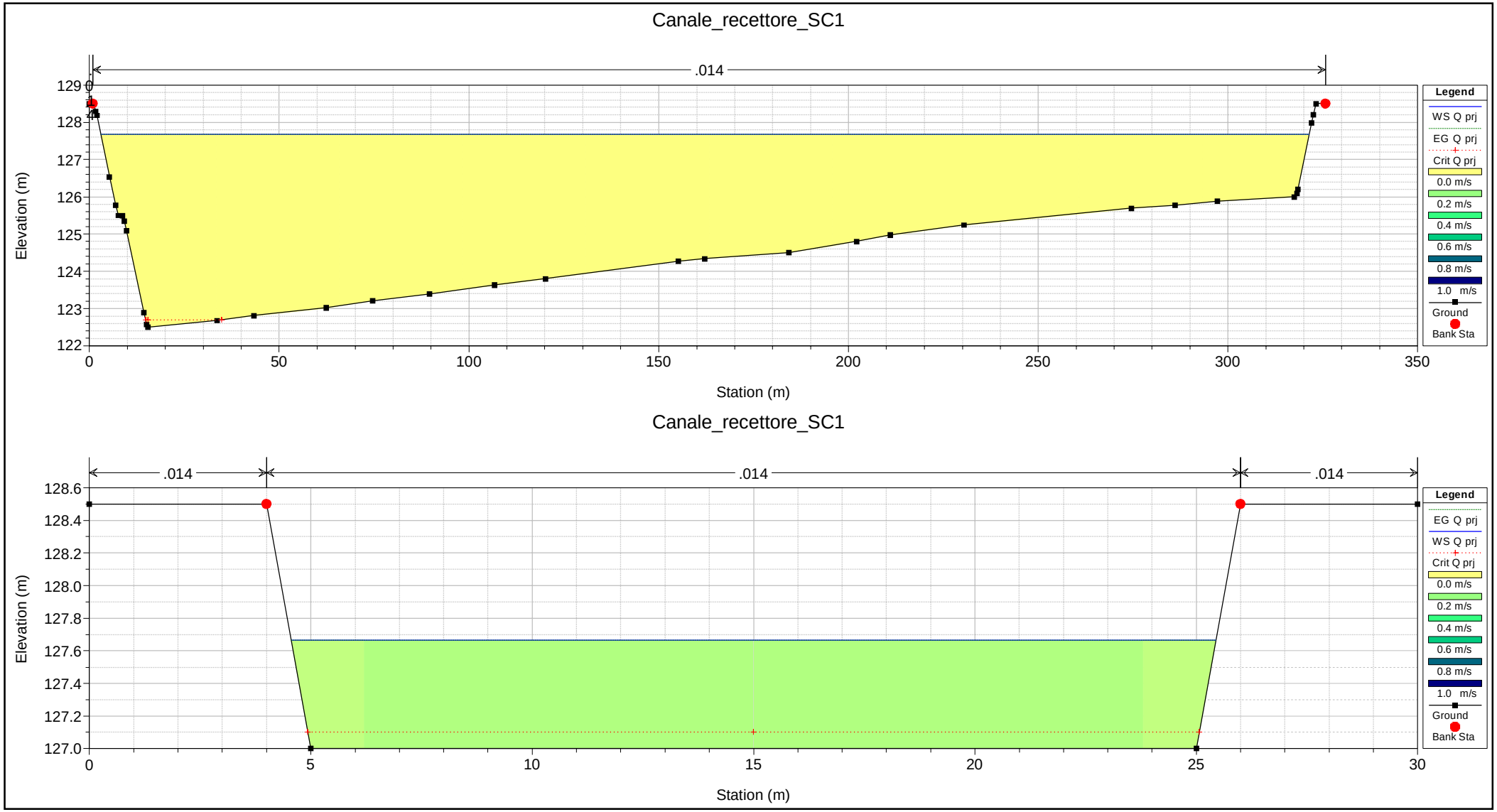
1 ALLEGATO - RISULTATI SIMULAZIONI IDRODINAMICHE

1.1 Verifica di compatibilità del canale di recapito (Scenario 1)

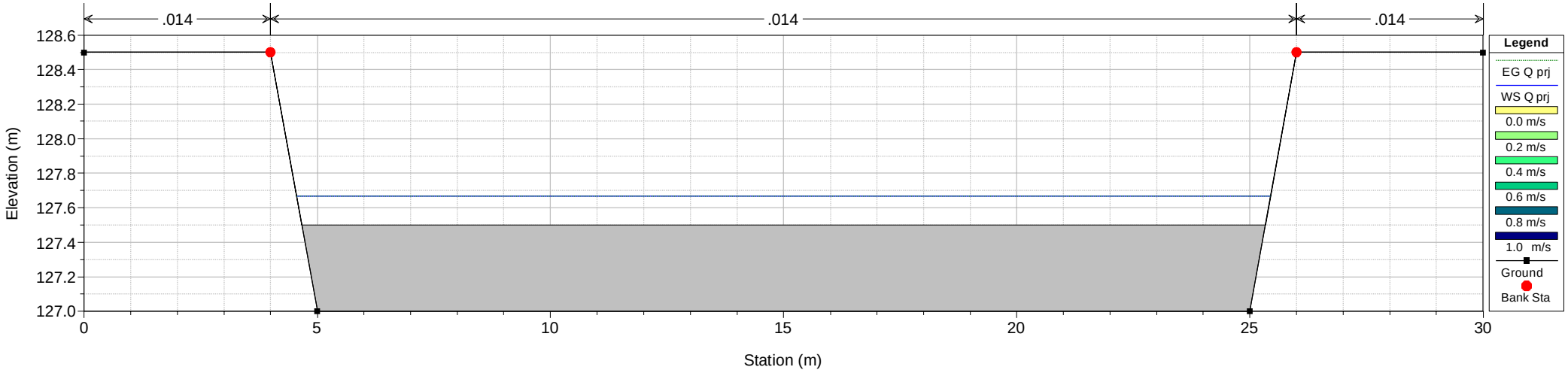
HEC-RAS Plan: Canale_recettore_SC1 River: Canale Princ. De Reach: Canale Princ. De Profile: Q prj

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	Max Chl Dpth	W.S. Elev	Crit W.S.	Diff	Froude # Chl	E.G. Elev	Vel Chnl	Vel Total	Hydr Radius C	Shear Chan	Hydr Depth
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)			(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(N/m2)	(m)
Canale Princ. De	483	2.00	122.50	5.17	127.67	122.70	4.97	0.00	127.67	0.00	0.00	3.24	0.00	3.26
Canale Princ. De	453	2.00	127.00	0.67	127.67	127.10	0.57	0.06	127.67	0.15	0.15	0.63	0.05	0.65
Canale Princ. De	445	Inl Struct												
Canale Princ. De	442	2.00	127.00	0.10	127.10	127.10	0.00	1.00	127.15	0.99	0.99	0.10	4.10	0.10
Canale Princ. De	436	2.00	126.22	0.35	126.57	126.72	-0.15	1.84	127.06	3.12	3.12	0.26	29.35	0.29
Canale Princ. De	424	2.00	126.07	0.71	126.78	126.57	0.21	0.55	126.87	1.26	1.26	0.45	4.01	0.54
Canale Princ. De	405	2.00	126.05	0.76	126.81			0.38	126.85	0.86	0.86	0.48	10.36	0.53
Canale Princ. De	386.00*	2.00	126.01	0.76	126.77			0.38	126.81	0.87	0.87	0.48	10.37	0.53
Canale Princ. De	367.00*	2.00	125.96	0.77	126.73			0.38	126.77	0.87	0.87	0.48	10.42	0.53
Canale Princ. De	348.00*	2.00	125.92	0.77	126.69			0.38	126.72	0.87	0.87	0.48	10.44	0.53
Canale Princ. De	329.00*	2.00	125.88	0.77	126.64			0.38	126.68	0.87	0.87	0.48	10.50	0.53
Canale Princ. De	310.00*	2.00	125.83	0.77	126.60			0.38	126.64	0.87	0.87	0.48	10.54	0.53
Canale Princ. De	291.00*	2.00	125.79	0.77	126.56			0.38	126.60	0.87	0.87	0.48	10.60	0.53
Canale Princ. De	272.00*	2.00	125.74	0.77	126.52			0.39	126.56	0.88	0.88	0.48	10.68	0.53
Canale Princ. De	253.00*	2.00	125.70	0.77	126.47			0.39	126.51	0.88	0.88	0.48	10.78	0.53
Canale Princ. De	234.00*	2.00	125.66	0.77	126.43			0.39	126.47	0.89	0.89	0.48	10.92	0.53
Canale Princ. De	215.00*	2.00	125.62	0.77	126.38			0.39	126.42	0.89	0.89	0.48	11.09	0.53
Canale Princ. De	196.00*	2.00	125.57	0.77	126.34			0.40	126.38	0.90	0.90	0.48	11.32	0.52
Canale Princ. De	177.00*	2.00	125.53	0.76	126.29			0.40	126.33	0.91	0.91	0.48	11.64	0.52
Canale Princ. De	158.00*	2.00	125.48	0.76	126.24			0.41	126.28	0.93	0.93	0.47	12.06	0.52
Canale Princ. De	139.00*	2.00	125.44	0.74	126.19			0.43	126.23	0.95	0.95	0.47	12.75	0.51
Canale Princ. De	120.00*	2.00	125.40	0.73	126.13			0.45	126.18	0.99	0.99	0.46	13.77	0.50
Canale Princ. De	101.00*	2.00	125.35	0.70	126.06			0.48	126.11	1.05	1.05	0.44	15.67	0.48
Canale Princ. De	82	2.00	125.31	0.65	125.96	125.78	0.18	0.56	126.03	1.18	1.18	0.41	20.26	0.45

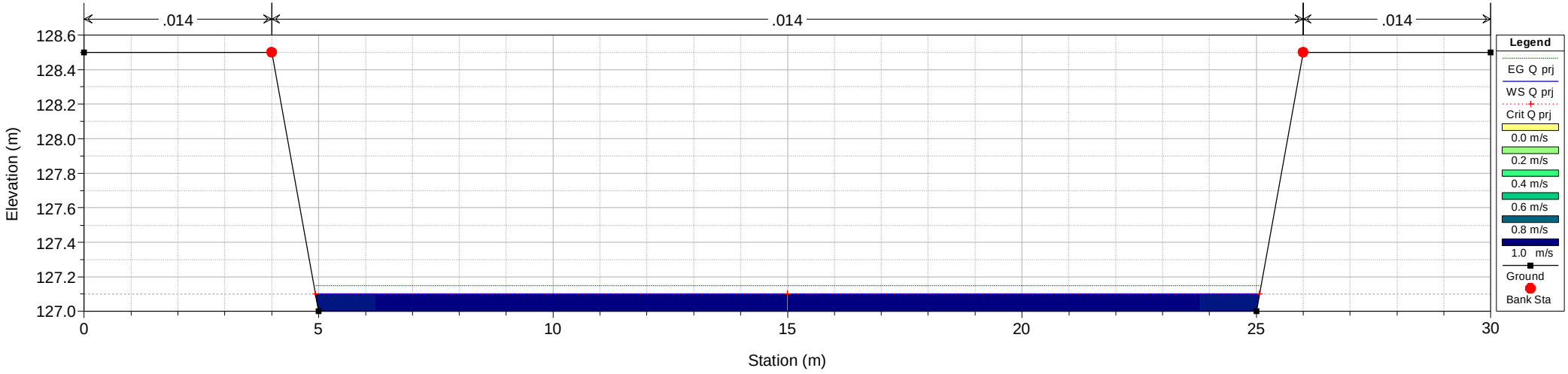

Canale_recettore_SC1
Canale Princ. De Canale Princ. De
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
Ground
LOB
ROB
Left Levee
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
129
128
127
126
125
124
123
122
0
100
200
300
400
500
101.00*
120.00*
139.00*
158.00*
177.00*
196.00*
215.00*
234.00*
253.00*
272.00*
291.00*
310.00*
329.00*
348.00*
367.00*
386.00*
405
436
442
445
483

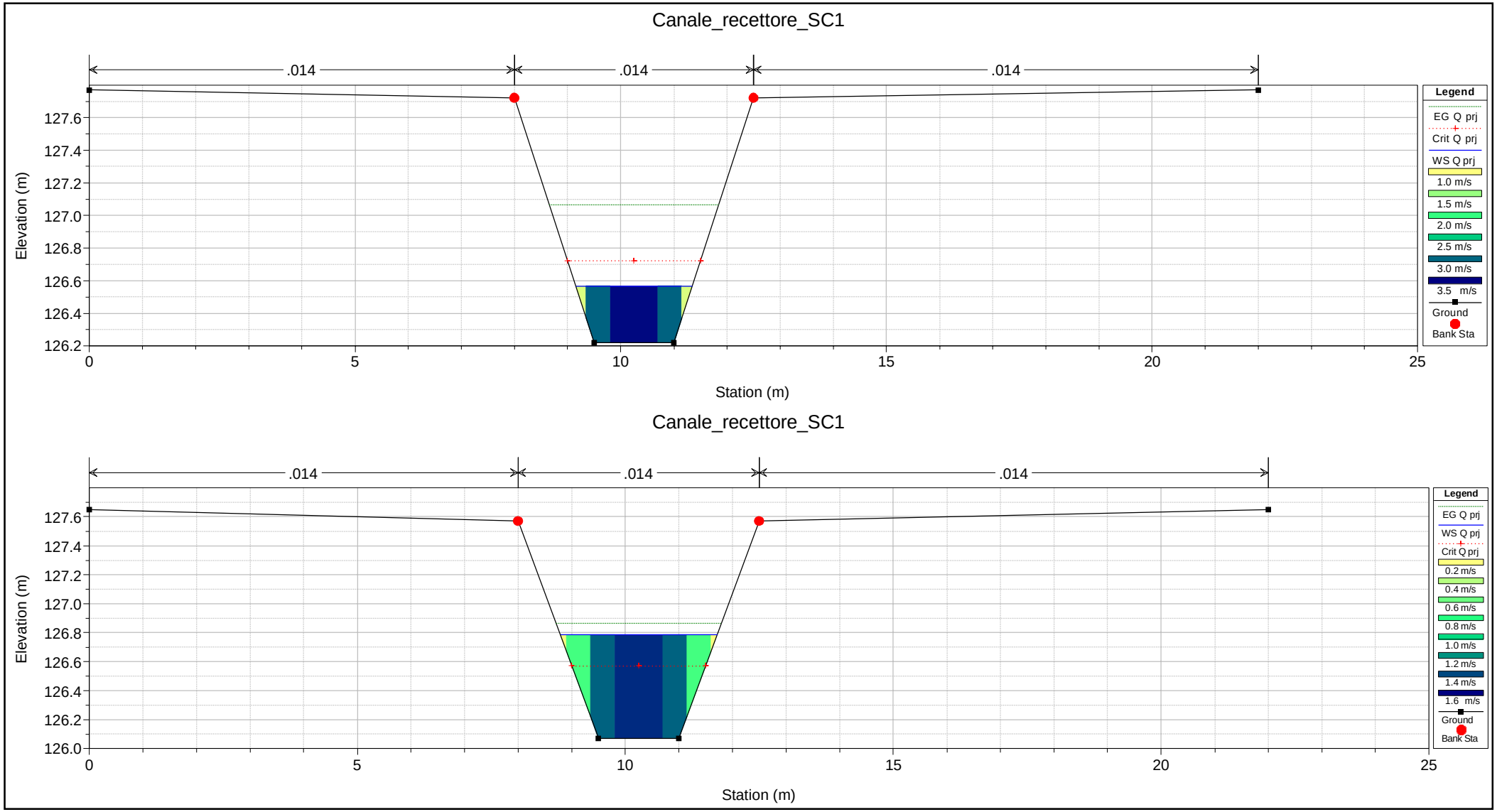

Canale_recettore_SC1
.014
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q prj
EG Q prj
Crit Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC1
.014
.014
.014
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta

