



MONITORAGGIO DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DEI CANALI ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA

Ing. Marco Monaci

Consulente LIFE RINASCÉ

Presentazione riadattata dall'originale a cura di Ing. Sara Pavan

CORSO
"INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA-IDRAULICO-AMBIENTALE
DEI CANALI GESTITI DAI CONSORZI DI BONIFICA"

Reggio Emilia – 08/10/2019

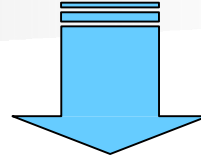


I MODELLI IDRAULICI

- Sono schematizzazioni del funzionamento di fiumi, reti di canali, reti di condotte, casse d'espansione, ecc...
- Cercano di dare una risposta alle domande:
 - *Fin dove arriva l'acqua?*
 - *Quanta acqua passa in questo canale?*
 - *Quanta acqua esce da questo canale?*
 - *Che velocità ha la corrente?*
 - *Quanto grande dev'essere questa cassa d'espansione?*
 - *Quanto ci mette la piena a defluire?*
 -



I MODELLI IN MOTO STAZIONARIO

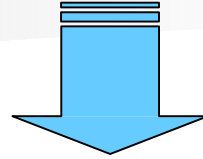


PORTATA COSTANTE NEL TEMPO

- ricostruire l'**attuale comportamento idraulico** dei canali
- riprodurre i **profili del pelo libero** corrispondenti a diverse portate defluenti
- **valutare le variazioni di tirante e di velocità** che hanno origine in seguito ad un ampliamento dell'area bagnata disponibile e in particolare permettono di comprendere gli effetti dell'aumento della scabrezza in seguito alla piantumazione di alberi e arbusti nelle zone golenali.
- tracciare le mappe del rischio idraulico



I MODELLI IN MOTO VARIO



PORTATA VARIABILE NEL TEMPO

- riproduzione del **comportamento dei canali al passaggio di un'onda di piena**, o, più in generale, al passaggio di una sequenza di portate variabili nel tempo e nello spazio lungo il canale.
- valutare la **capacità di laminazione** di un canale
- quantificare i **volumi possibilmente esondabili** che mettono in crisi il sistema.
- **determinare l'effetto dell'inserimento di aree umide** connesse al corso d'acqua, che possono svolgere una funzione di casse di espansione della portata di piena incrementando l'effetto di laminazione



I CASI STUDIO LIFE RINASCERE

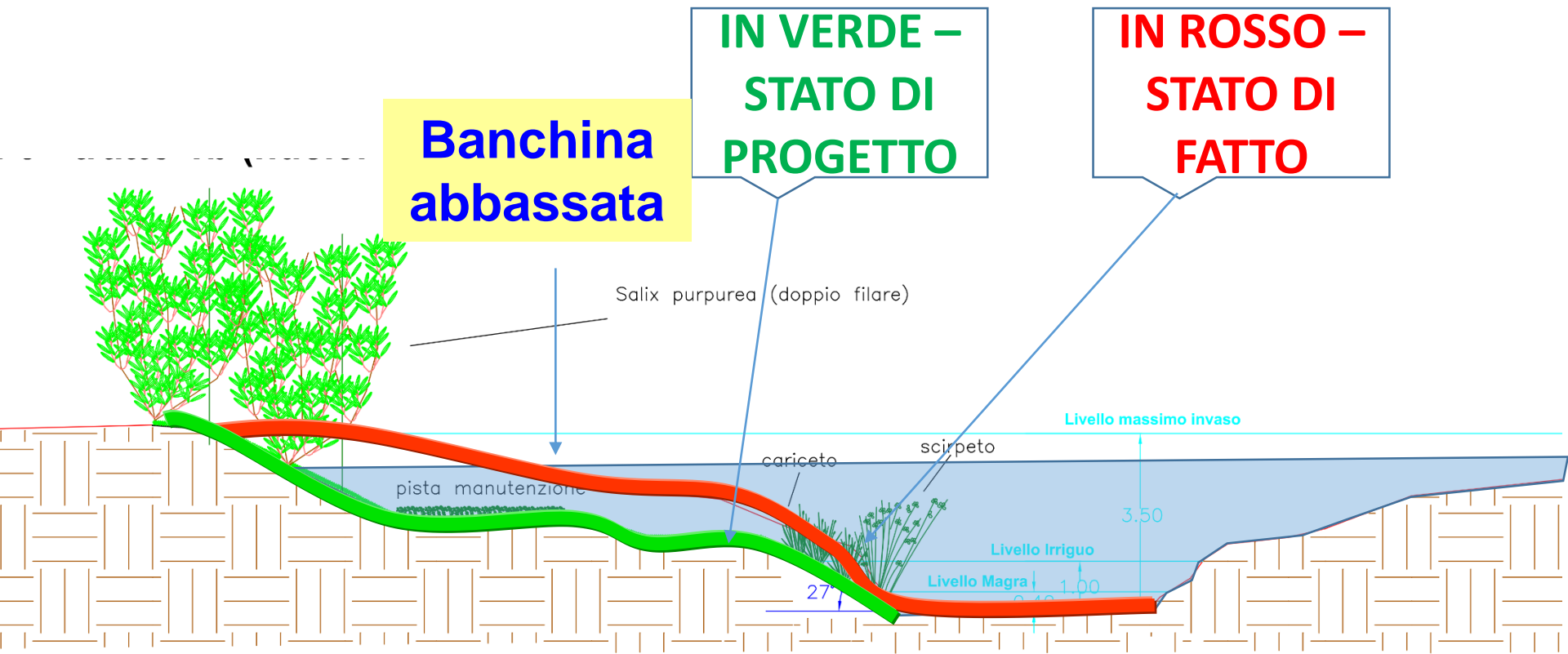
- Collettore Acque Basse Modenesi
- Collettore Alfieri
- Diversivo Fossa Nuova Cavata
- Cavata Orientale