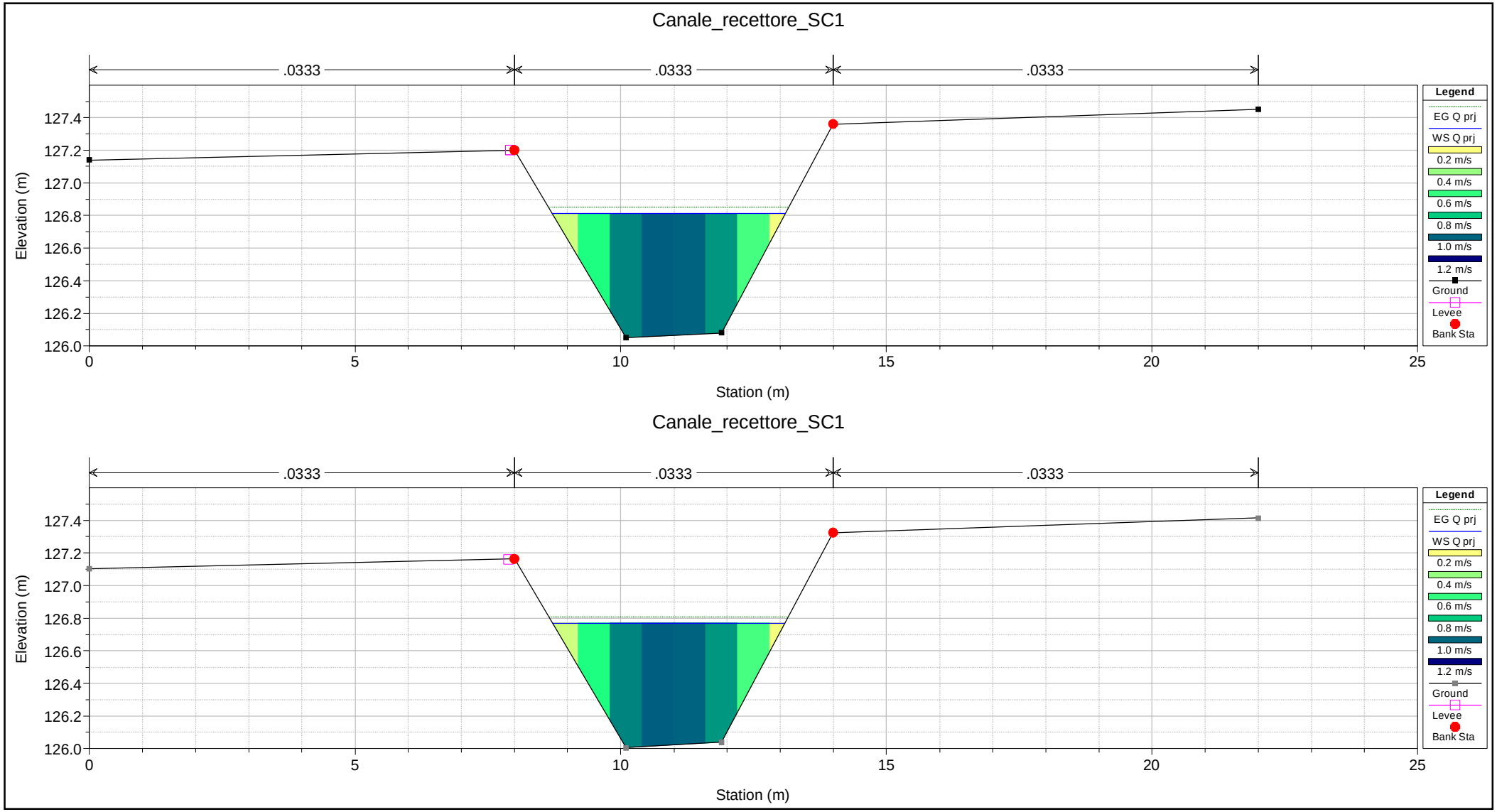
Canale_recettore_SC1

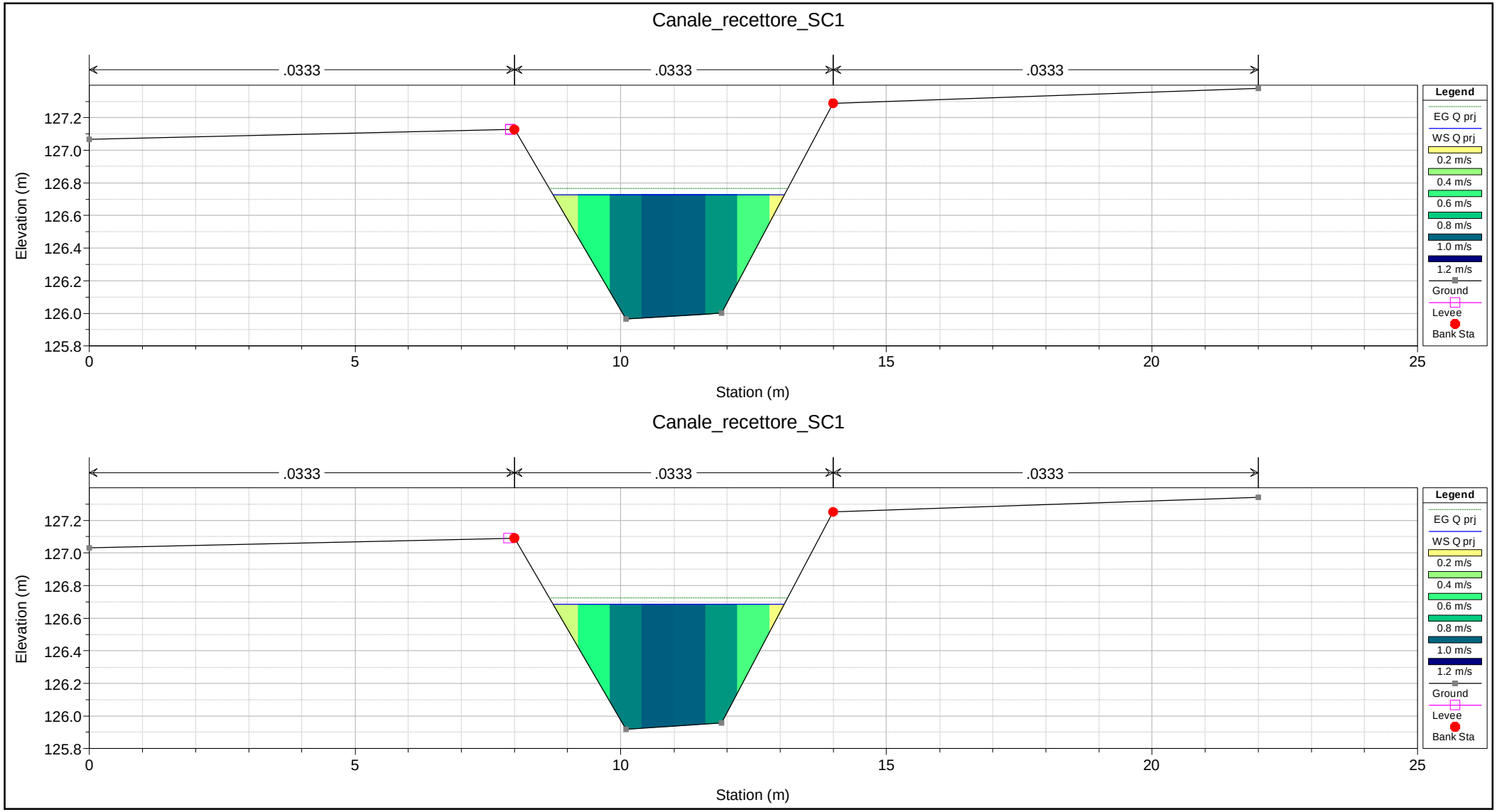


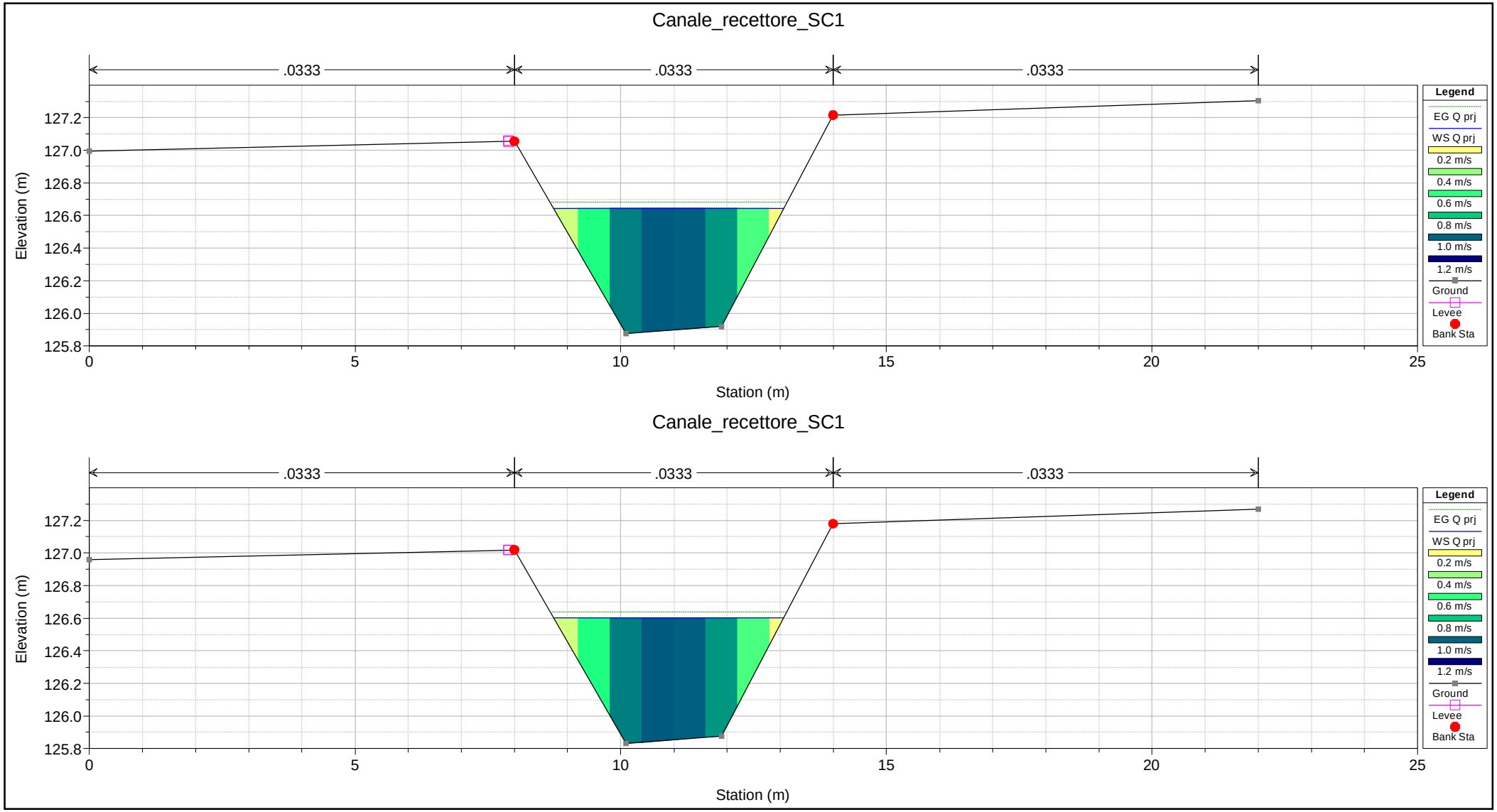
Canale_recettore_SC1

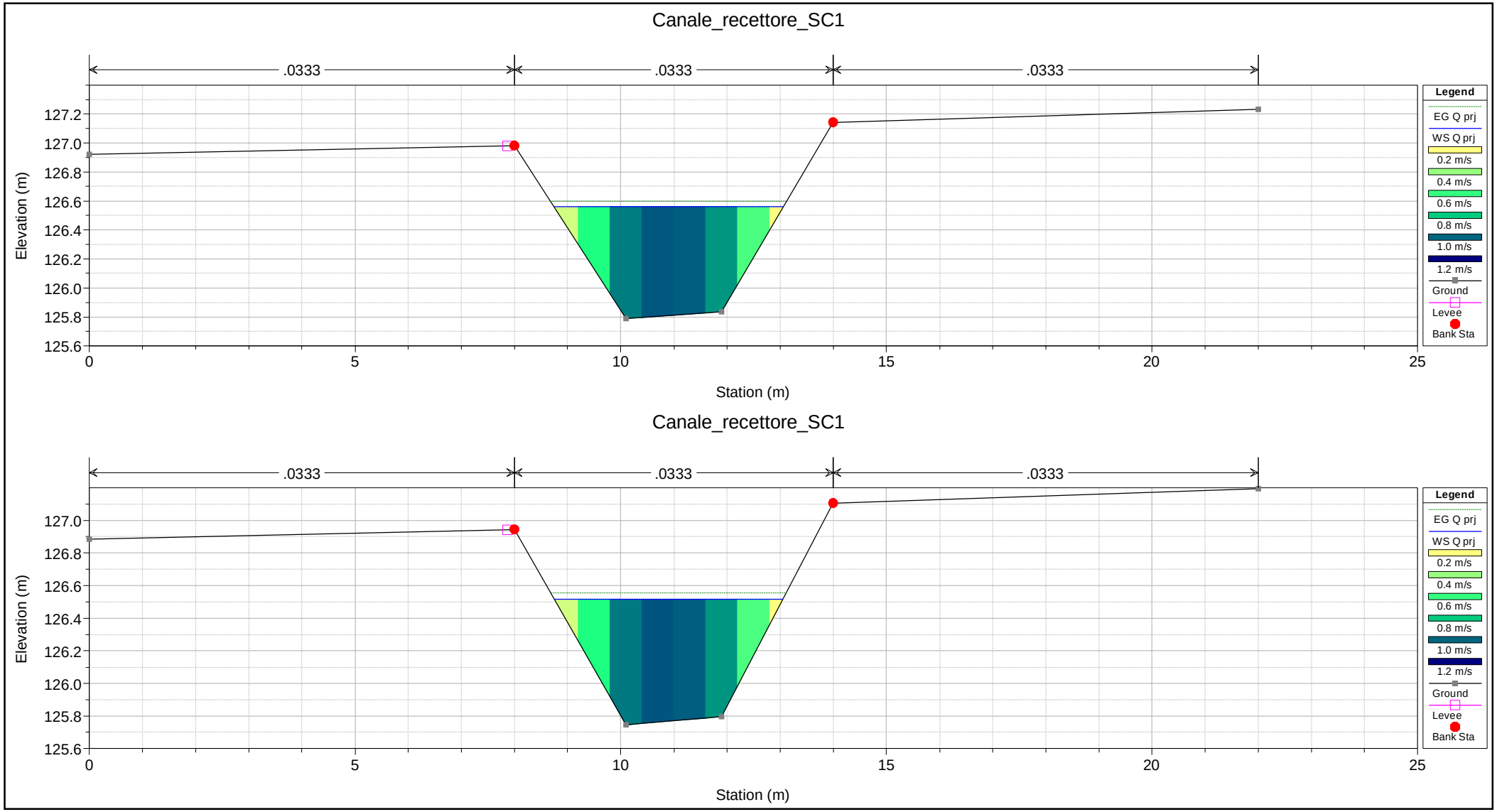


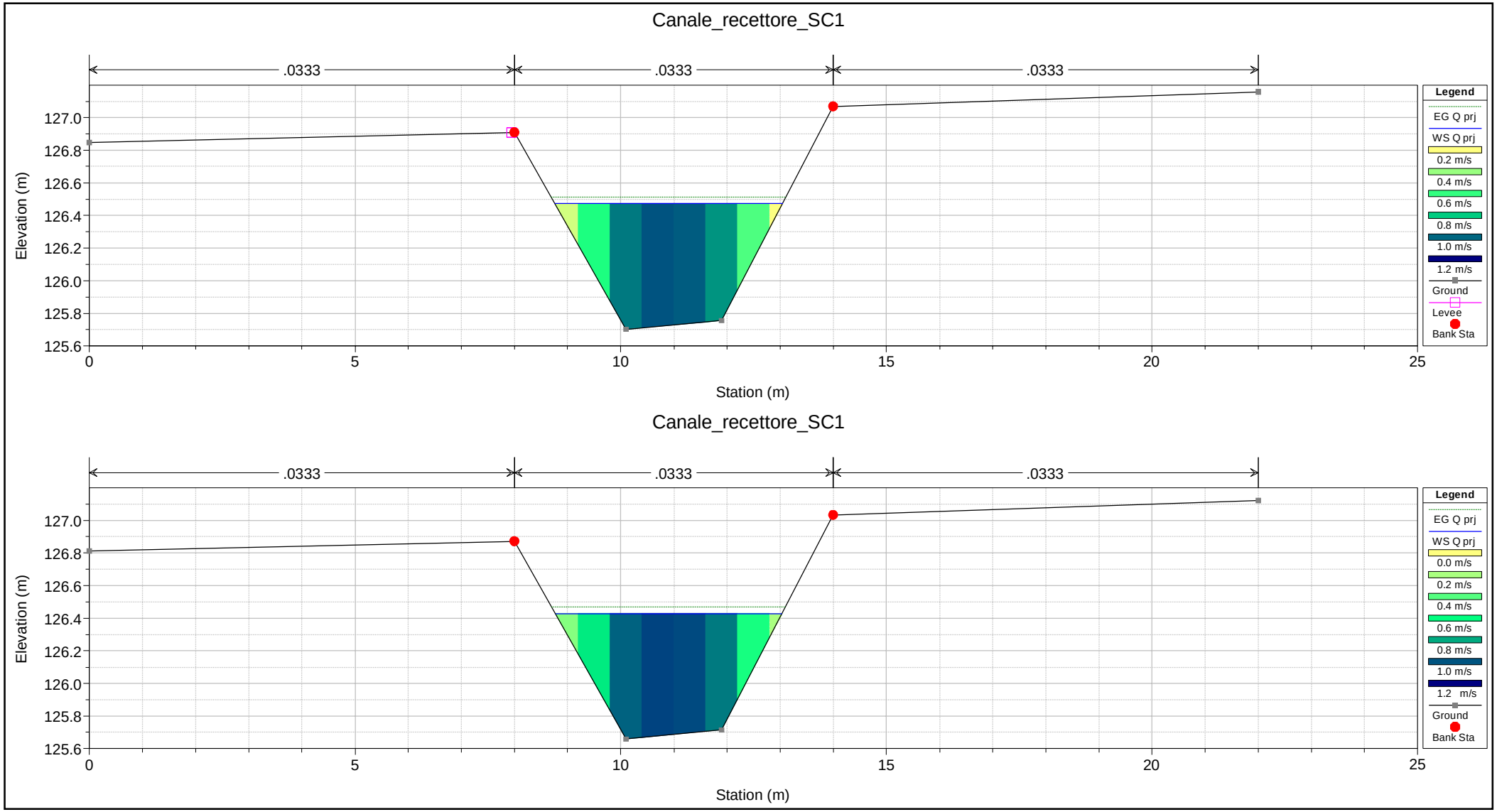

Canale_recettore_SC1
.014
.014
.014
Elevation (m)
127.6
127.4
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
Crit Q prj
WS Q prj
1.0 m/s
1.5 m/s
2.0 m/s
2.5 m/s
3.0 m/s
3.5 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC1
.014
.014
.014
Elevation (m)
127.6
127.4
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta

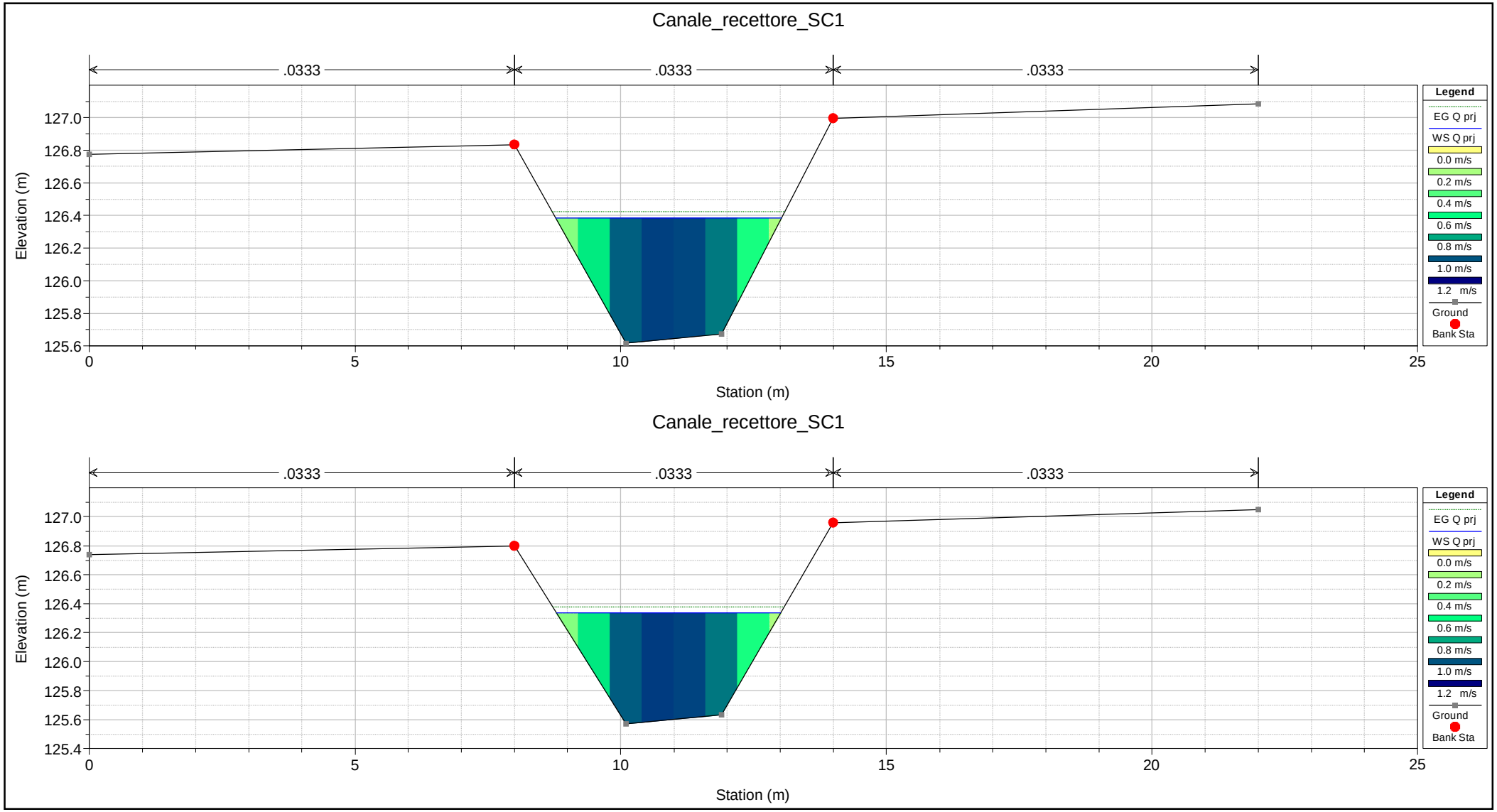

Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.4
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.4
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Levee
Bank Sta

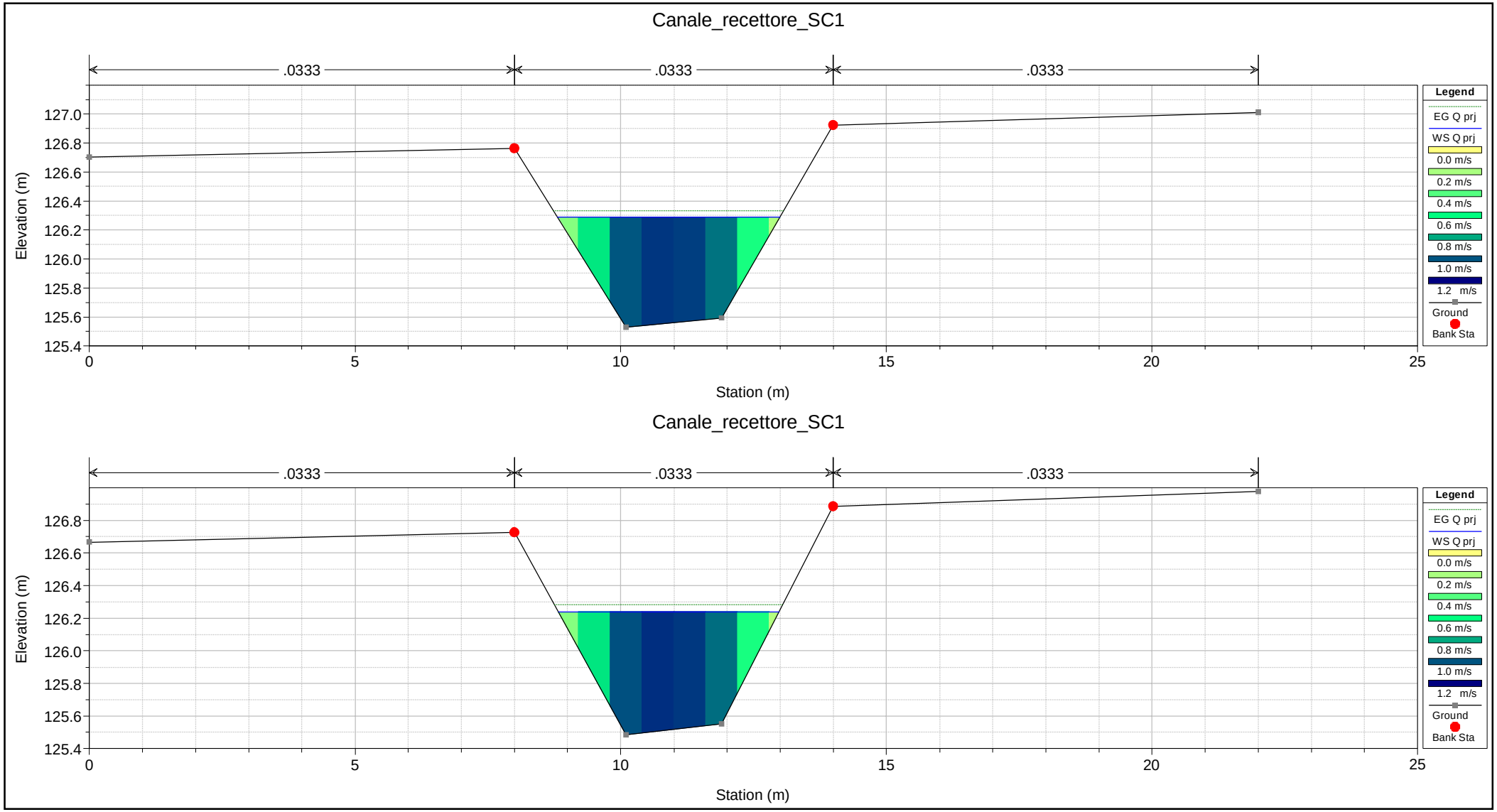

Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Levee
Bank Sta

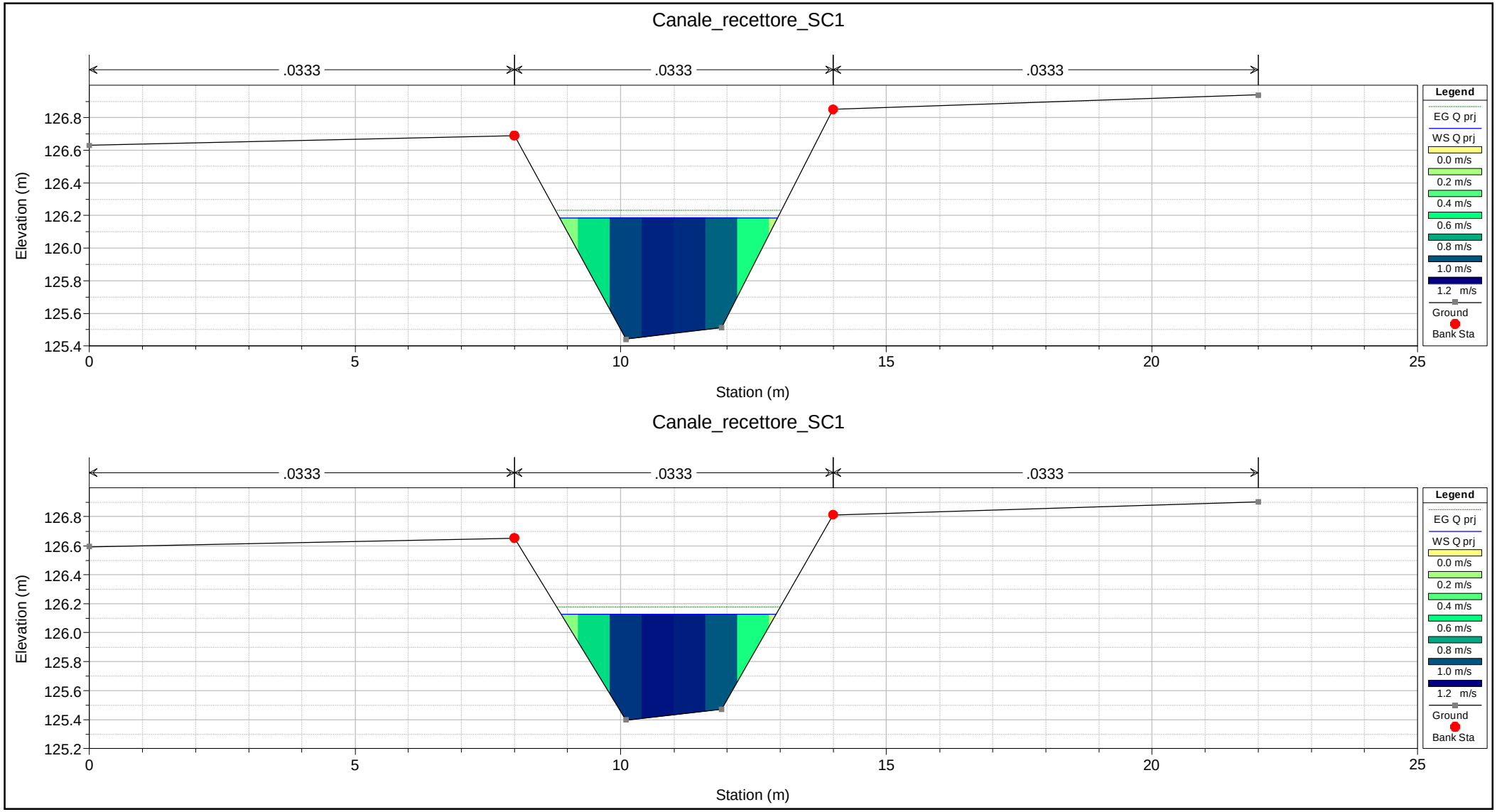

Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Levee
Bank Sta

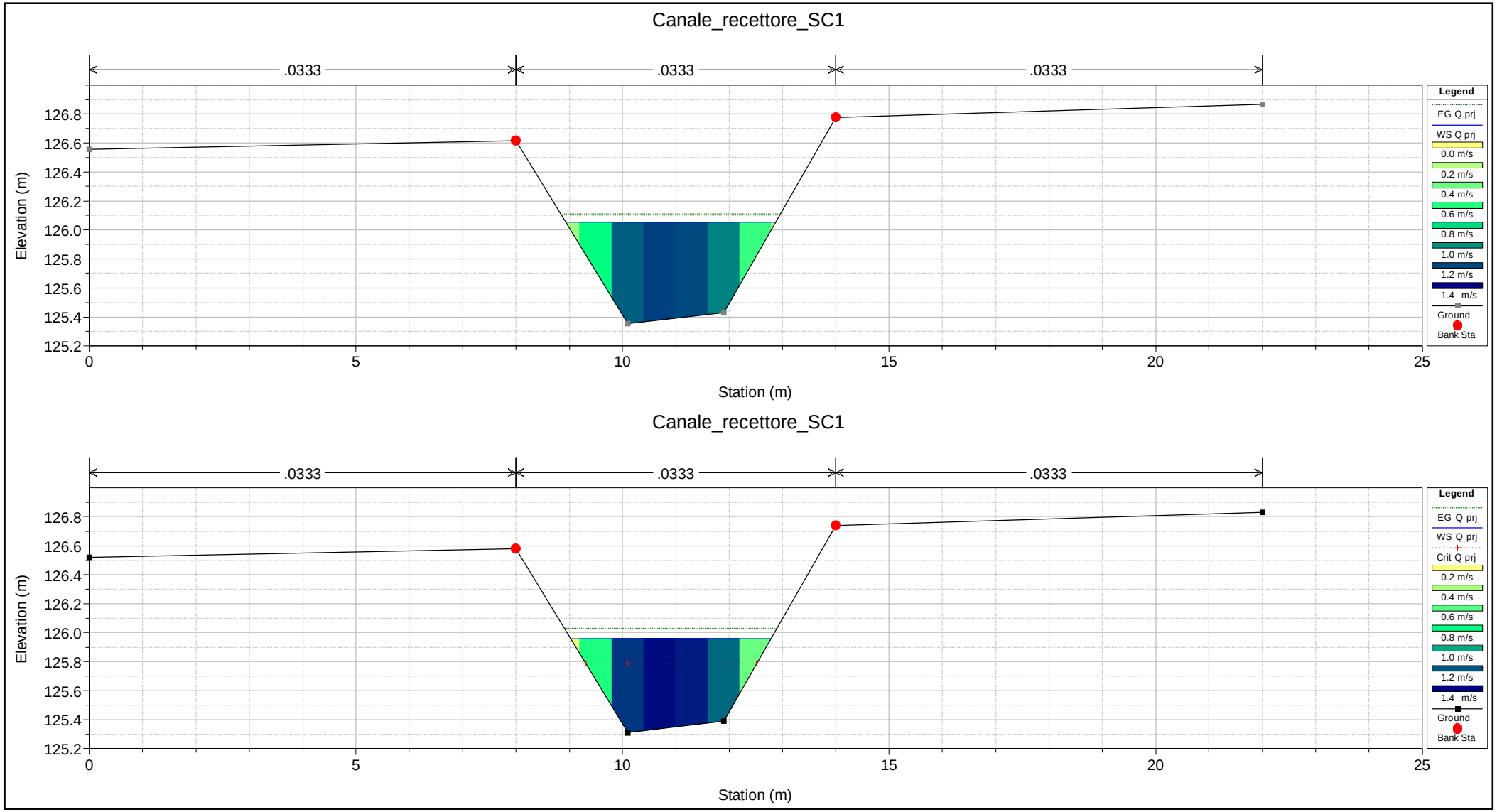

Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Levee
Bank Sta


Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta


Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta


Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta

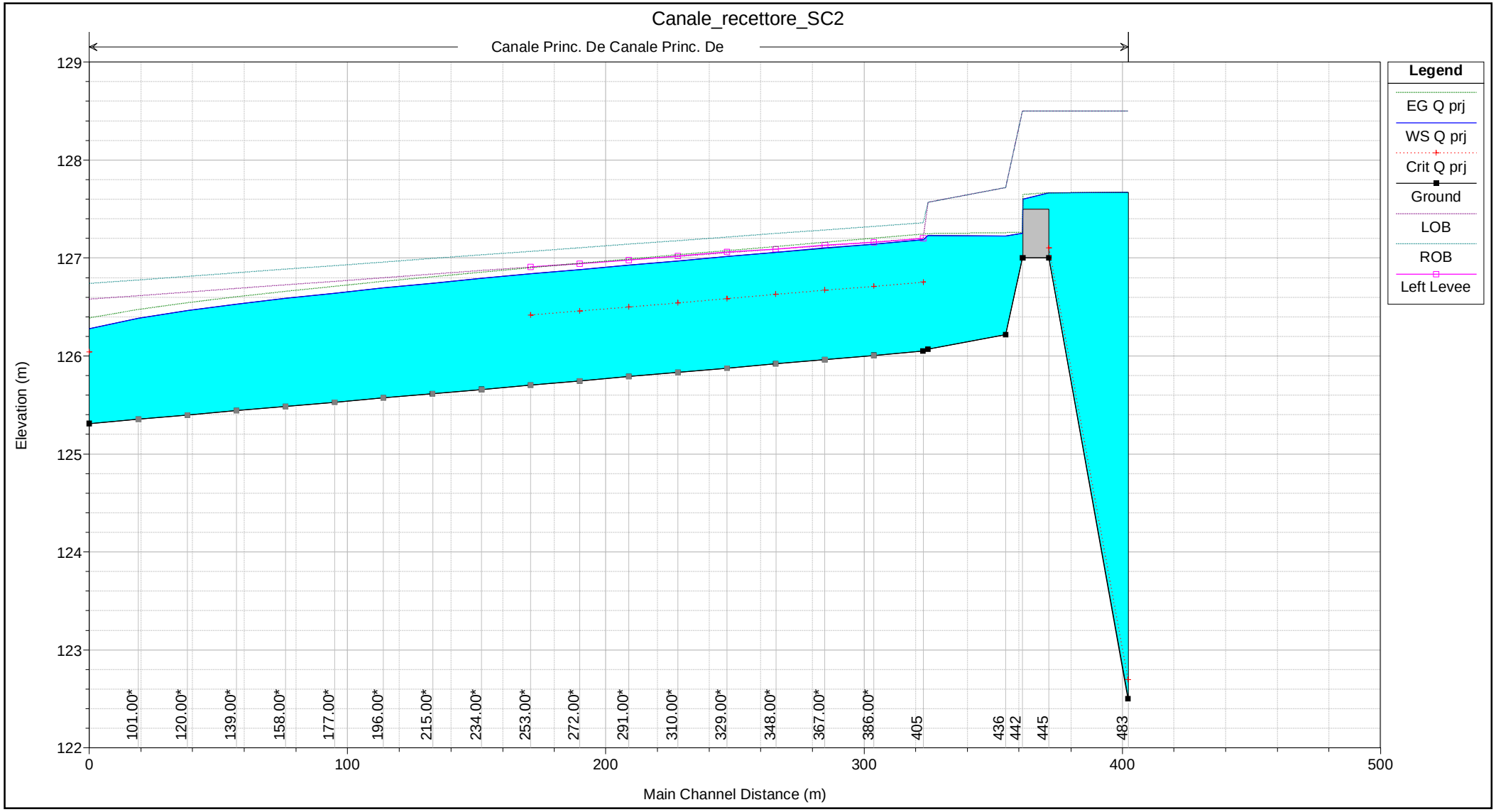

Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
125.2
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta

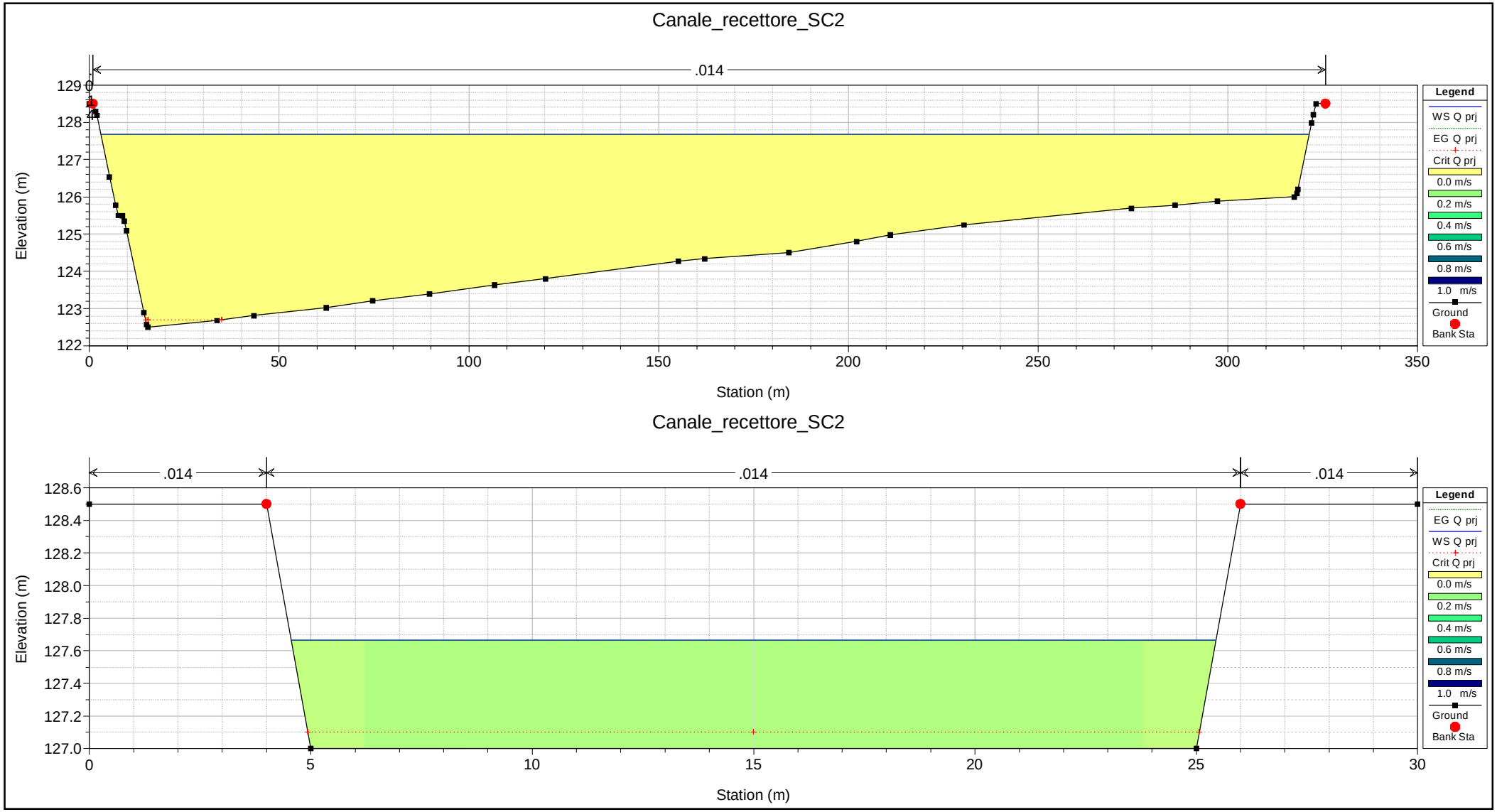

Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
125.2
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC1
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
125.2
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta

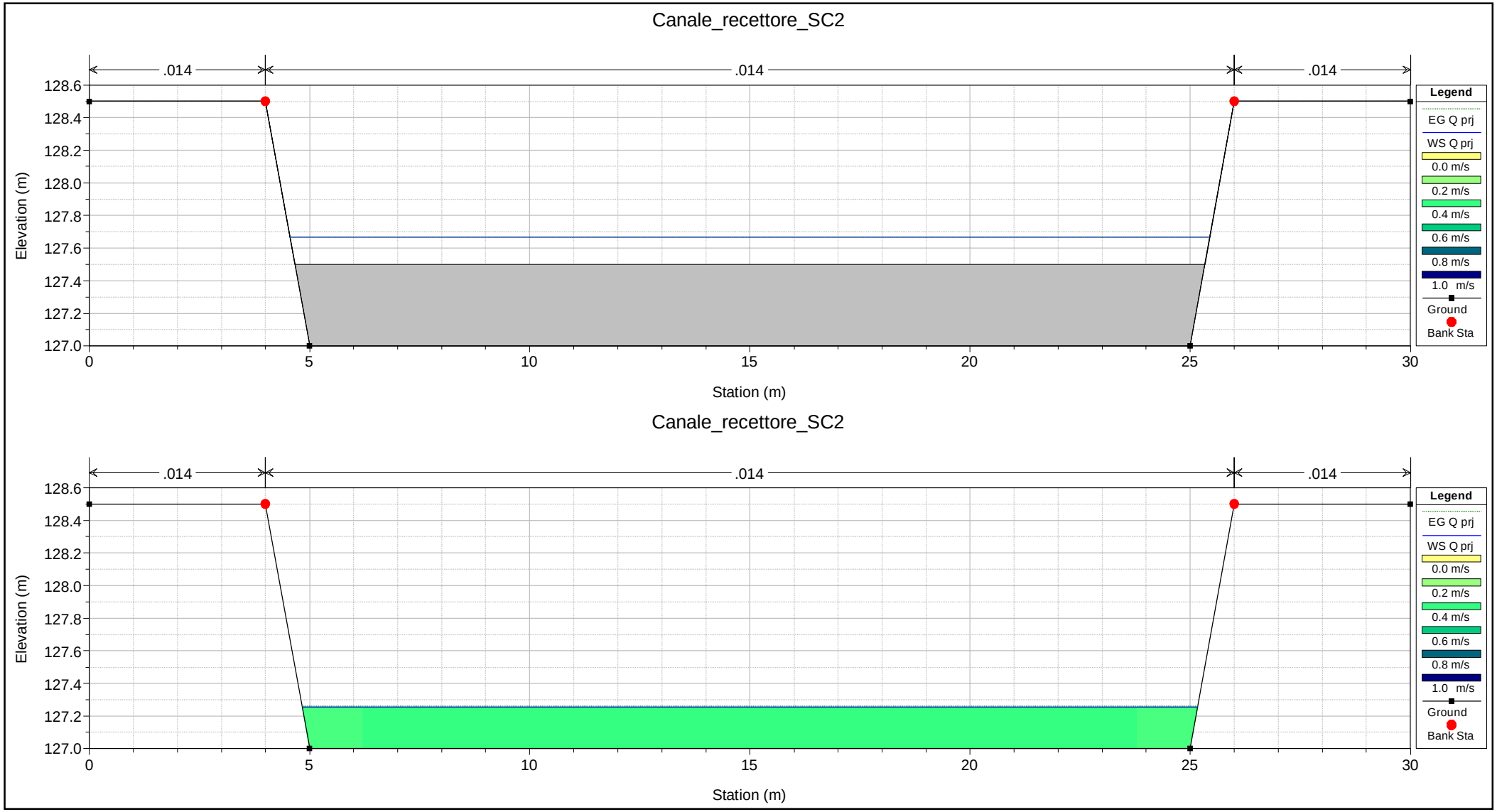
1.2 Verifica di compatibilità del canale di recapito (Scenario 2)

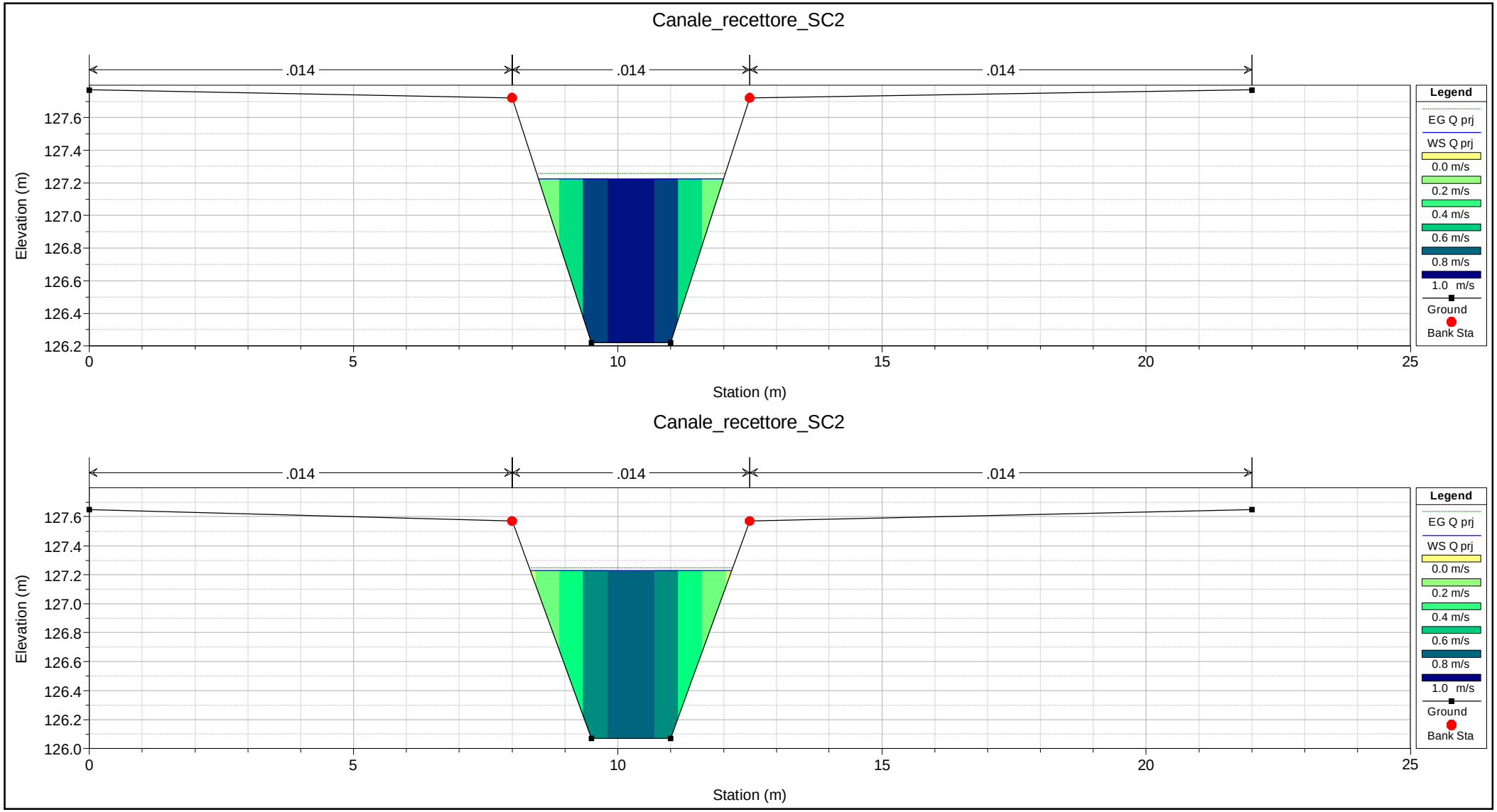
HEC-RAS Plan: Canale_recettore_SC2 River: Canale Princ. De Reach: Canale Princ. De Profile: Q prj

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	Max Chl Dpth	W.S. Elev	Crit W.S.	Diff	Froude # Chl	E.G. Elev	Vel Chnl	Vel Total	Hydr Radius C	Shear Chan	Hydr Depth
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)			(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(N/m2)	(m)
Canale Princ. De	483	2.00	122.50	5.17	127.67	122.70	4.97	0.00	127.67	0.00	0.00	3.24	0.00	3.26
Canale Princ. De	453	2.00	127.00	0.67	127.67	127.10	0.57	0.06	127.67	0.15	0.15	0.63	0.05	0.65
Canale Princ. De	445	Inl Struct												
Canale Princ. De	442	2.00	127.00	0.25	127.25			0.25	127.26	0.39	0.39	0.25	0.47	0.25
Canale Princ. De	436	2.00	126.22	1.01	127.23			0.30	127.26	0.79	0.79	0.58	1.45	0.72
Canale Princ. De	424	2.00	126.07	1.16	127.23			0.23	127.25	0.65	0.65	0.64	0.94	0.81
Canale Princ. De	405	4.50	126.05	1.14	127.19	126.75	0.44	0.40	127.24	1.07	1.07	0.67	14.32	0.74
Canale Princ. De	386.00*	4.50	126.01	1.14	127.14	126.71	0.43	0.40	127.20	1.08	1.08	0.67	14.39	0.74
Canale Princ. De	367.00*	4.50	125.96	1.14	127.10	126.67	0.43	0.40	127.16	1.08	1.08	0.67	14.47	0.74
Canale Princ. De	348.00*	4.50	125.92	1.14	127.06	126.63	0.43	0.40	127.12	1.08	1.08	0.67	14.56	0.74
Canale Princ. De	329.00*	4.50	125.88	1.14	127.02	126.58	0.44	0.40	127.08	1.09	1.09	0.67	14.68	0.74
Canale Princ. De	310.00*	4.50	125.83	1.14	126.97	126.54	0.43	0.40	127.03	1.09	1.09	0.67	14.80	0.74
Canale Princ. De	291.00*	4.50	125.79	1.14	126.93	126.50	0.43	0.41	126.99	1.10	1.10	0.67	14.94	0.74
Canale Princ. De	272.00*	4.50	125.74	1.14	126.88	126.46	0.42	0.41	126.95	1.10	1.10	0.66	15.13	0.74
Canale Princ. De	253.00*	4.50	125.70	1.14	126.84	126.42	0.42	0.41	126.90	1.11	1.11	0.66	15.34	0.74
Canale Princ. De	234.00*	4.50	125.66	1.13	126.79			0.42	126.86	1.12	1.12	0.66	15.62	0.73
Canale Princ. De	215.00*	4.50	125.62	1.13	126.74			0.42	126.81	1.13	1.13	0.66	15.95	0.73
Canale Princ. De	196.00*	4.50	125.57	1.12	126.69			0.43	126.76	1.14	1.14	0.65	16.39	0.73
Canale Princ. De	177.00*	4.50	125.53	1.11	126.64			0.44	126.71	1.16	1.16	0.65	16.95	0.72
Canale Princ. De	158.00*	4.50	125.48	1.10	126.59			0.45	126.66	1.18	1.18	0.64	17.68	0.72
Canale Princ. De	139.00*	4.50	125.44	1.09	126.53			0.46	126.60	1.22	1.22	0.64	18.75	0.71
Canale Princ. De	120.00*	4.50	125.40	1.06	126.46			0.48	126.54	1.26	1.26	0.62	20.29	0.69
Canale Princ. De	101.00*	4.50	125.35	1.03	126.38			0.52	126.47	1.33	1.33	0.61	22.89	0.67
Canale Princ. De	82	4.50	125.31	0.97	126.28	126.04	0.24	0.59	126.39	1.47	1.47	0.58	28.25	0.64

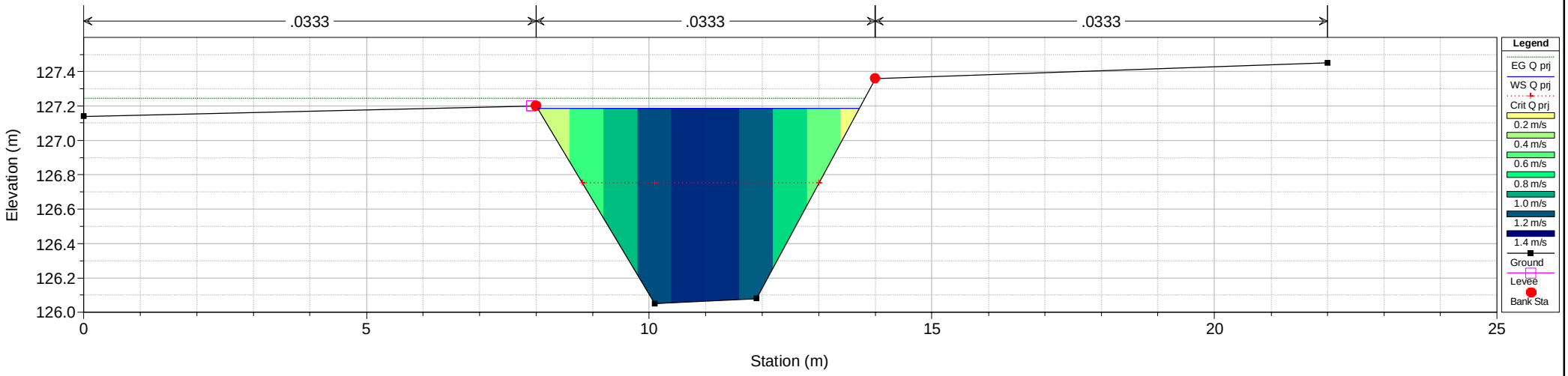

Canale_recettore_SC2
Canale Princ. De Canale Princ. De
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
Ground
LOB
ROB
Left Levee
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
129
128
127
126
125
124
123
122
0
100
200
300
400
500
101.00*
120.00*
139.00*
158.00*
177.00*
196.00*
215.00*
234.00*
253.00*
272.00*
291.00*
310.00*
329.00*
348.00*
367.00*
386.00*
405
436
442
445
483