COLLETTORE ACQUE BASSE MODENESI

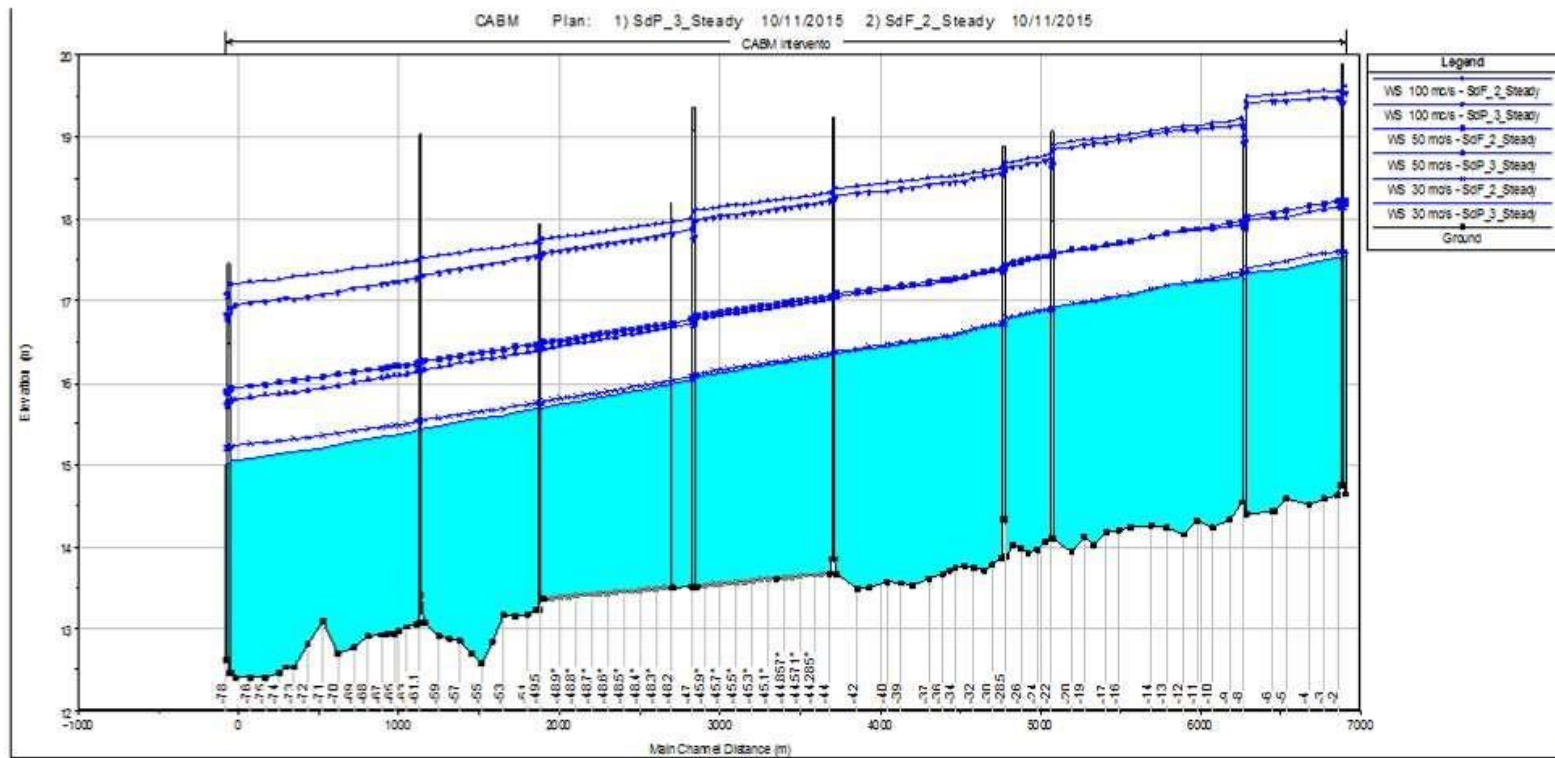


Tipologia di intervento

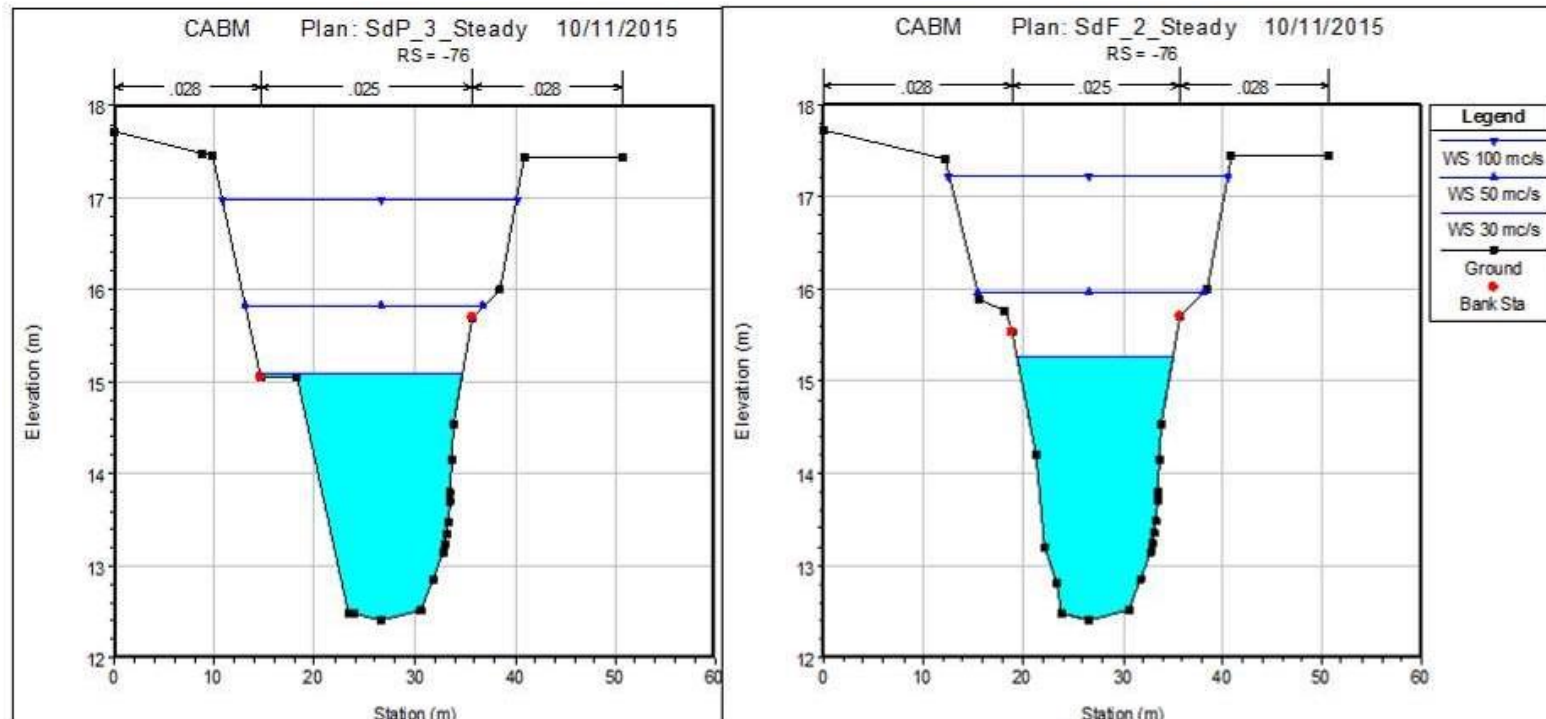




■ **SIMULAZIONI IN MOTO STAZIONARIO:** Le portate simulate sono 30, 50, 100 m³/s



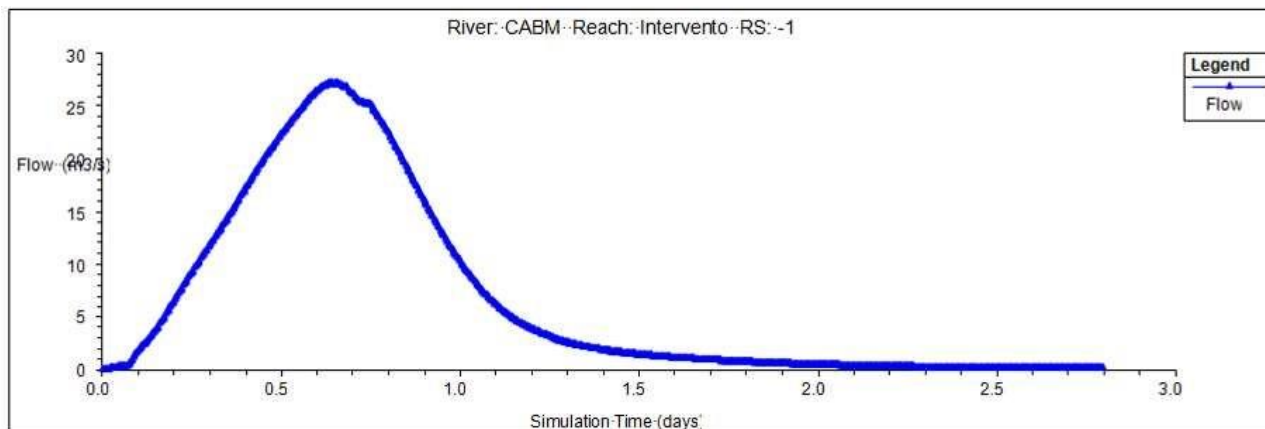
■ **SIMULAZIONI IN MOTO STAZIONARIO:** le risagomature in progetto determinano un **abbassamento del pelo libero** per tutte le portate considerate (per $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ $\Delta z_w \text{ max} = 29 \text{ cm}$). L'abbassamento è massimo nel tratto di valle, mentre nel tratto a monte si assesta sui 10 cm.



■ SIMULAZIONI IN MOTO VARIO: 4 idrogrammi

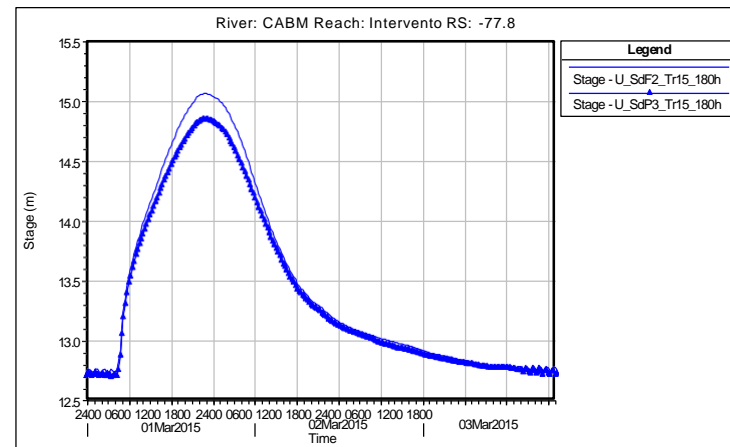
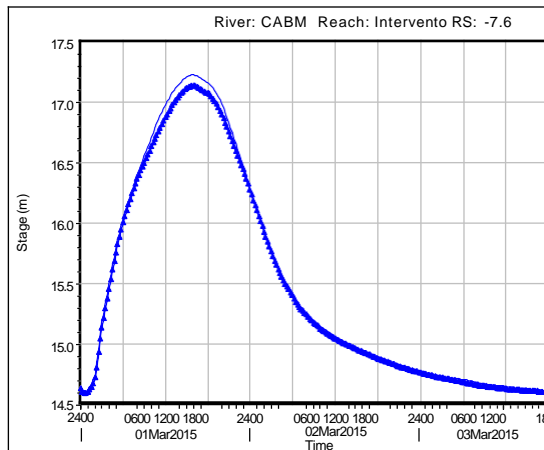
Tabella 1: Parametri di pioggia, altezze h e intensità i ottenute per le diverse durate di pioggia t.

TR	a	n	t [h]	h [mm]	i [mm/h]	Q max [m ³ /s]
15	40	0.3	0.50	32.49	65.0	32.52
15	40	0.3	1.00	40.00	40.0	
15	40	0.3	1.50	45.17	30.1	
15	40	0.3	2.00	49.25	24.6	36.27
15	40	0.3	6.00	68.47	11.4	
15	40	0.3	12.00	84.30	7.0	39.75
15	40	0.3	18.00	95.20	5.3	27.10
15	40	0.3	24.00	103.78	4.3	





Gli **effetti di laminazione sono ridotti**, a causa della **limitata estensione dei tratti di effettivo intervento**, e l'abbassamento del pelo libero è dovuto quasi esclusivamente alla maggiore area bagnata a disposizione → **estendere l'intervento**





COLLETTORE ALFIERE



**COLLETTORE
ALFIERE**

**BANCHINA OGGETTO
DI INTERVENTO**



SCHEMA DI PROGETTO – TRATTO 1



**Sezione
attuale**

**Banchina non
allagabile**

Alveo

**Sezione
Progetto**

**Canneto
Elofite**

**Pista di
manutenzione**

**Zona
umida
ricreata**

**Fascia
arbustiva**

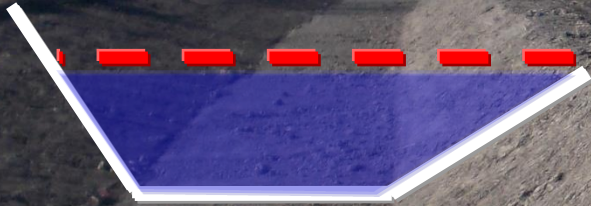
Alveo ampliato

**Sponda
inclinata**



BASSURA UMIDA

COLLETTORE ALFIERE





- **SIMULAZIONI IN MOTO STAZIONARIO** con **portate variabili da 4 a 10 m³/s**. Il range di portate è stato scelto assumendo come estremo inferiore il valore di portata che fornisce un livello tale da iniziare ad interessare gli sbocchi degli **scoli afferenti**, e come estremo superiore il valore massimo di portata stimato per il Collettore Alfieri durante l'evento di piena del Dicembre '92, in occasione del quale si sono registrati diversi allagamenti proprio a causa del **rigurgito degli scoli**

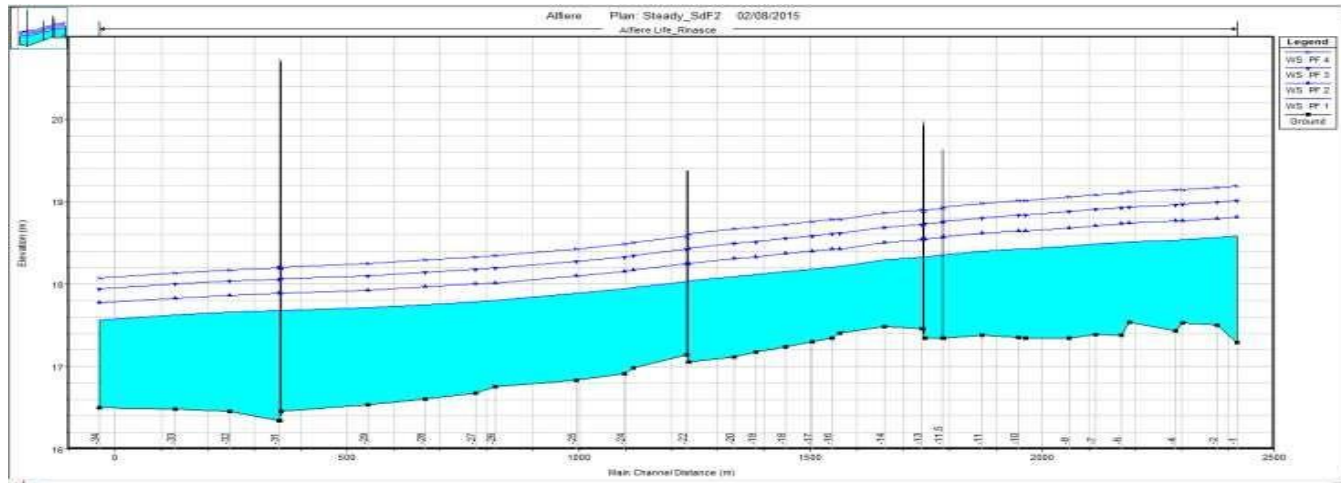


Figura 5: Profilo longitudinale del Collettore Alfieri nello stato di fatto e andamento del pelo libero relativo a PF1=4 m³/s, PF2=6 m³/s, PF3=8 m³/s, PF4=10 m³/s.

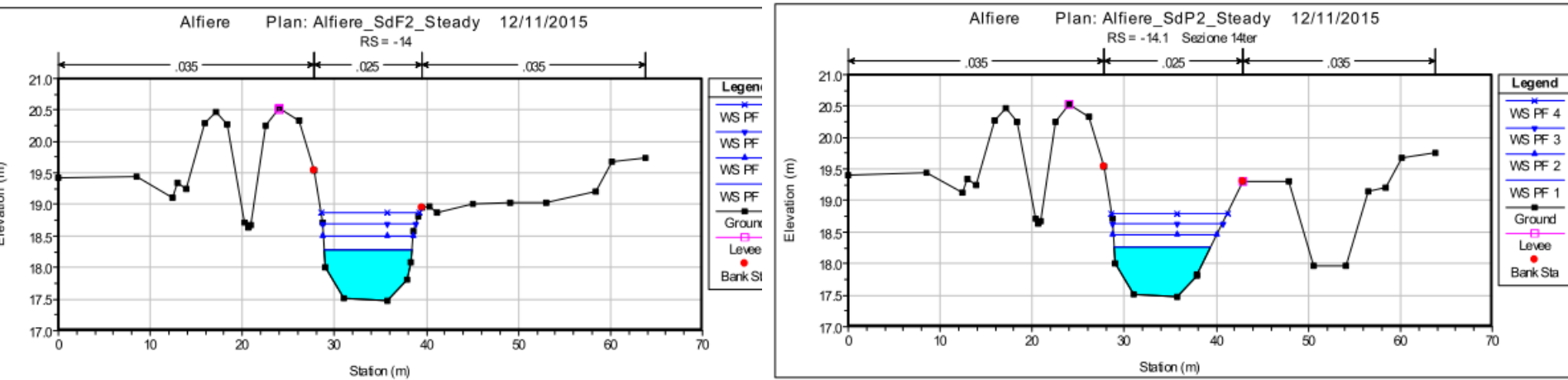
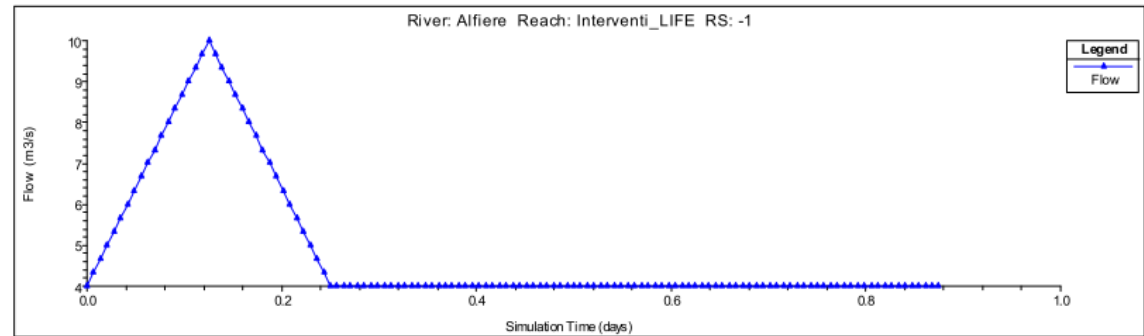


Figura 8: Confronto tra i livelli nella sezione 14 nello Stato di Fatto (in alto) e lo Stato di Progetto (in basso). Si evidenzia un abbassamento di livello nonostante le simulazioni in moto stazionario non tengano conto del volume a disposizione nelle bassure.

Per valutare **l'effetto idraulico della sola risagomatura** delle sezioni è stata effettuata innanzitutto una simulazione in moto stazionario analoga a quella per lo stato di fatto, con 4 portate variabili tra 4 e 10 m³/s. Gli **abbassamenti del pelo libero** nel Tratto di intervento 1 sono dell'ordine **di 10 cm** per la massima portata. Ovviamente le **simulazioni in stazionario non tengono conto del volume d'acqua che verrà immagazzinato nelle bassure** e forniscono quindi una **sottostima del beneficio** realmente ottenibile.