Canale_recettore_SC2
.014
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q prj
EG Q prj
Crit Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC2
.014
.014
.014
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta

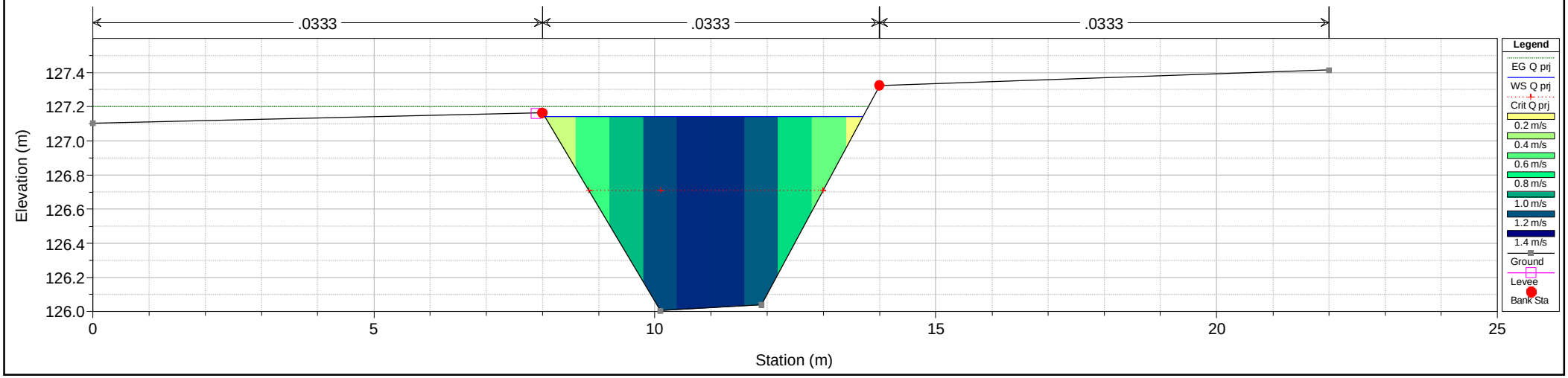

Canale_recettore_SC2
.014
.014
.014
128.6
128.4
128.2
128.0
127.8
127.6
127.4
127.2
127.0
Elevation (m)
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC2
.014
.014
.014
128.6
128.4
128.2
128.0
127.8
127.6
127.4
127.2
127.0
Elevation (m)
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta

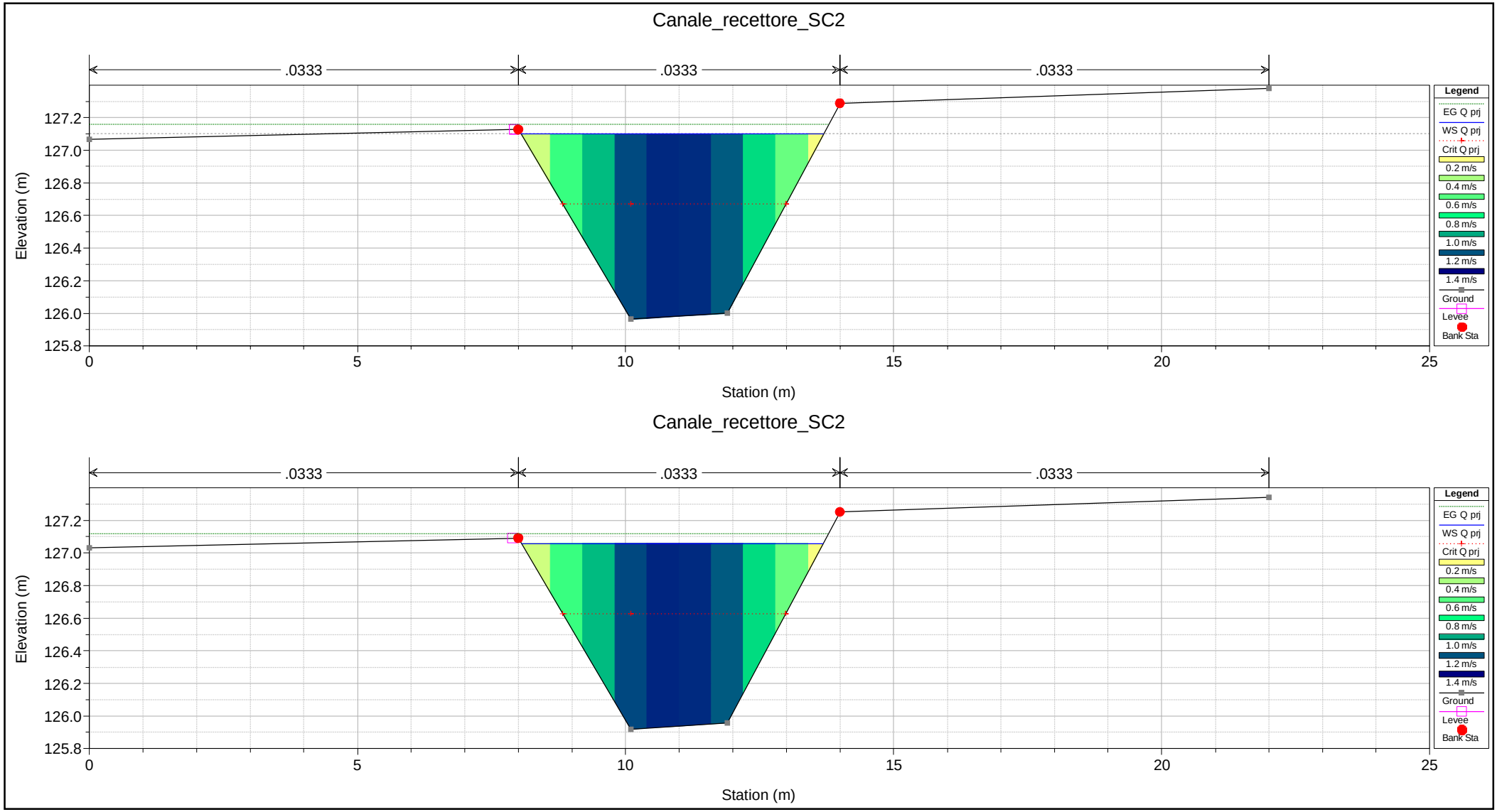

Canale_recettore_SC2
.014
.014
.014
Elevation (m)
127.6
127.4
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC2
.014
.014
.014
Elevation (m)
127.6
127.4
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta

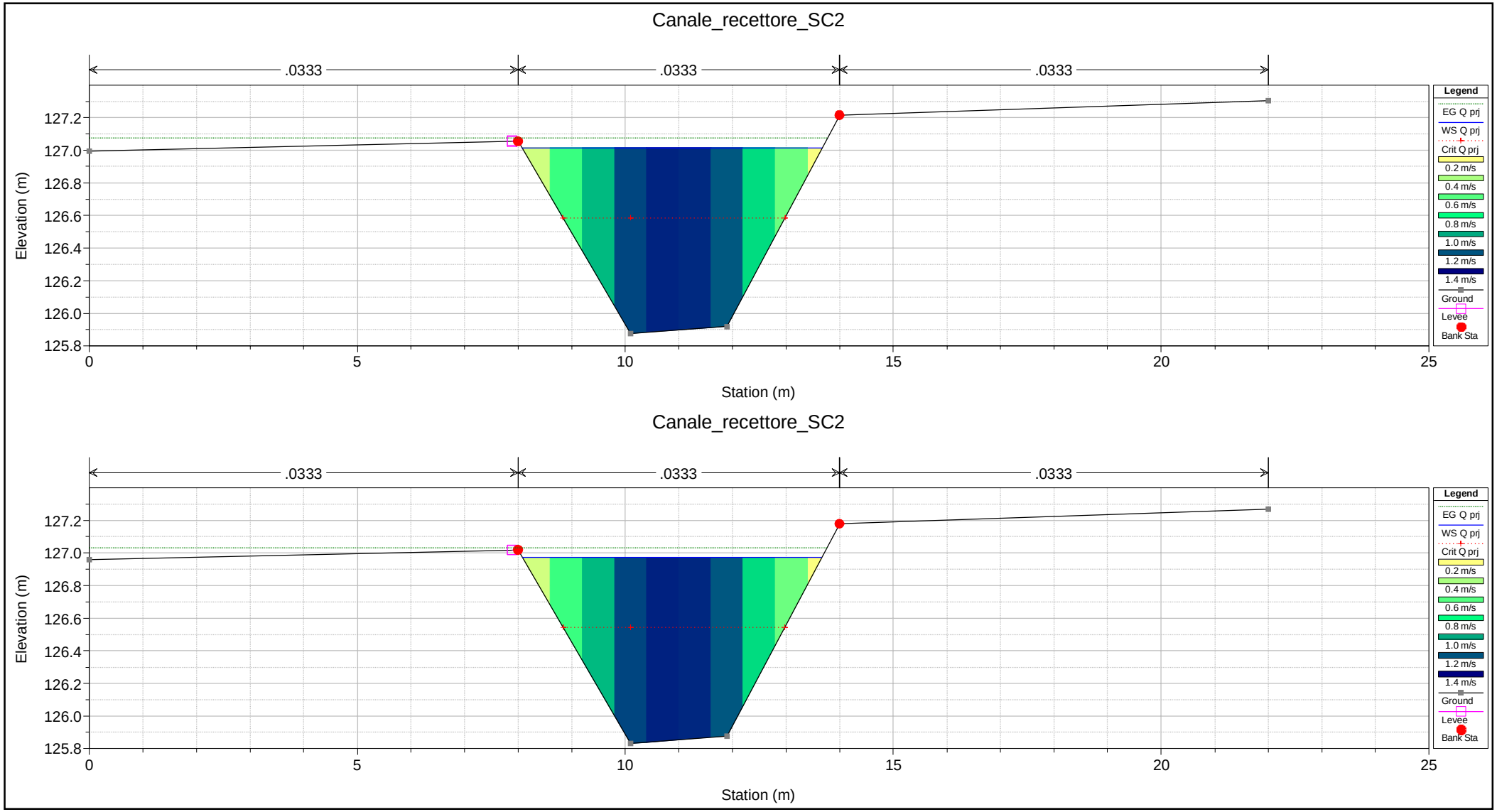
Canale_recettore_SC2



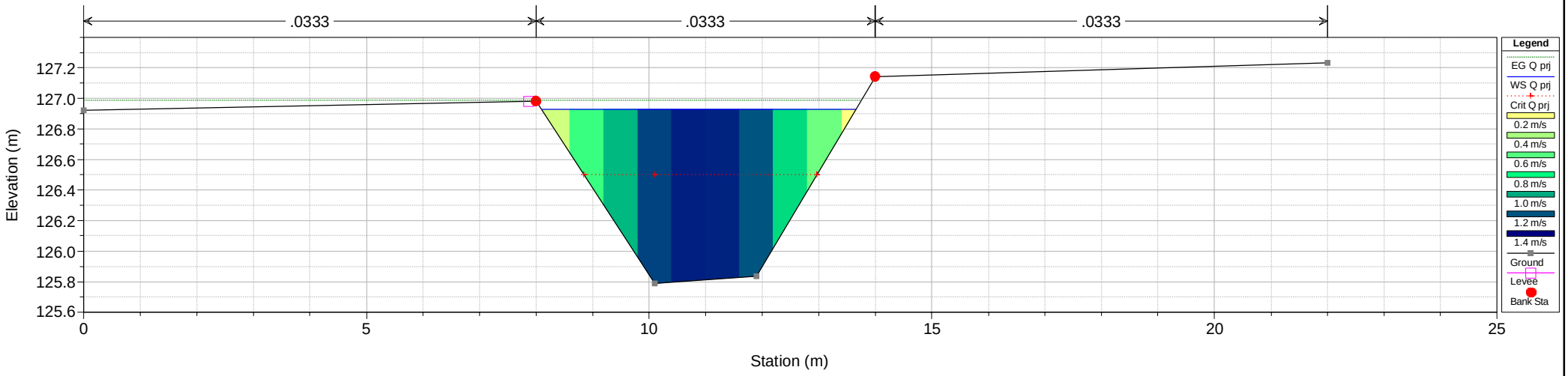
Canale_recettore_SC2



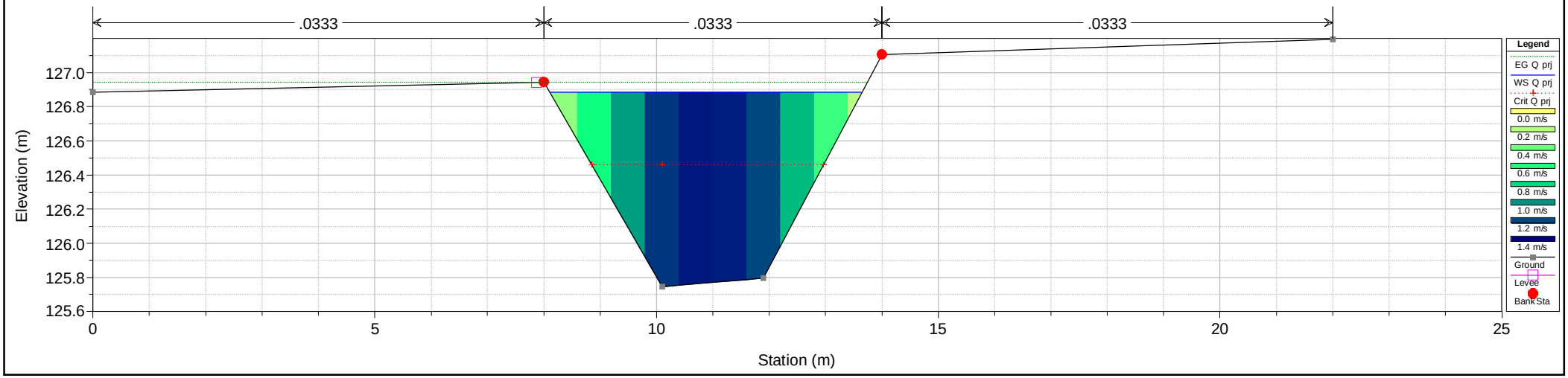

Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Levee
Bank Sta

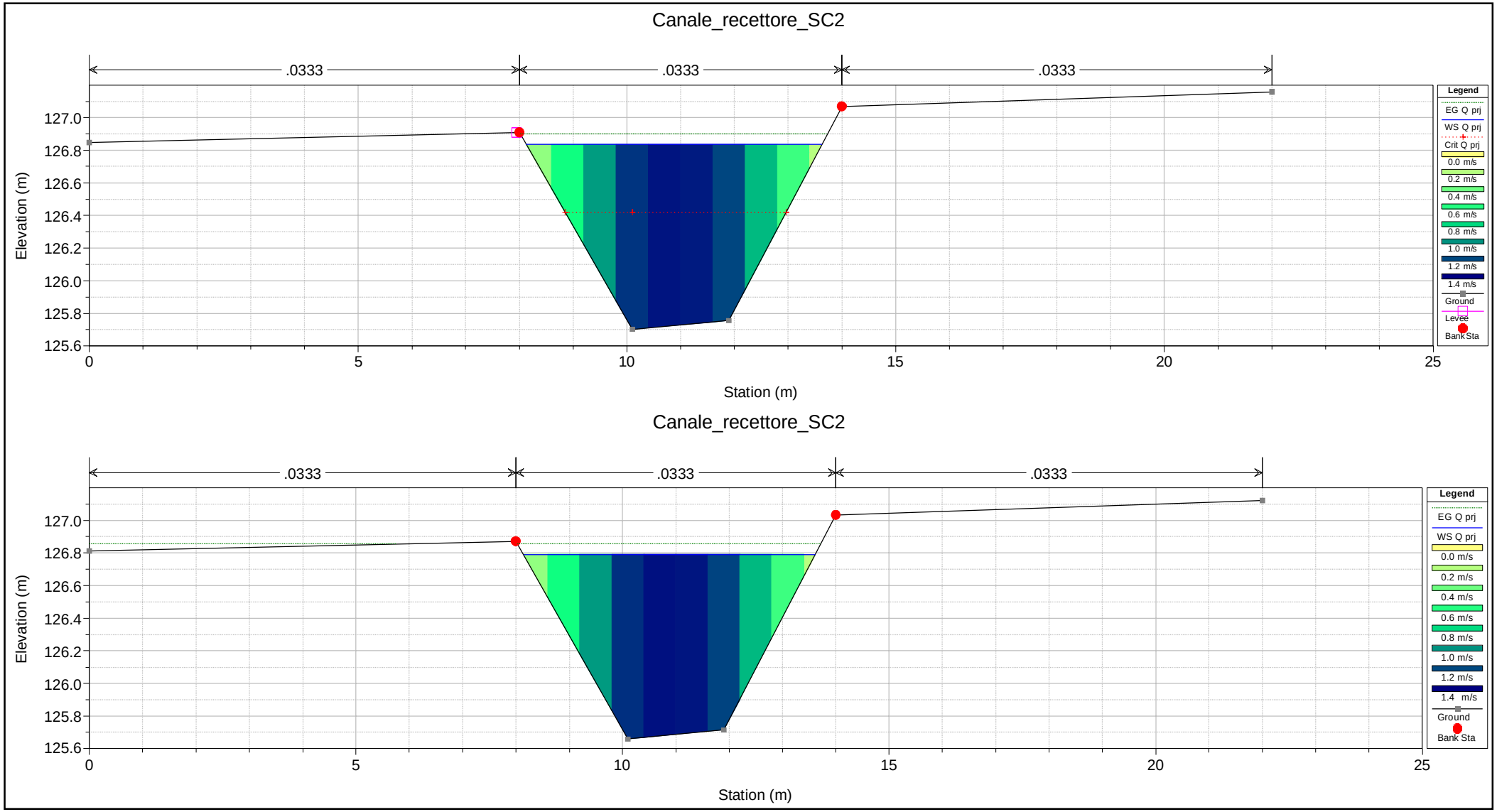

Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.2
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Levee
Bank Sta