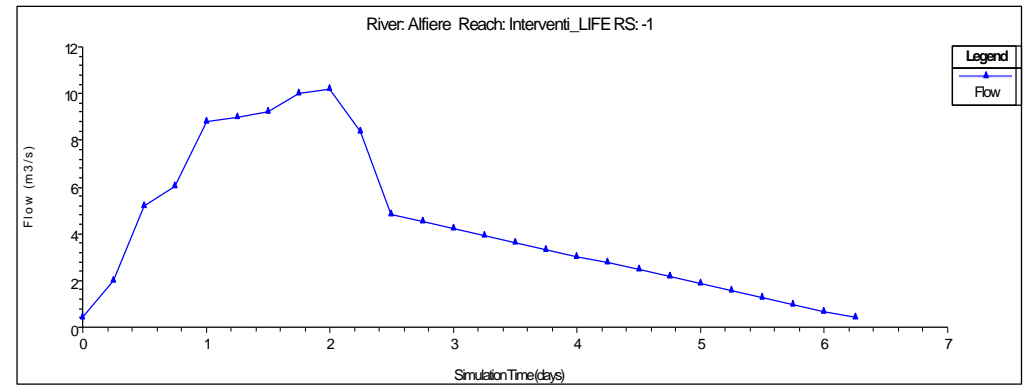
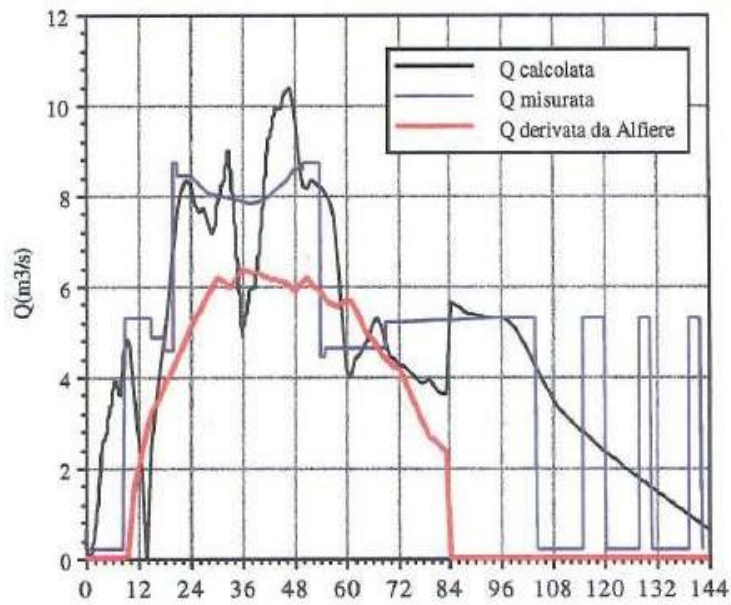


- Per la **SIMULAZIONE IN MOTO VARIO** è stato utilizzato in prima battuta un **idrogramma di piena triangolare**, simmetrico, della durata di 6 ore, con portata iniziale pari a $4 \text{ m}^3/\text{s}$ e portata al picco pari a $10 \text{ m}^3/\text{s}$. L'idrogramma viene poi prolungato fino a 20 ore per verificare anche la fase di svuotamento delle bassure.



Verificato il contributo delle bassure: abbassamento del pelo libero di circa **12 cm** nel tratto mediano del canale nella configurazione di progetto, nonché **laminazione del picco di piena di quasi $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$** alla sezione di valle.

- **SIMULAZIONE IN MOTO VARIO di un evento reale: piena del dicembre 1992 (gravoso → 6 giorni!)**



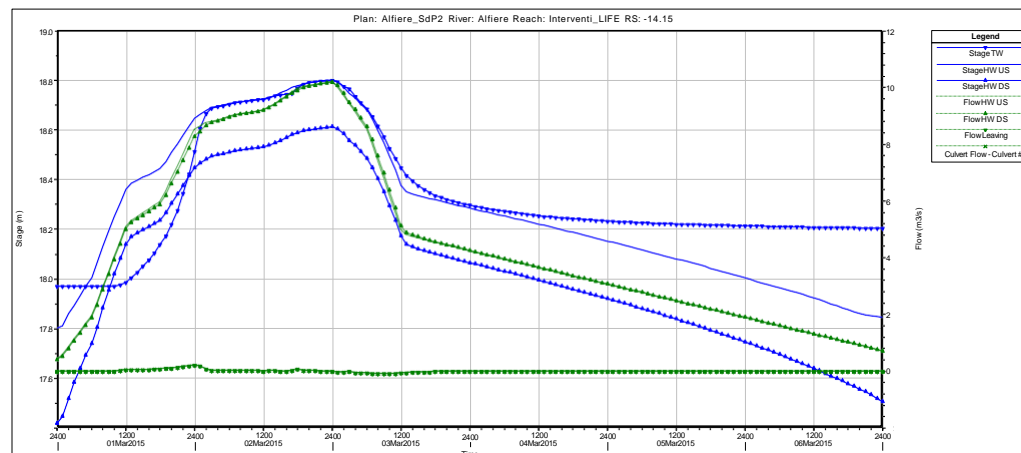


Nonostante l'intensità dell'evento, non si ha **mai alimentazione delle bassure dall'alto, né tracimazione delle stesse.**

Il loro **volume piene quasi totalmente utilizzato**, ma la funzione di **laminazione in questo caso è meno evidente** in quanto il **volume complessivo dell'onda di piena è molto maggiore.**

Si ottiene comunque un **abbassamento di circa 10 cm** rispetto ai livelli che si ottengono nello stato di fatto con la simulazione dello stesso evento.

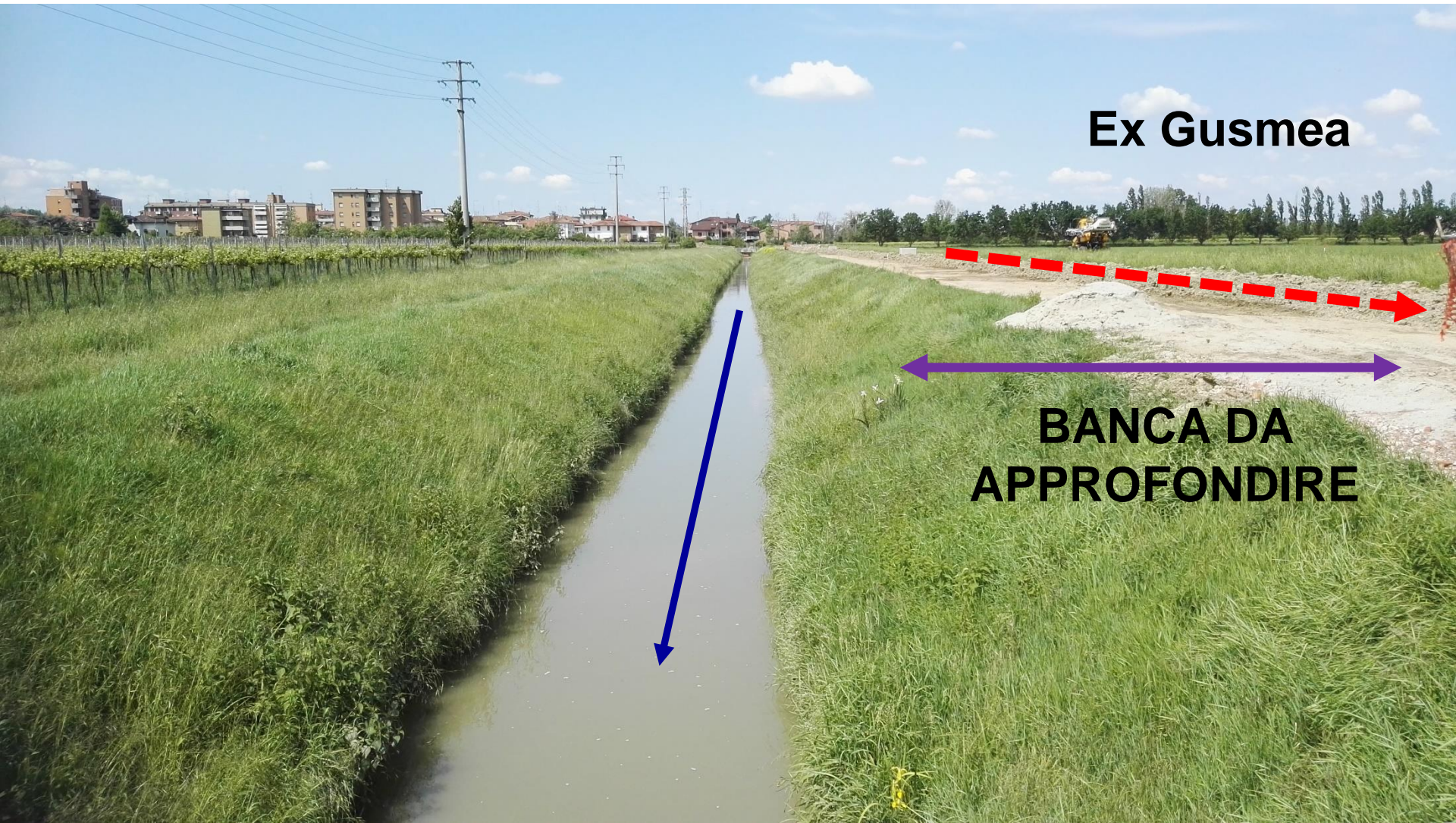
Valutati anche gli **effetti di rigurgito sugli scoli afferenti**, che nello stato di progetto non vengono del tutto annullati, ma sono comunque **sensibilmente ridotti.**