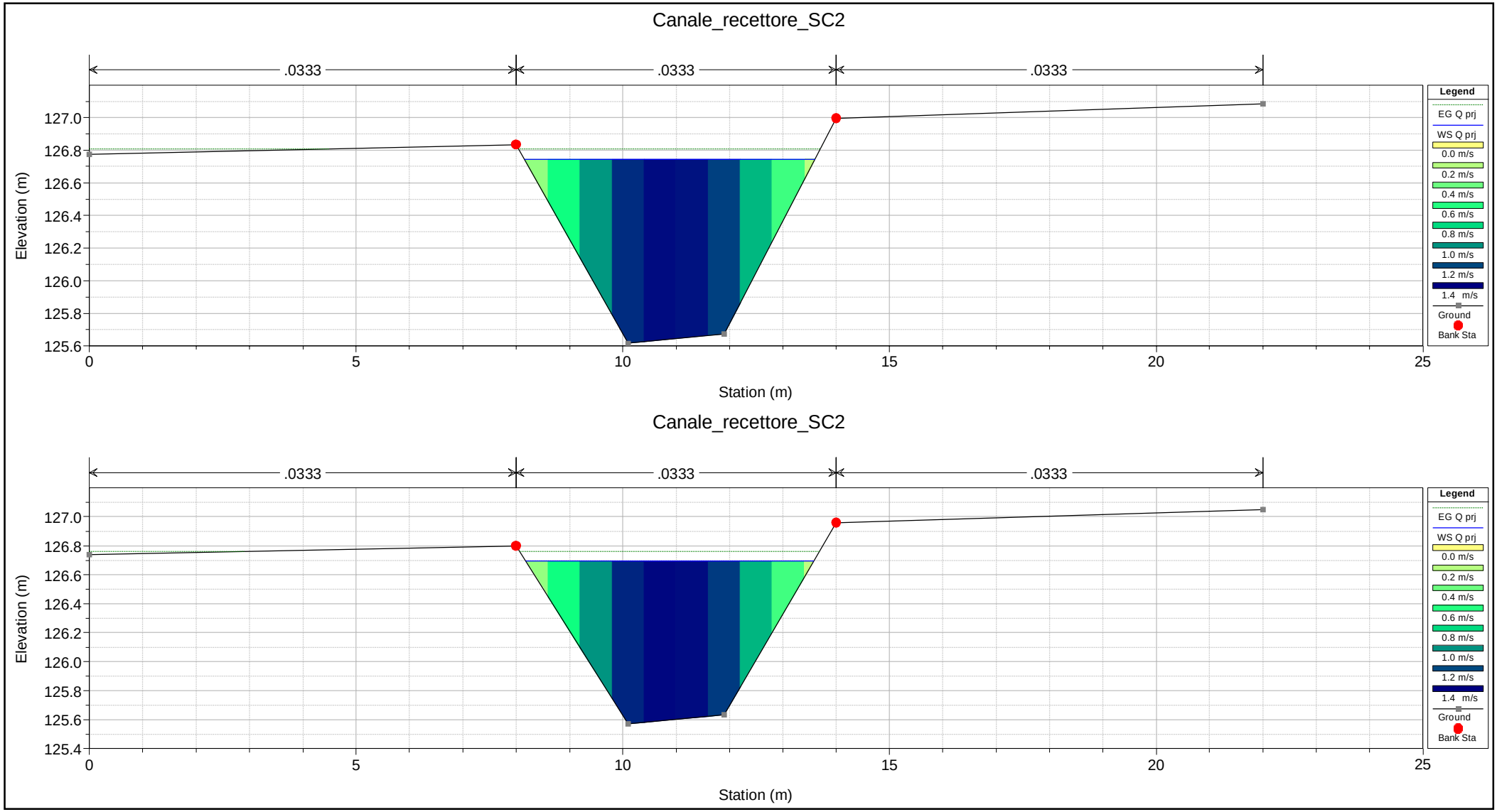
Canale_recettore_SC2

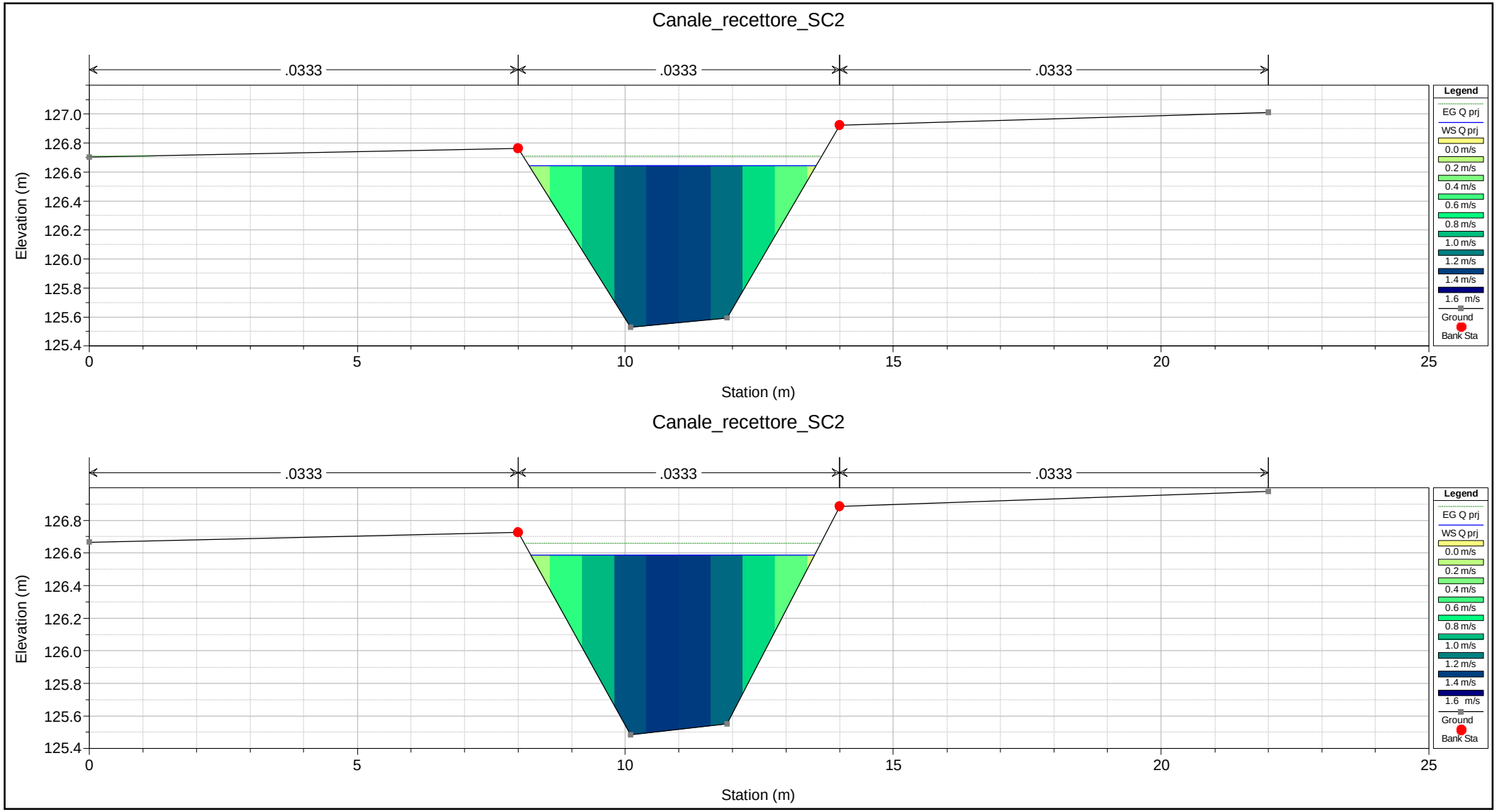


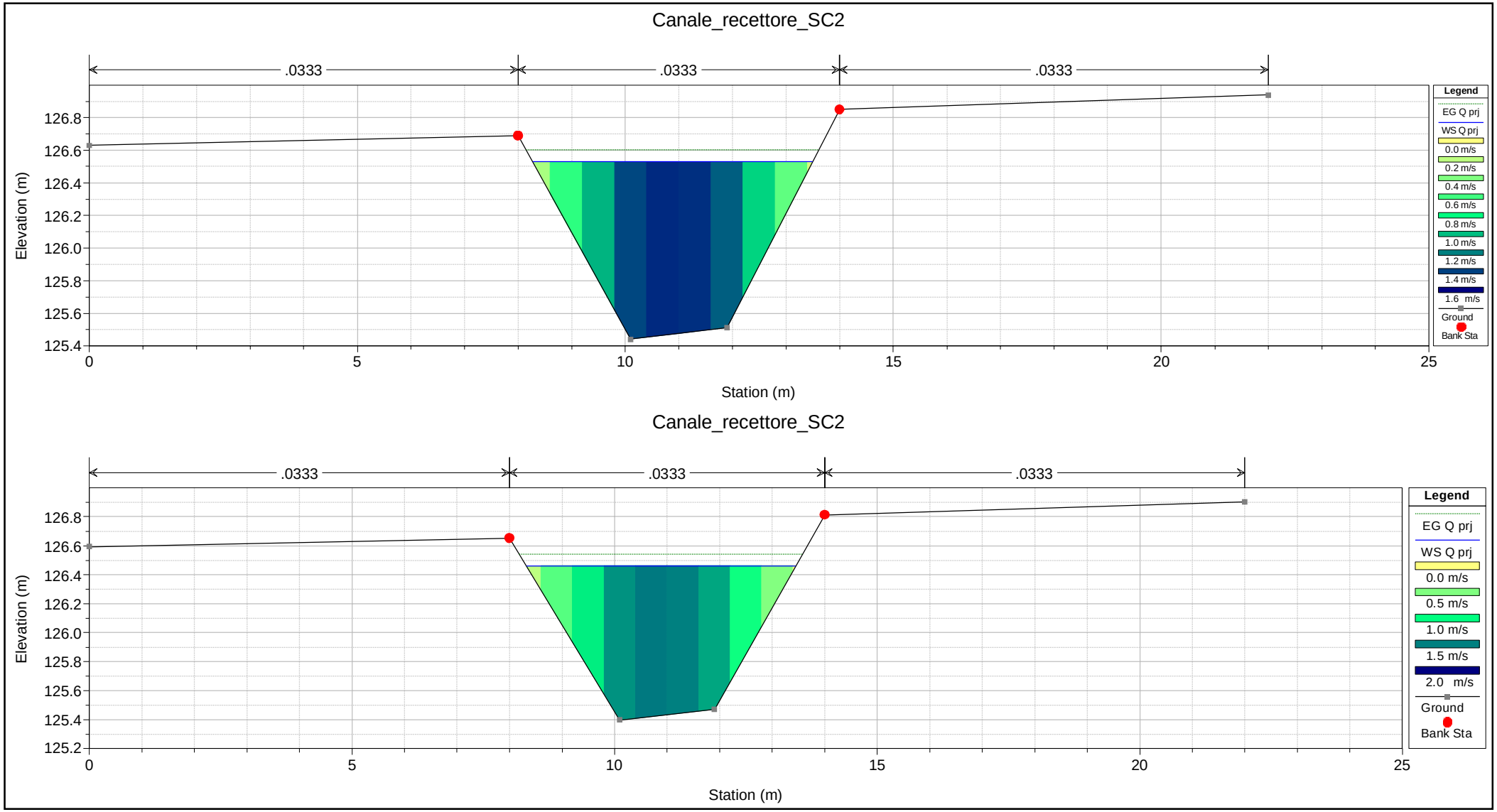
Canale_recettore_SC2

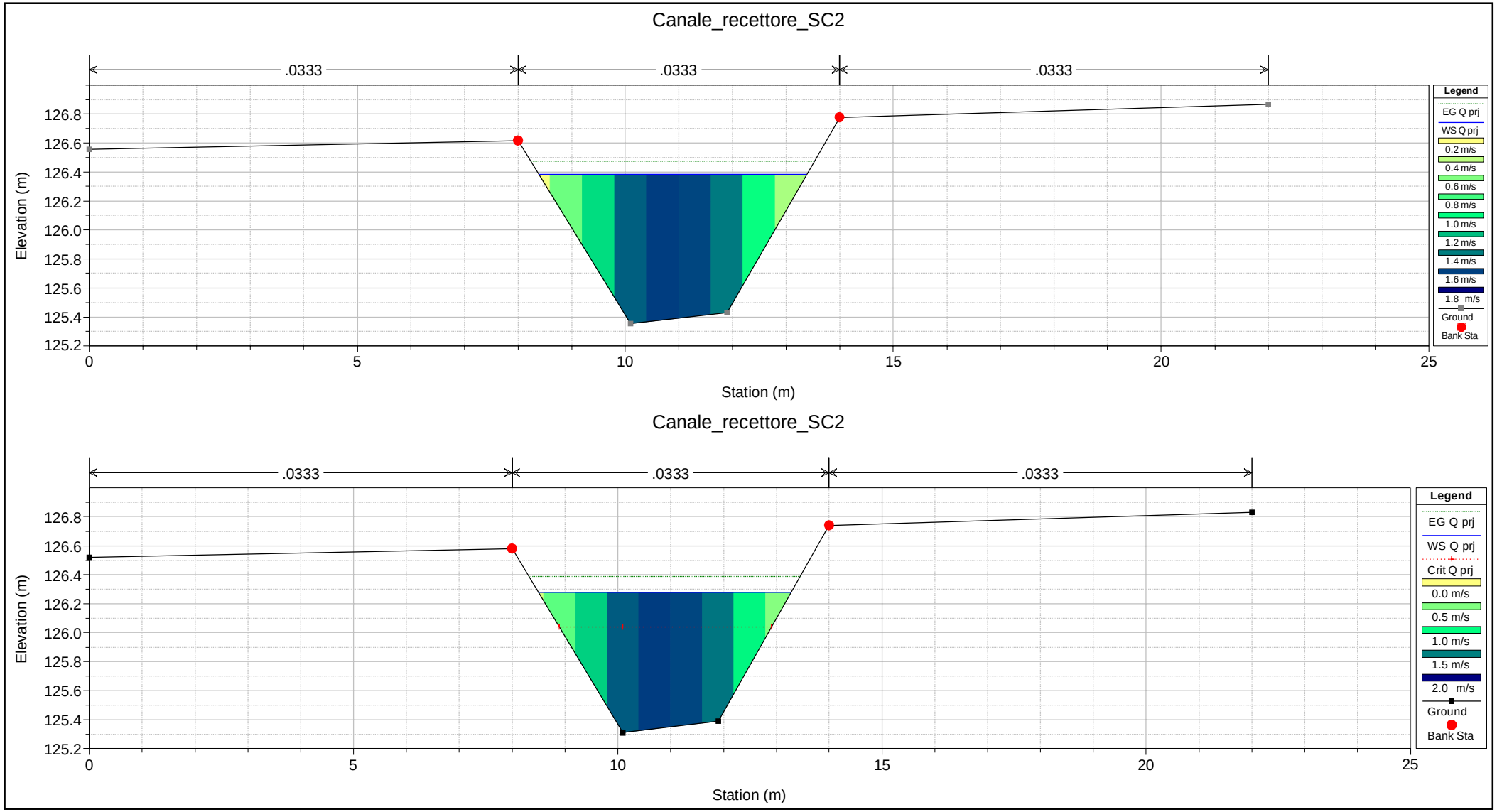



Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta

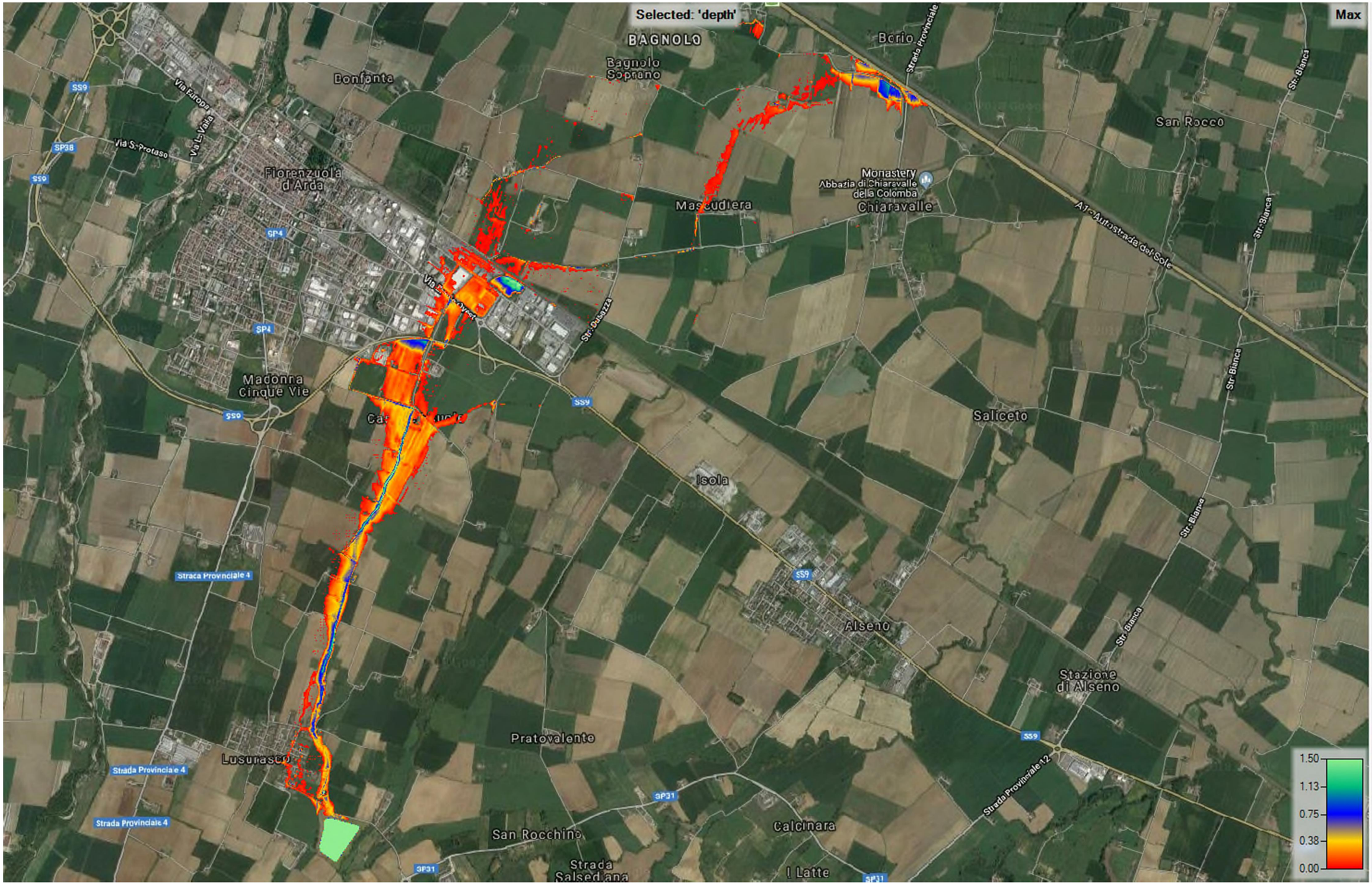

Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta


Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
127.0
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta

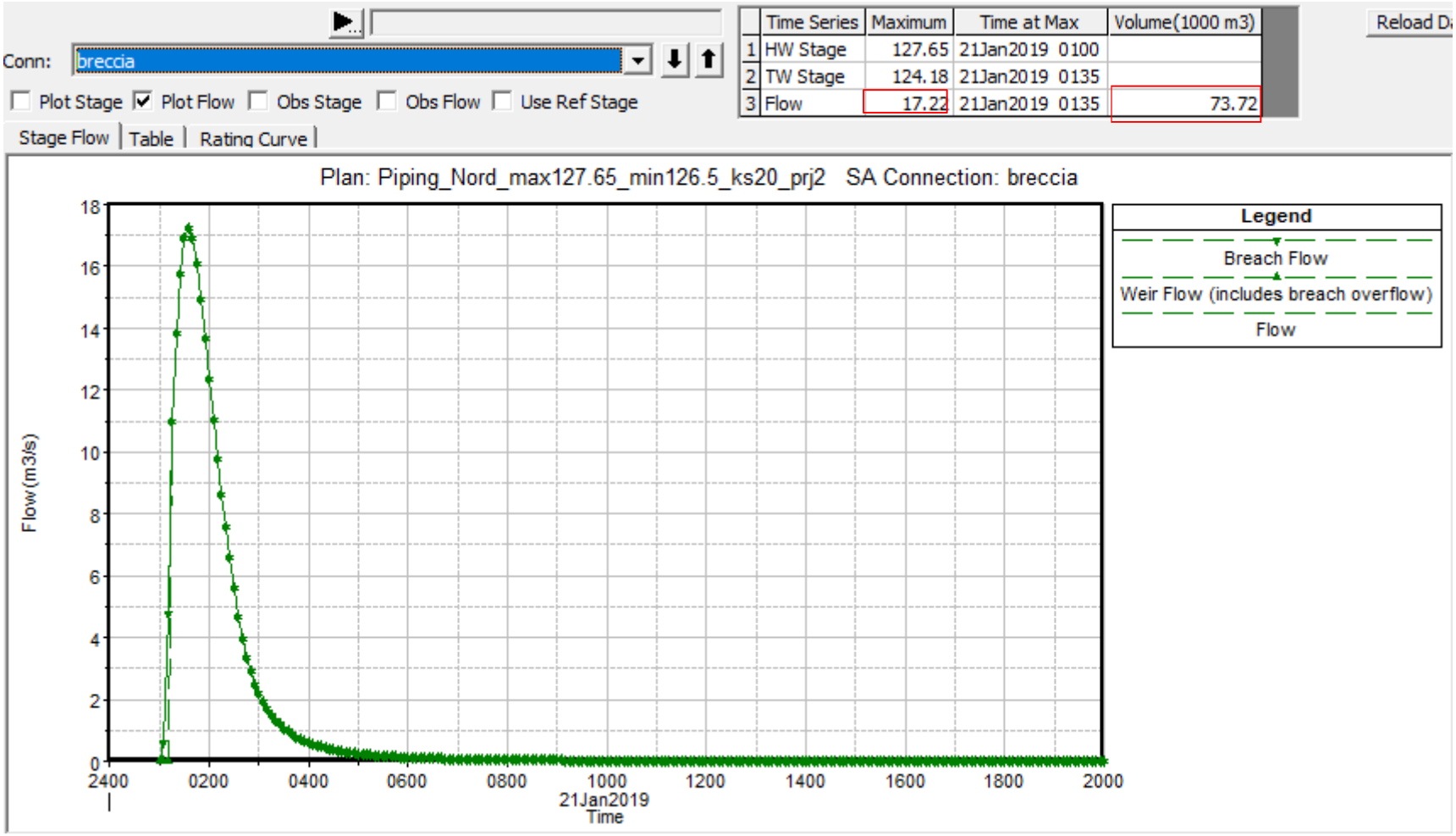

Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
125.2
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.0 m/s
0.5 m/s
1.0 m/s
1.5 m/s
2.0 m/s
Ground
Bank Sta


Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
125.2
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
1.8 m/s
Ground
Bank Sta
Canale_recettore_SC2
.0333
.0333
.0333
Elevation (m)
126.8
126.6
126.4
126.2
126.0
125.8
125.6
125.4
125.2
0
5
10
15
20
25
Station (m)
Legend
EG Q prj
WS Q prj
Crit Q prj
0.0 m/s
0.5 m/s
1.0 m/s
1.5 m/s
2.0 m/s
Ground
Bank Sta

1.3 Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura nord) (Scenario 3)

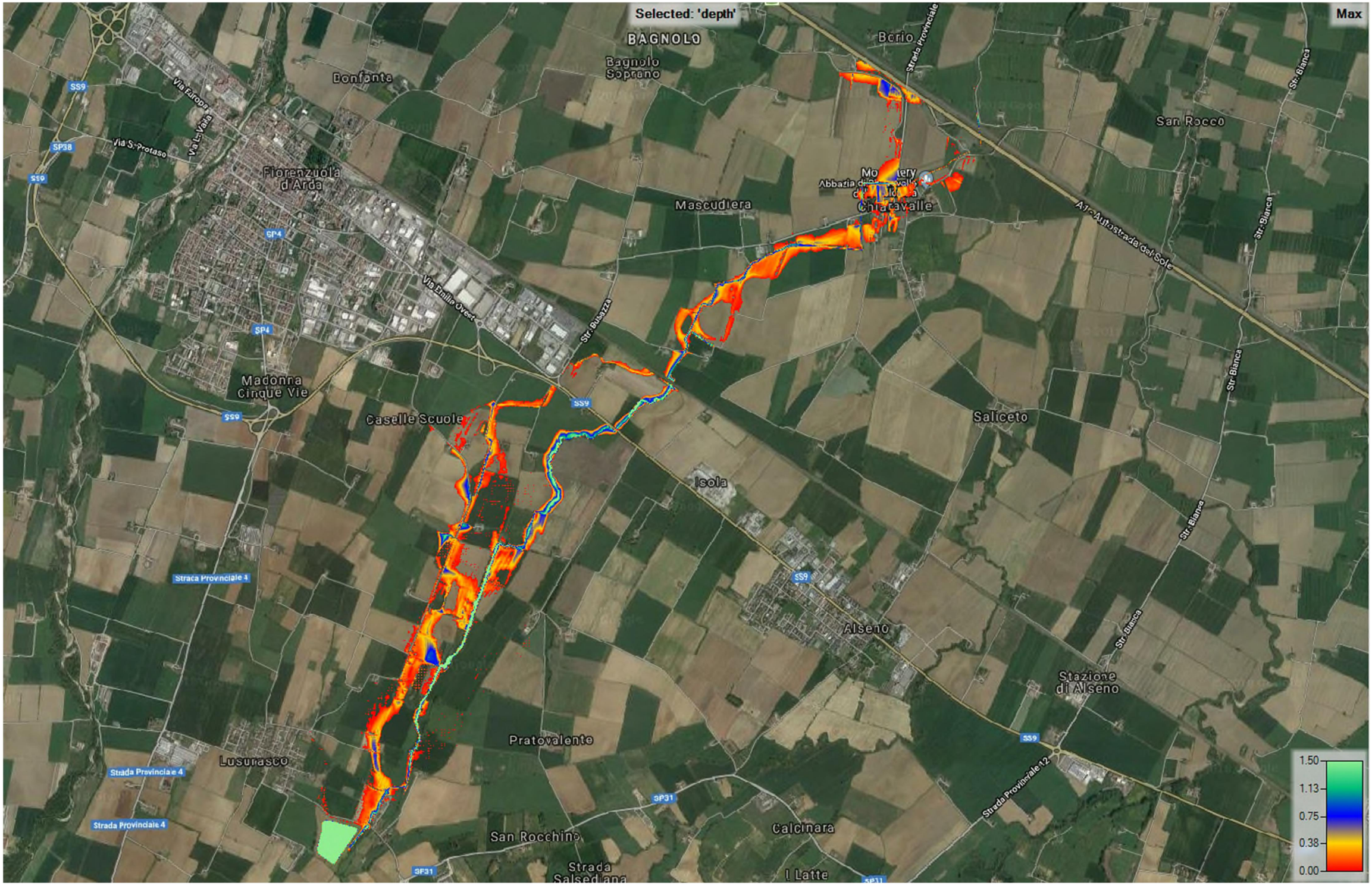


SCENARIO 3 - Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura nord) – tiranti idrici massimi (m)

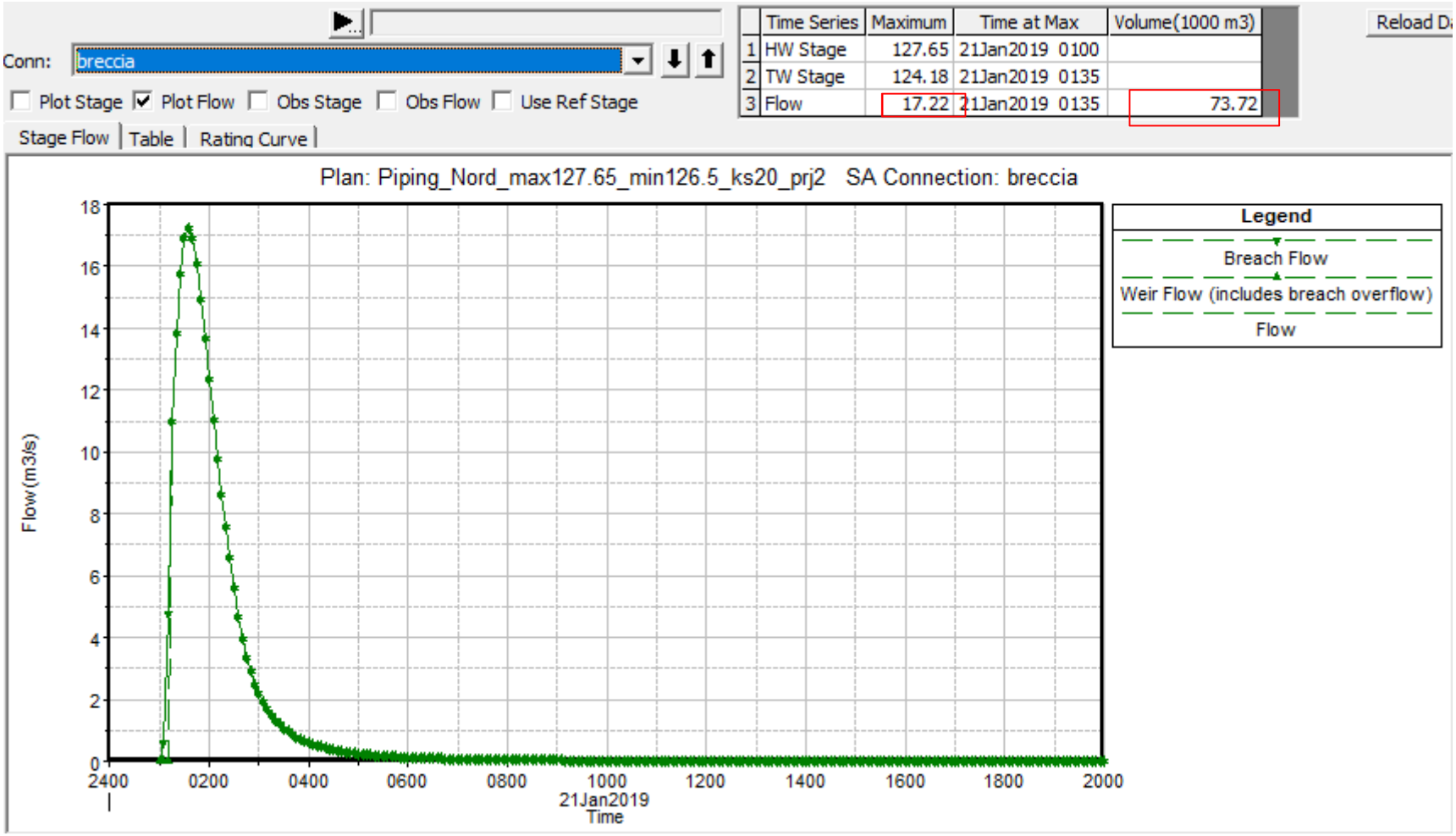


SCENARIO 3 - Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura nord) – idrogramma di piena

1.4 Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura Est) (Scenario 4)

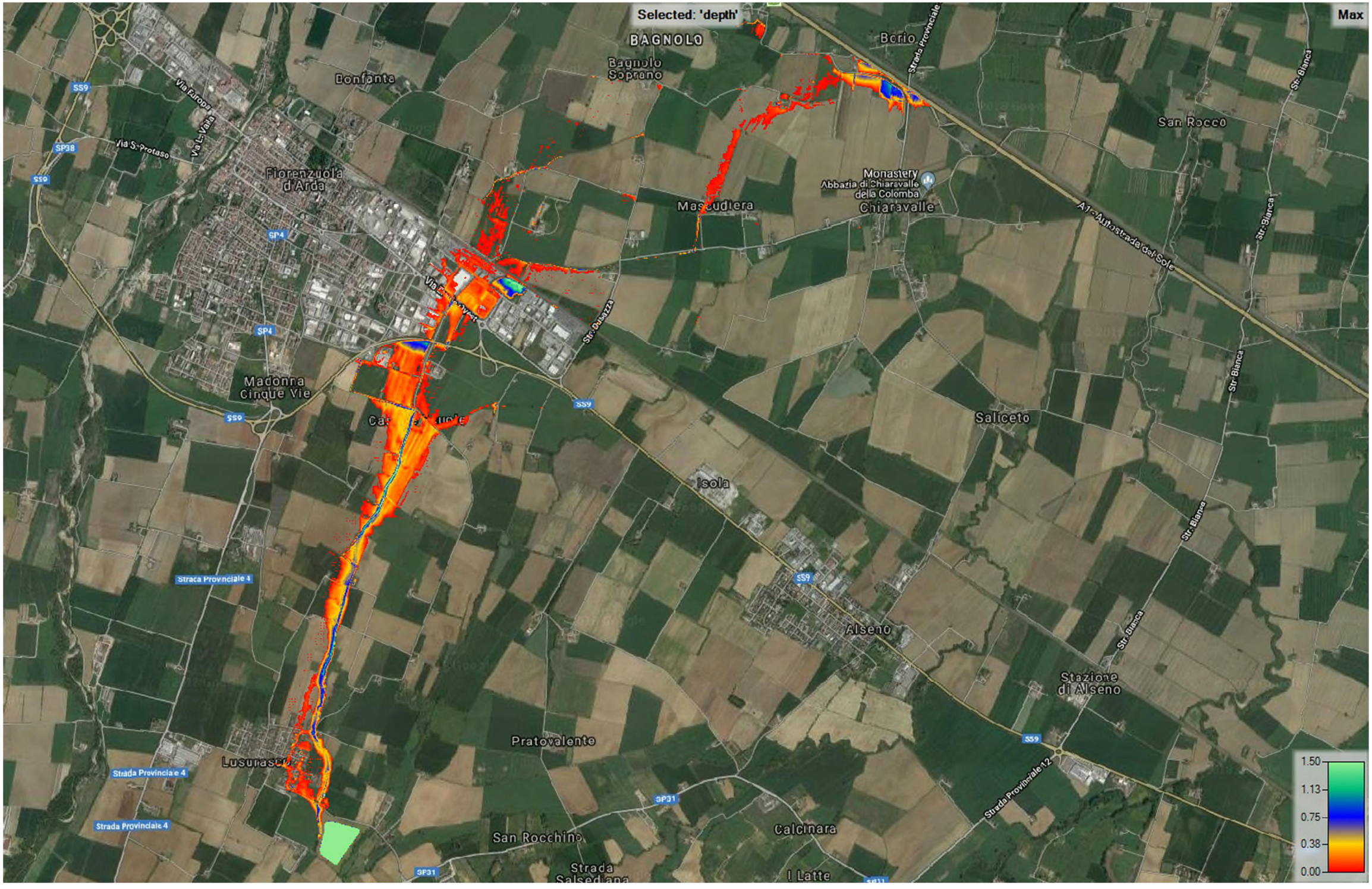


SCENARIO 4 - Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura est) – tiranti idrici massimi (m)