DIVERSIVO FOSSA NUOVA CAVATA

Inizio allargamento Diversivo FNC



Ex Gusmea

**BANCA DA
APPROFONDIRE**



Schema di progetto

IN VERDE –
STATO DI FATTO

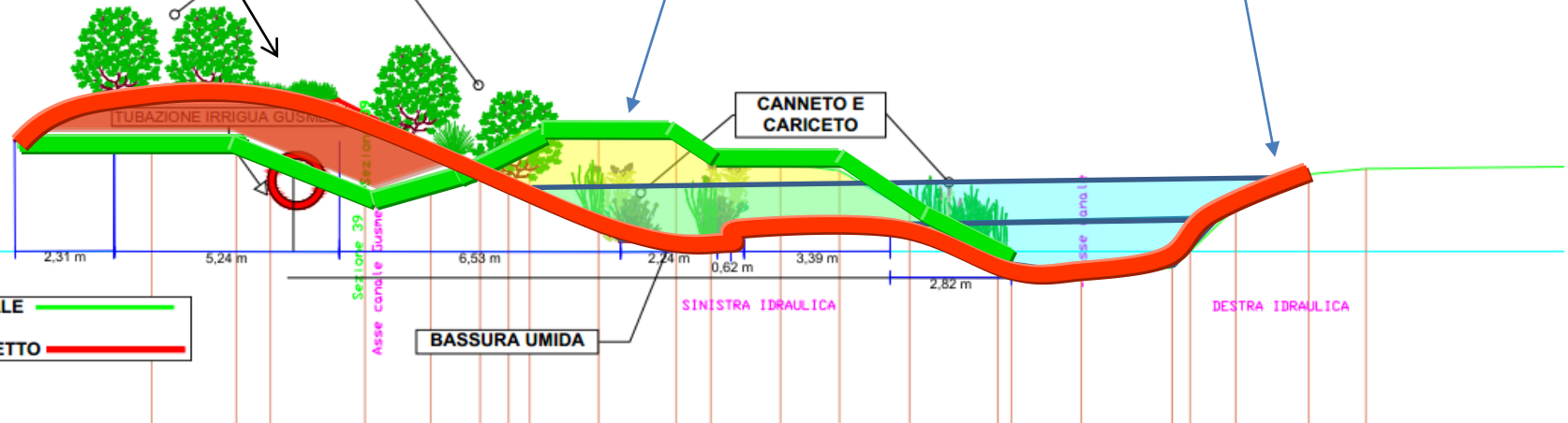
IN ROSSO –
STATO DI
PROGETTO

Mesobrometi

FASCIA
ARBUSTIVA

SEZIONE TIPOLOGICA DIVERSIVO FOSSA NUOVA CAVATA,
vista verso valle

CANNETO E
CARICETO

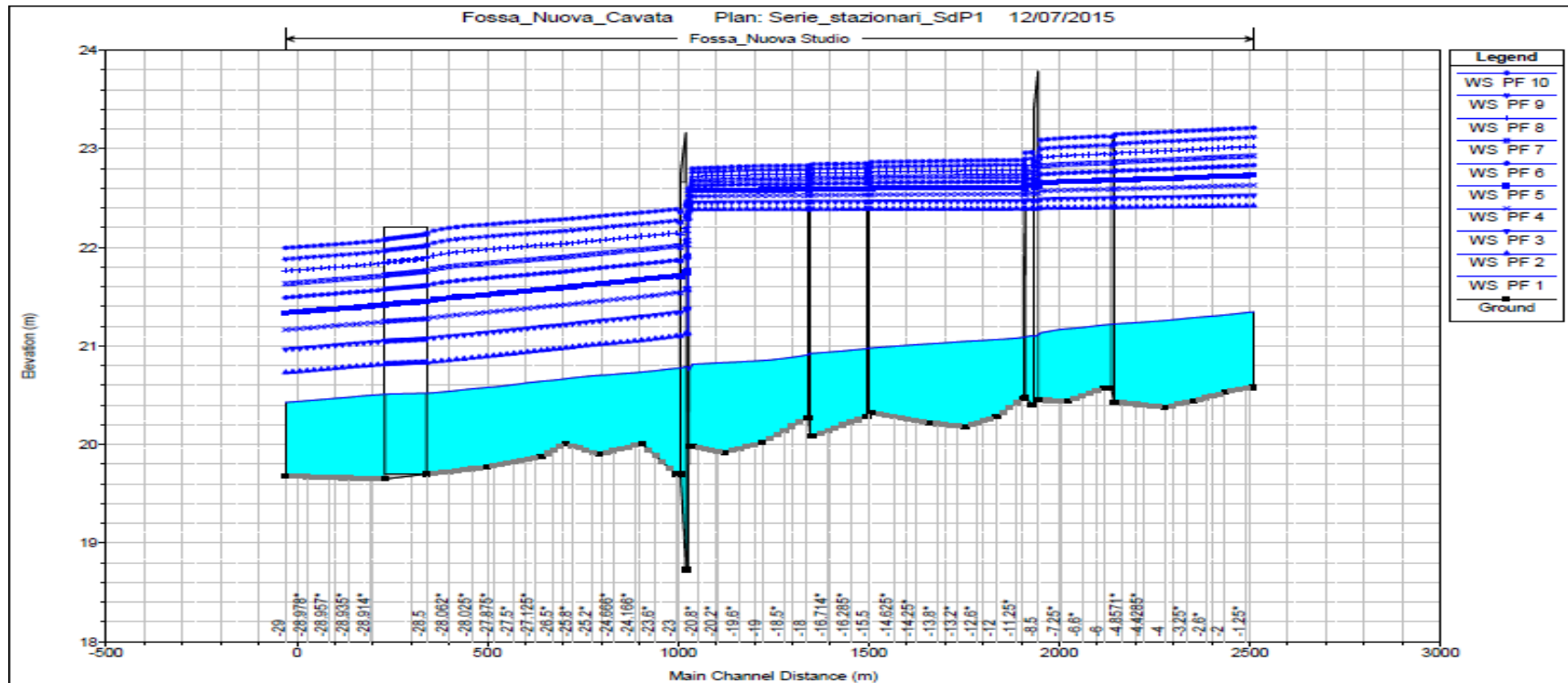




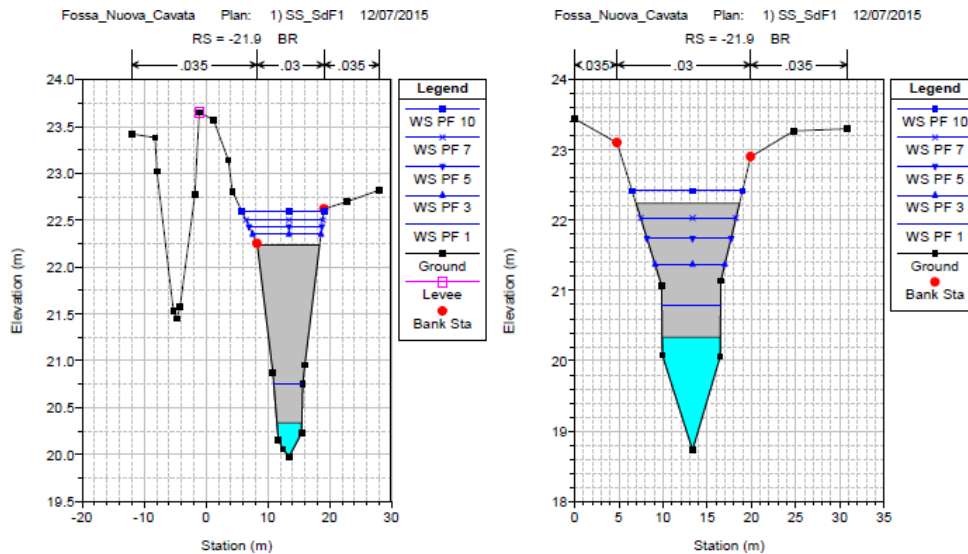


SIMULAZIONI IN MOTO STAZIONARIO

Effettuate simulazioni considerando **un range di 10 portate che vanno da 1 m³/s a 10 m³/s**. Il valore massimo di portata è stato scelto pari a 10 m³/s in quanto prossimo al valore originario di progetto del canale e massima portata compatibile con il tratto tombato sotto la nuova tangenziale.

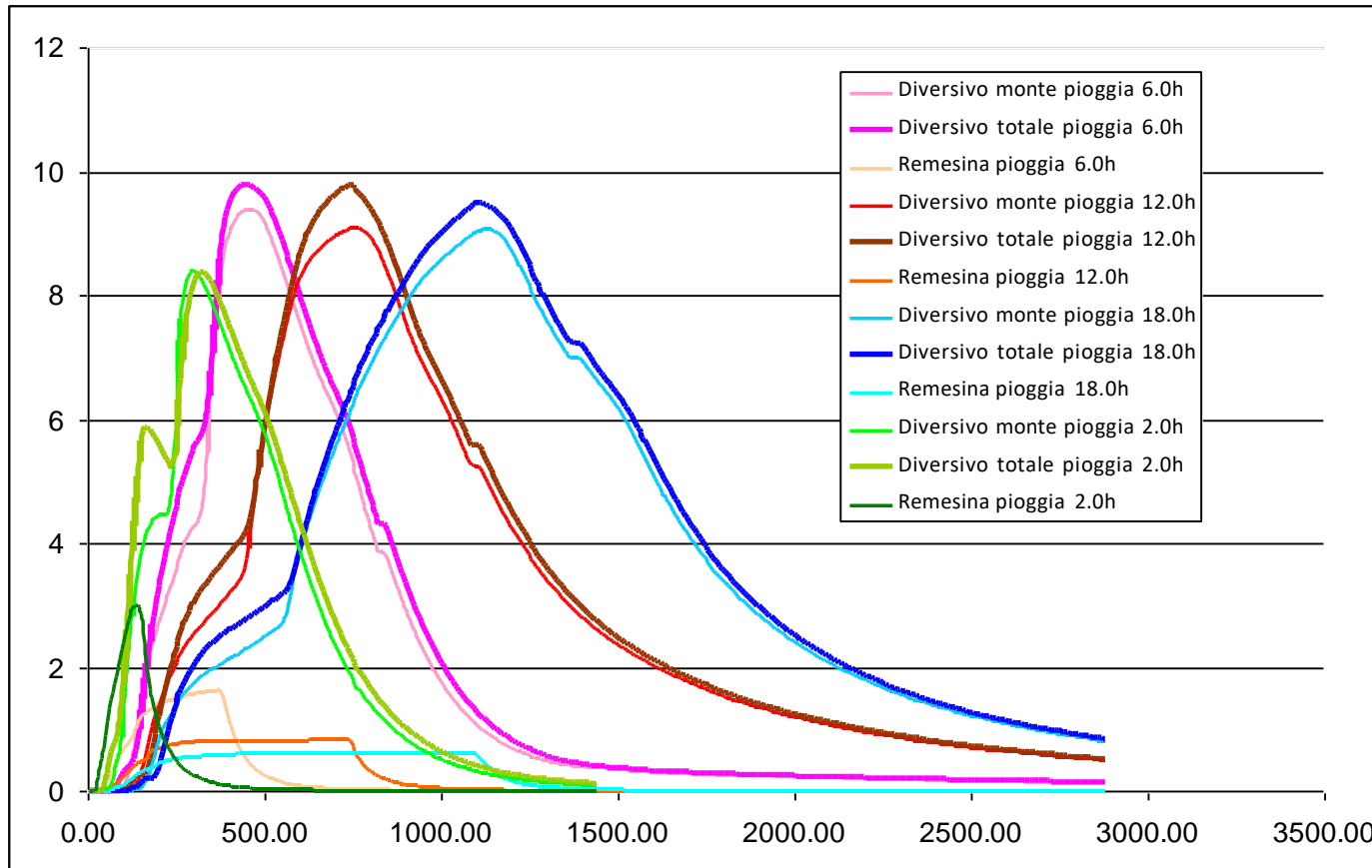


- Pesante **effetto di rigurgito** per la presenza di un **ponte canale** alla fine del tratto di intervento, che ostruisce quasi completamente la sezione → **abbassamento livelli limitato a 10 cm.**



SIMULAZIONI IN MOTO VARIO

- Ricostruzione degli idrogrammi in moto vario tramite il modello idrologico SWMM



Idrogrammi di piena per il Diversivo Fossa Nuova Cavata per tempi di pioggia da 2 a 18 ore e $Tr=5$ anni



Ipotesi simulate :

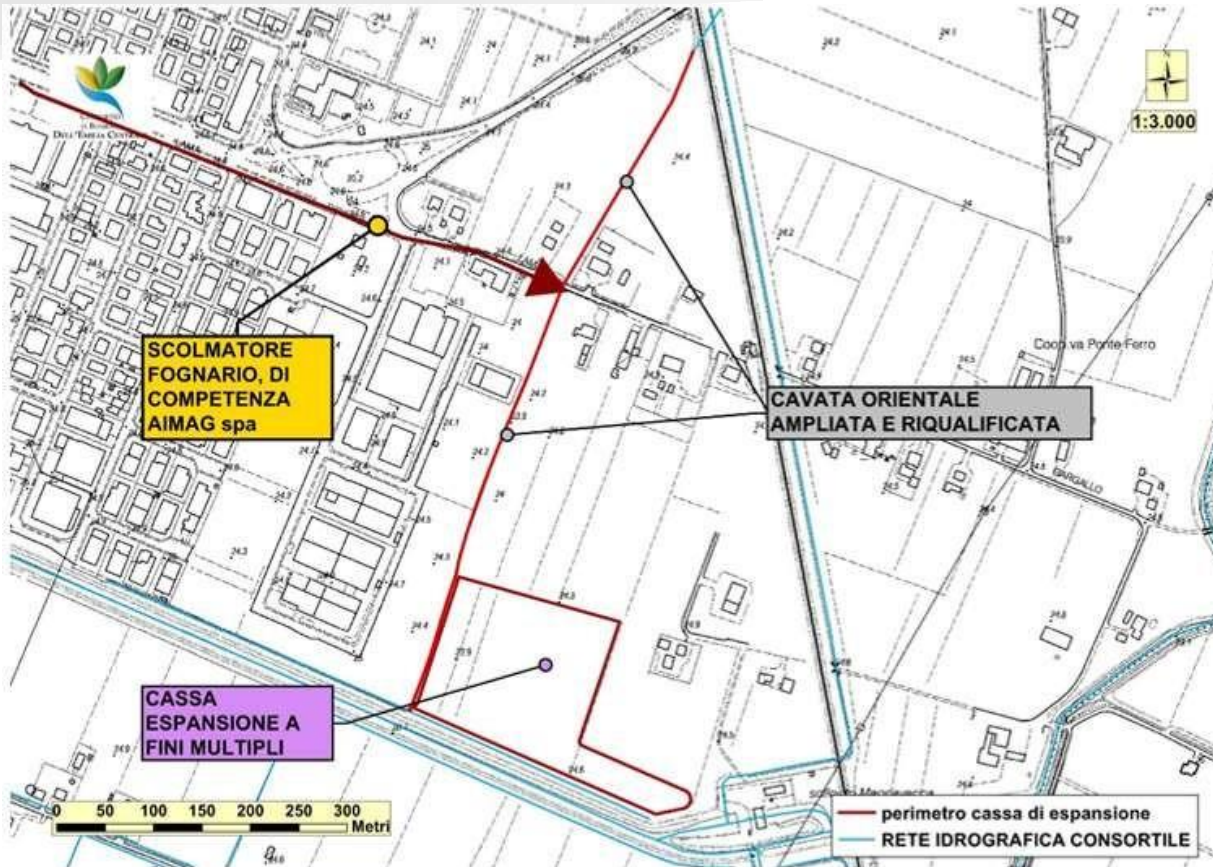
- 1) Semplice risagomatura delle sezioni (dalla 12 alla 21)
- 2) Risagomatura delle sezioni e inserimento di un arginello golenale alto 60 cm
- 3) Risagomatura delle sezioni e abbassamento del fondo al di sotto del ponte canale alla sezione 22
- 4) Risagomatura delle sezioni e inserimento di un arginello golenale alto 60 cm, con abbassamento del fondo al di sotto del ponte canale alla sezione 22 (ovvero ipotesi 3) + ipotesi 4))

PROGETTO RINASCERE PRIMO STEP → occorre intervenire sul ponte canale per ottenere i massimi benefici dell'allargamento di sezione



CAVATA ORIENTALE

Cavata Orientale



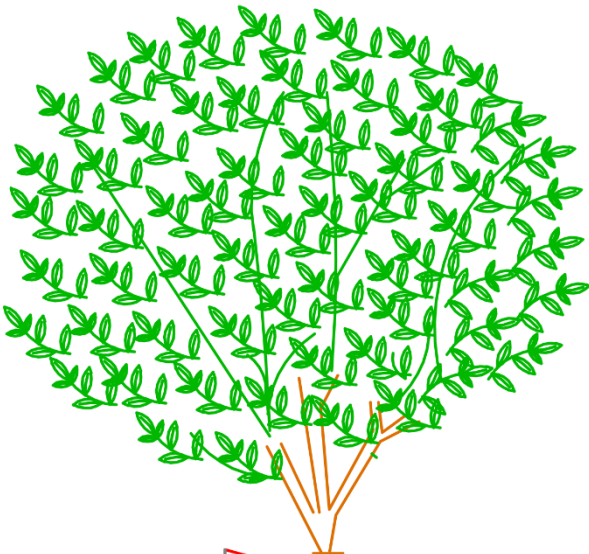
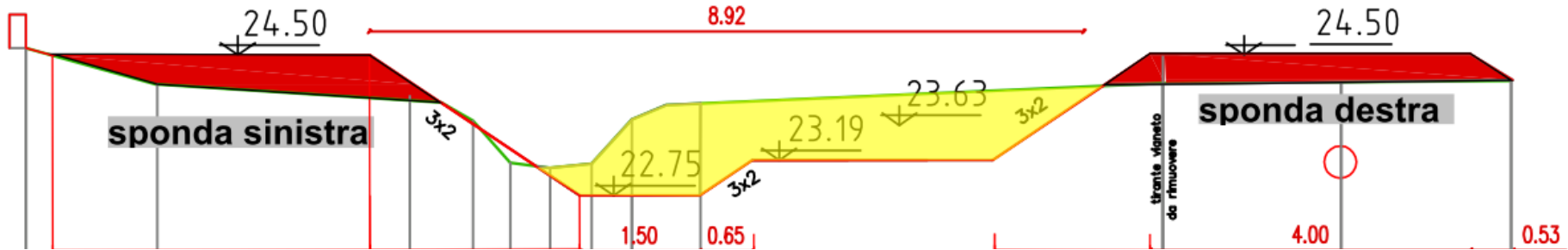
Localizzazione degli interventi lungo la CAVATA ORIENTALE che vanno a costituire il “nodo idraulico” complessivo: Scolmatore su via Lama (di competenza AIMAG SPA spa), CAVATA ORIENTALE AMPLIATA E RIQUALIFICATA e CASSA DI ESPANSIONE a fini multipli (di competenza del Consorzio di bonifica dell’Emilia Centrale.)