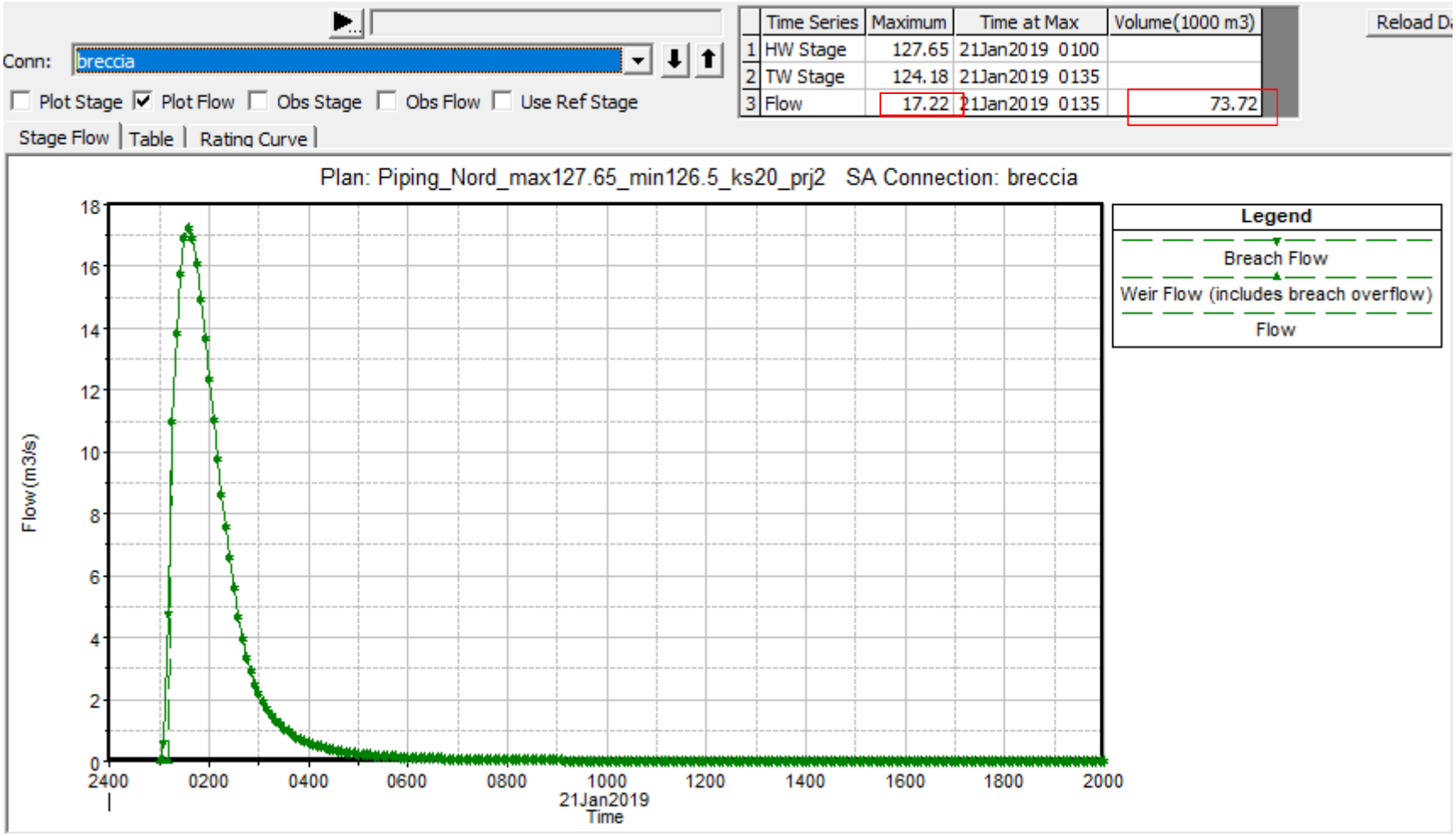


SCENARIO 4 - Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura est) – idrogramma di piena

1.5 Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura Ovest) (Scenario 5)

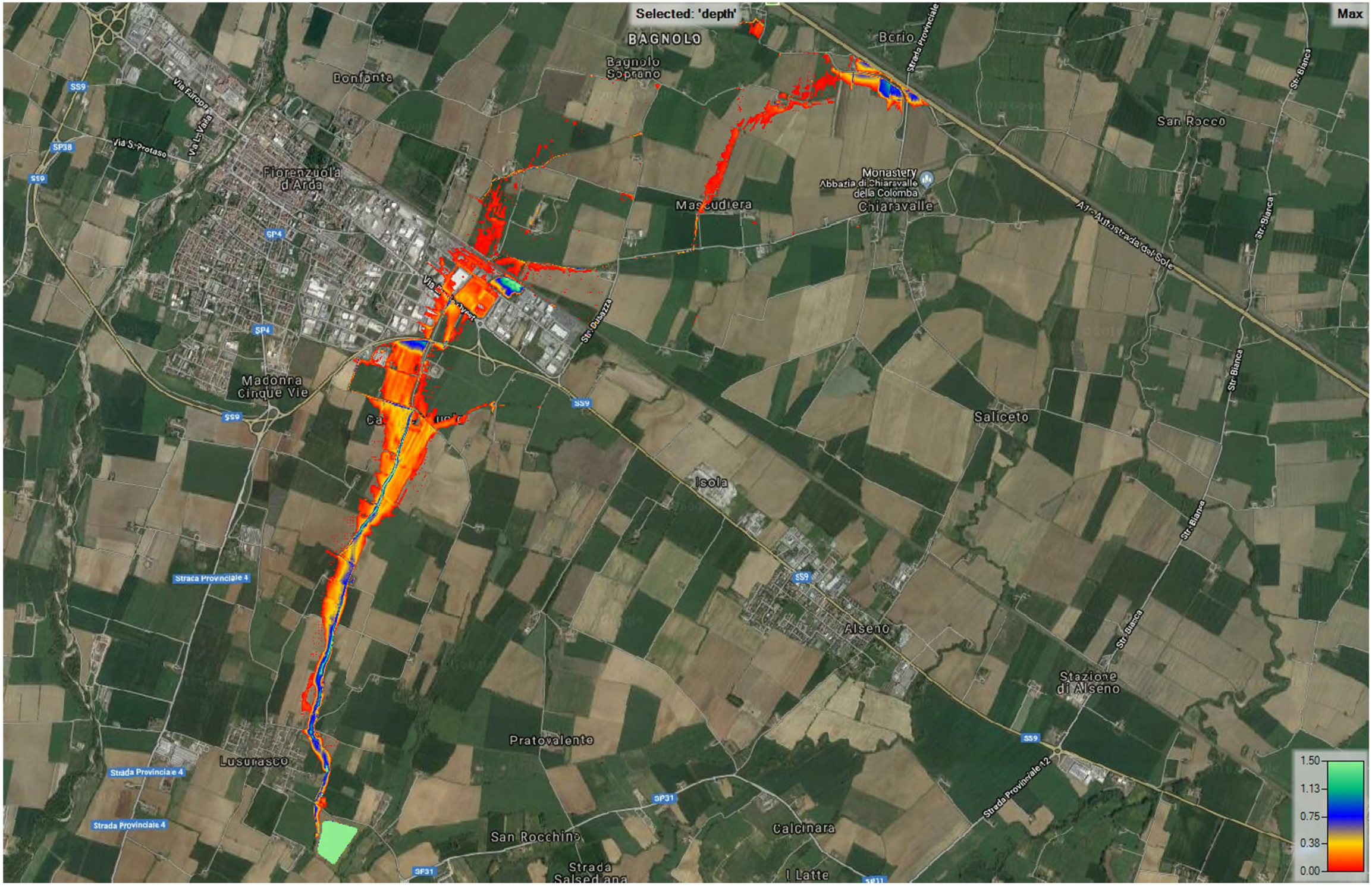


SCENARIO 5 - Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura ovest) – tiranti idrici massimi (m)



SCENARIO 5 - Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura ovest) – idrogramma di piena

1.6 Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura ovest con argine in progetto) (Scenario 6)



SCENARIO 6 - Simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura ovest con argine in progetto) – tiranti idrici massimi (m)

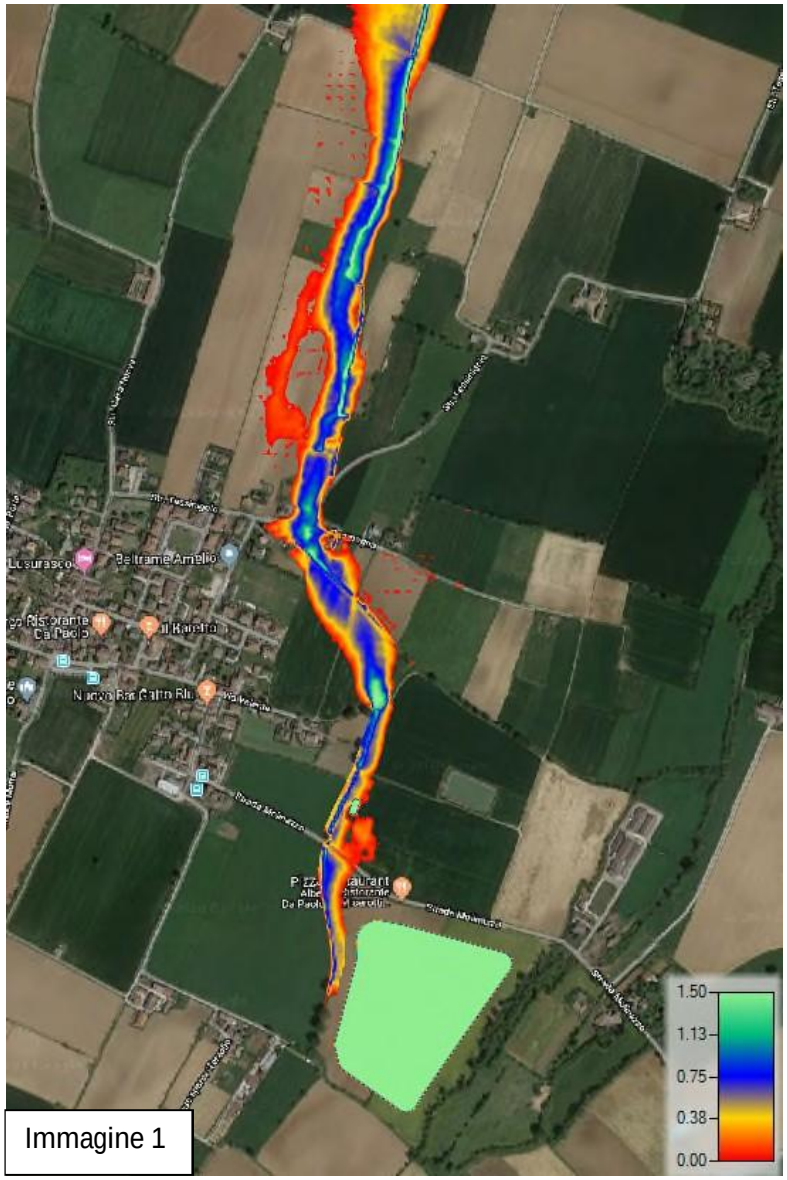


Immagine 1

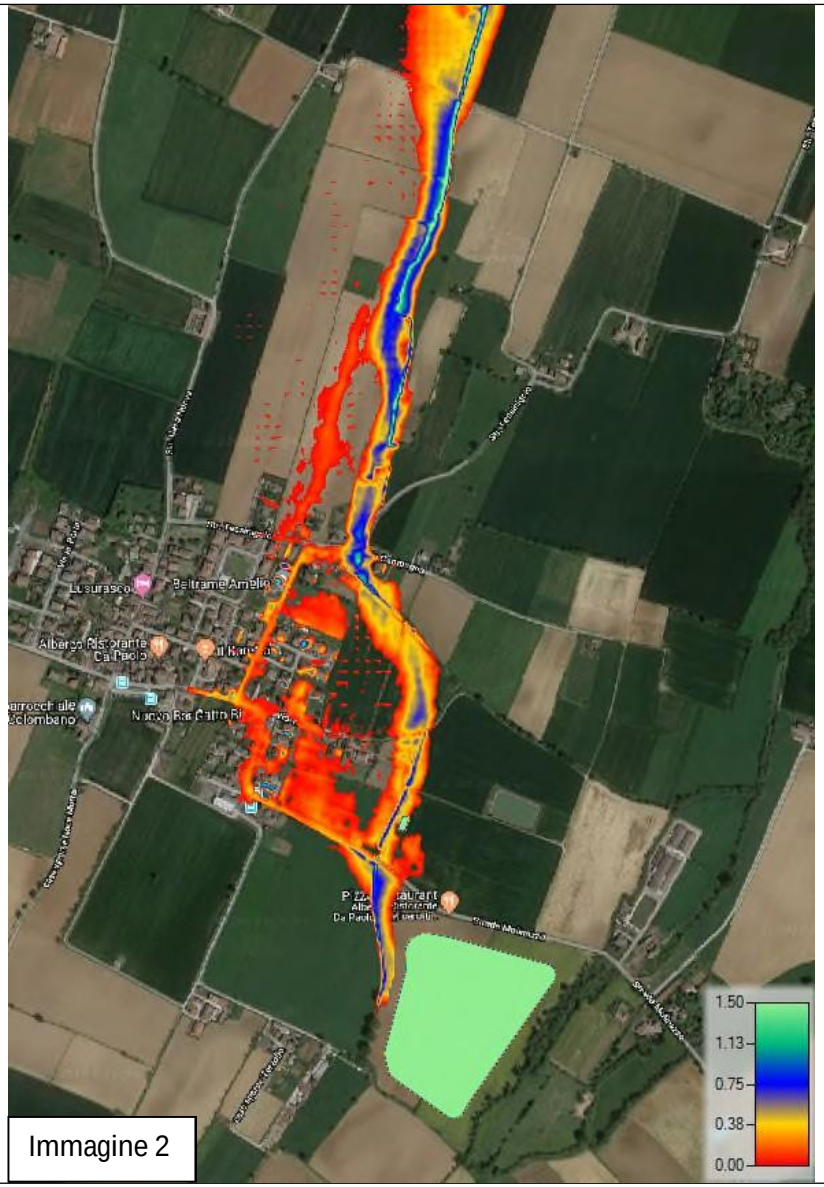
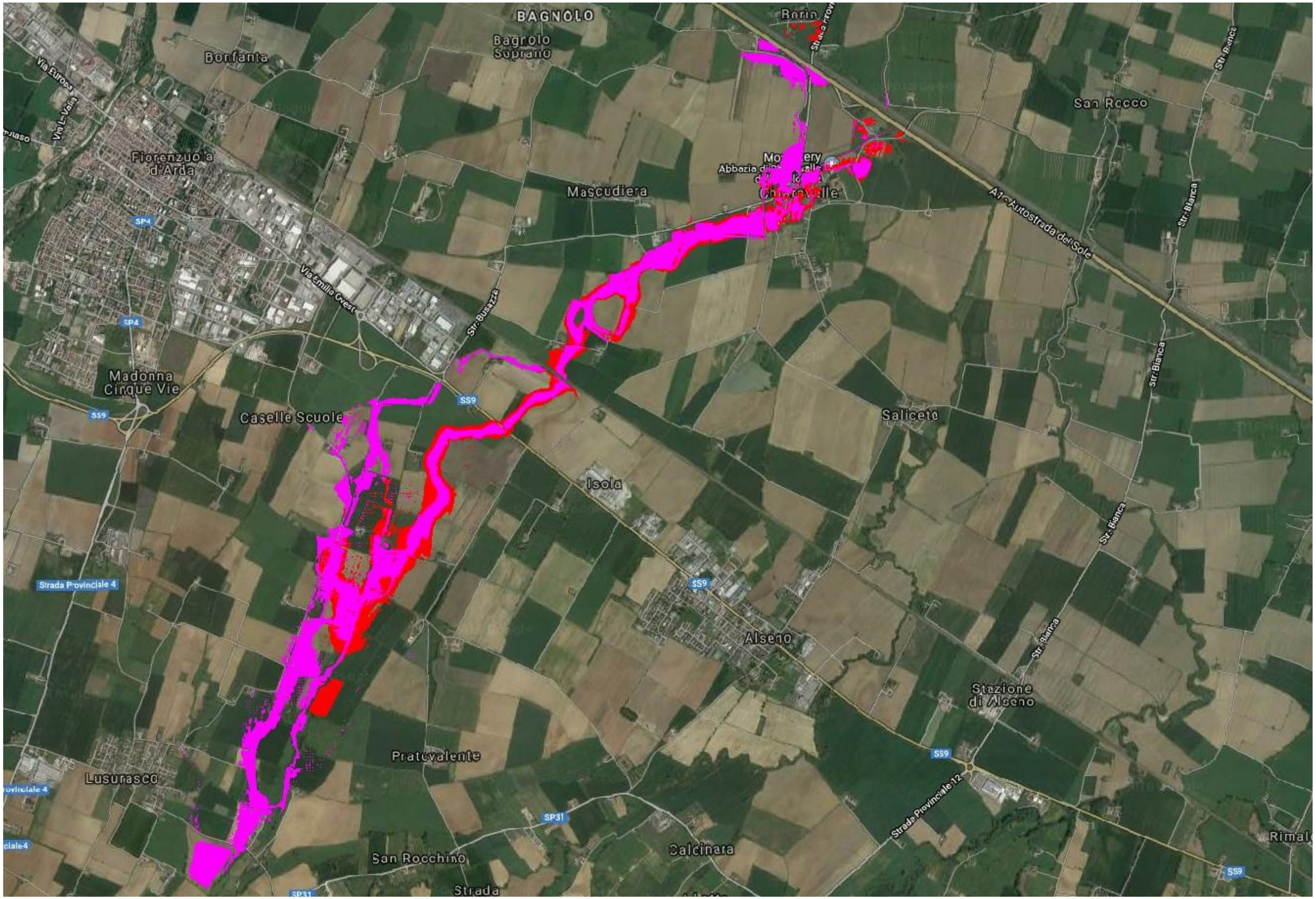


Immagine 2

Dettaglio simulazione di Dam Break (fenomeno di Piping dell'arginatura ovest) con argine di progetto (immagine 1), senza argine (immagine 2)

1.7 Estensione degli allagamenti per effetto di Dam Break dell'invaso di Molinazzo e Moronasco



Estensione allagamenti di Dam Break – Piping di Molinazzo lato Est (viola) – Piping Moronasco lato Ovest (rosso)