Esempio tipologia di intervento

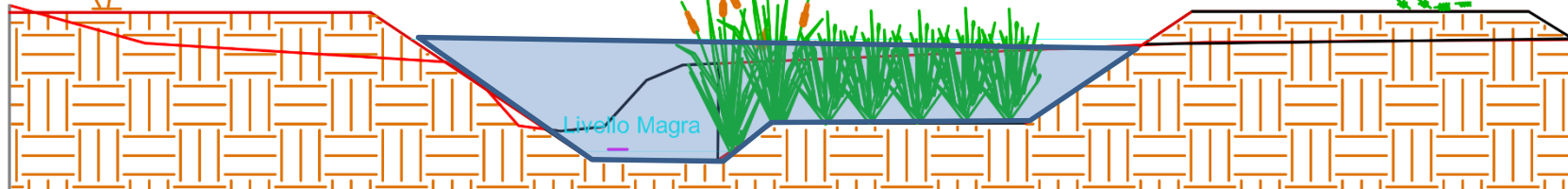


18.55



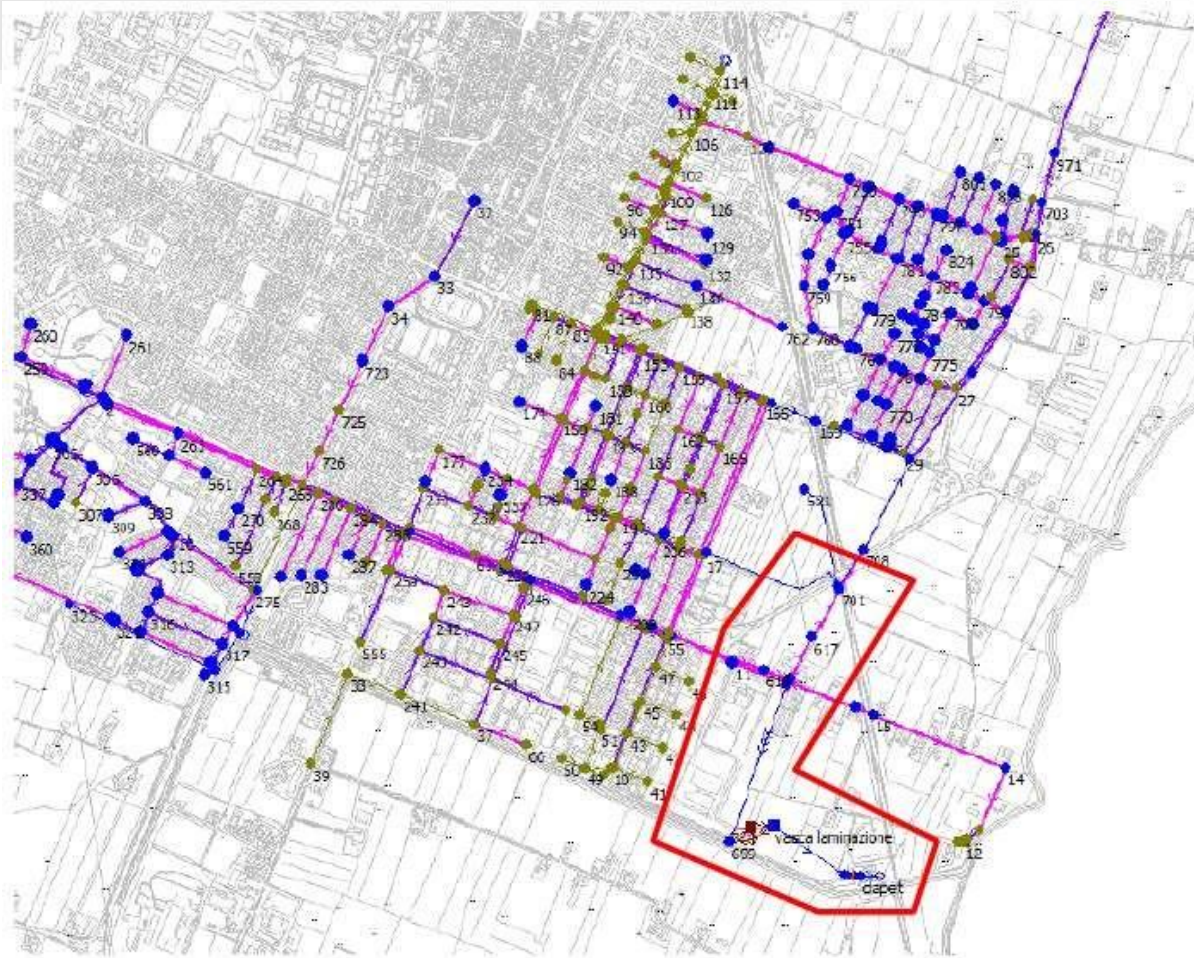
Salix cinerea

tifeto

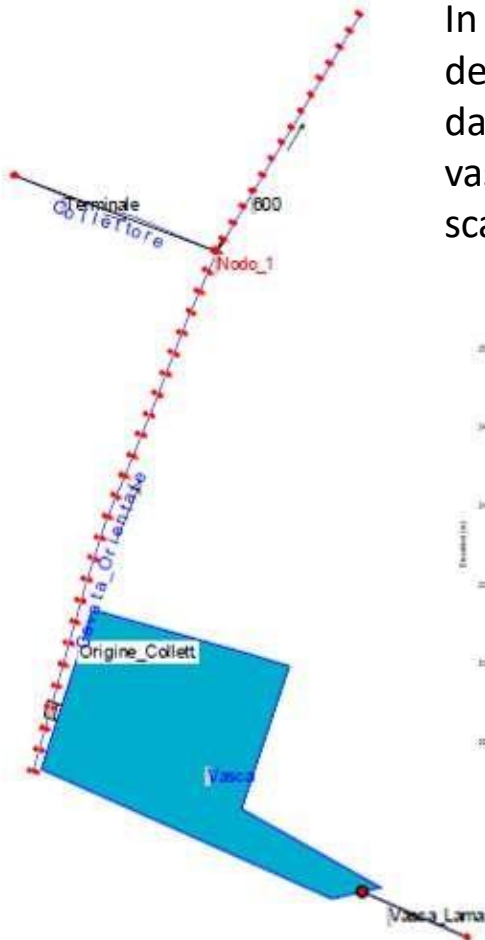




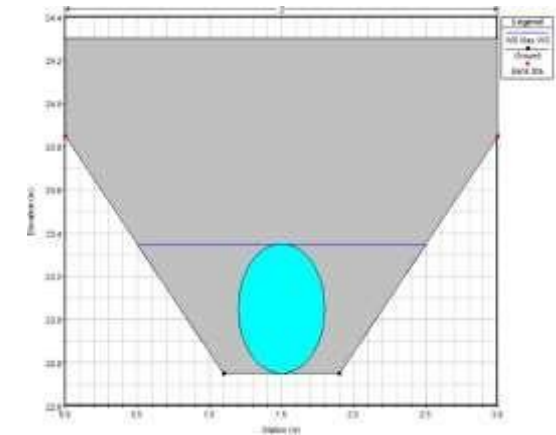
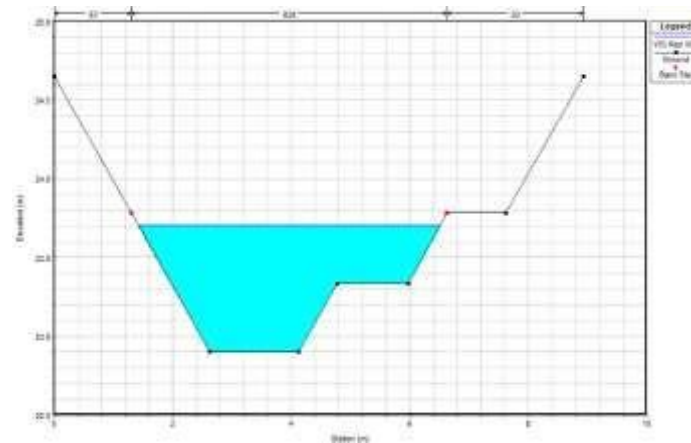




Il modello idraulico del canale Cavata Orientale è stato costruito sulla base del modello costruito da AIMAG nell'ambito della RELAZIONE TECNICA dello "STUDIO DI FATTIBILITA' PER LA SISTEMAZIONE DEL SISTEMA FOGNARIO E DI BONIFICA A SERVIZIO DEI QUARTIERI URBANI SUD-ORIENTALI DELLA CITTA' DI CARPI". In questo modello viene infatti considerata la confluenza del nuovo collettore AIMAG e la presenza della vasca di laminazione nel tratto di monte della Cavata Orientale.

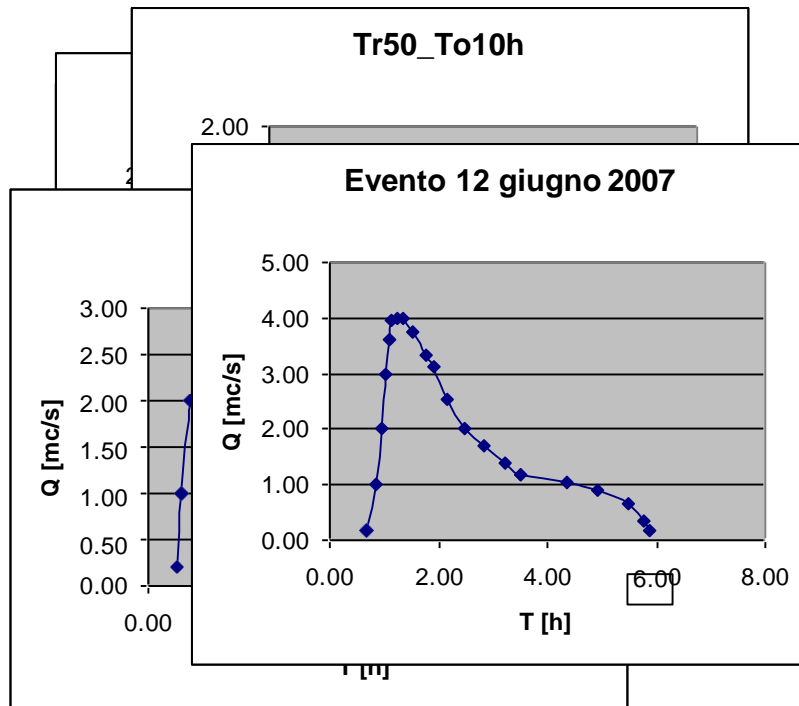


In questo lavoro si è considerato solo il sistema costituito dal tratto terminale del nuovo collettore AIMAG in progetto, il tratto di Cavata Orientale che va dalla sua origine a poche decine di m a valle del sottopasso di via Lama, la vasca di laminazione collocata in prossimità dell'origine della Cavata, e lo scarico di connessione tra la vasca e il Cavo Lama



Cavata Orientale: sezione tipo di progetto nel tratto di monte e tratto in condotta con diametro 600 mm.

Su questo sistema sono state effettuate 12 simulazioni, corrispondenti a diversi tempi di pioggia e con diversi tempi di ritorno, a metodi idrologici diversi e a un evento reale.



Tempo di ritorno 25 anni:

- Tempo di pioggia = 2 ore → Q_{Tr25_Tp2h}
- Tempo di pioggia = 4 ore → Q_{Tr25_Tp4h}
- Tempo di pioggia = 6 ore → Q_{Tr25_Tp6h}
- Tempo di pioggia = 8 ore → Q_{Tr25_Tp8h}
- Tempo di pioggia = 10 ore → Q_{Tr25_Tp10h}

Tempo di ritorno 50 anni:

- Tempo di pioggia = 2 ore → Q_{Tr50_Tp2h}
- Tempo di pioggia = 4 ore → Q_{Tr50_Tp4h}
- Tempo di pioggia = 6 ore → Q_{Tr50_Tp6h}
- Tempo di pioggia = 8 ore → Q_{Tr50_Tp8h}
- Tempo di pioggia = 10 ore → Q_{Tr50_Tp10h}

Applicazione del metodo Chicago con durata di pioggia pari a 1 ora → Chicago_1h

Simulazione dell'evento reale del 12 giugno 2007 → Pioggia_12062007

■ **SIMULAZIONI IN MOTO VARIO** dei livelli all'interno della cassa d'espansione

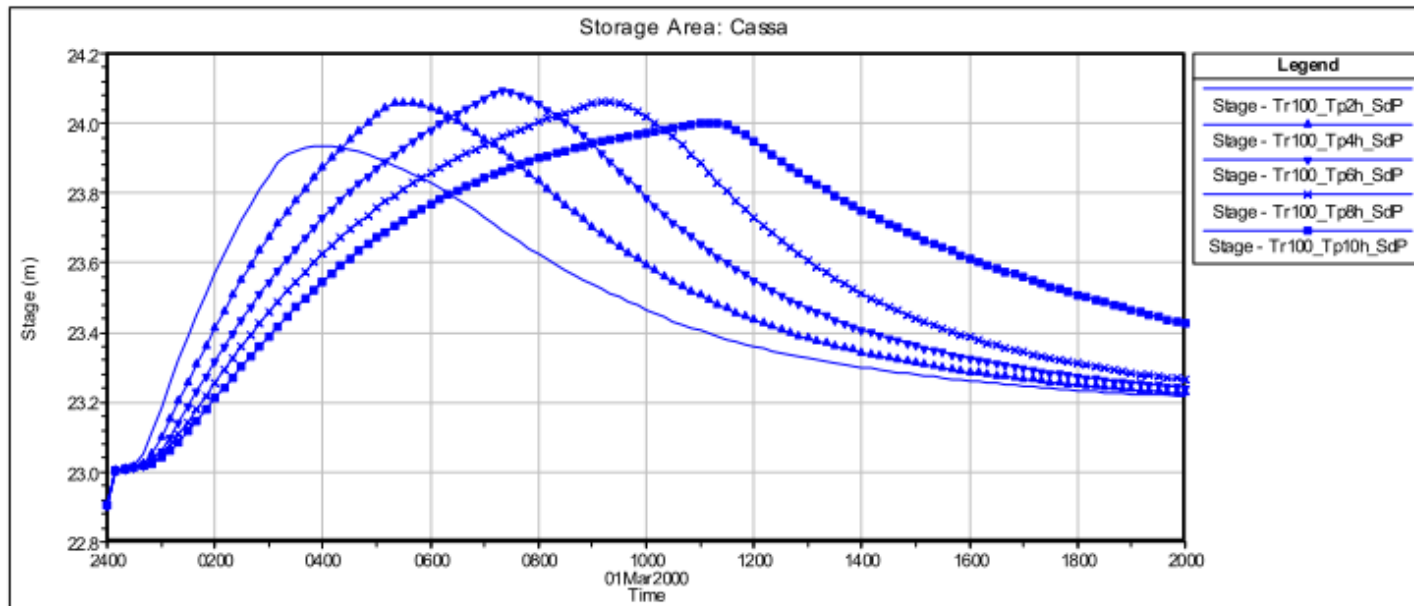


Figura 24: Andamento dei livelli nella cassa per gli eventi pioggia con TR = 100 anni e Tp = 2h, 4h, 6h, 8h, 10h

Tabella 3: Livelli massimi nella cassa di espansione e nella Cavata Orientale a valle di via Lama

Simulazione	Livello cassa [m slm]	Livello Cavata a valle di via Lama [m slm]
U_Tr25_Tp2h	23.71	23.48
U_Tr25_Tp4h	23.82	23.52
U_Tr25_Tp6h	23.86	23.55
U_Tr25_Tp8h	23.86	23.55
U_Tr25_Tp10h	23.79	23.51
U_Tr50_Tp2h	23.74	24.49
U_Tr50_Tp4h	23.86	23.53
U_Tr50_Tp6h	23.93	23.56
U_Tr50_Tp8h	23.93	23.56
U_Tr50_Tp10h	23.87	23.53
U_Tr100_Tp2h	23.94	23.57
U_Tr100_Tp4h	24.06	23.60
U_Tr100_Tp6h	24.09	23.61
U_Tr100_Tp8h	24.06	23.59
U_Tr100_Tp10h	24.00	23.56
Chicago_1h	23.41	23.43
Pioggia_12062007	23.68	23.50



"All models are wrong but some are useful"

George Box

"Nessuno crede ai modelli, tranne chi li ha prodotti... tutti credono ai dati sperimentali, tranne chi li ha raccolti."

Gaylon S. Campbell



AZIONE B7

**INTERVENTI DI GESTIONE INNOVATIVA
DELLA VEGETAZIONE E VALUTAZIONE
DEI BENEFICI AMBIENTALI, IDRAULICI,
ECONOMICI DELLE BEST PRACTICE
MESSE A PUNTO**

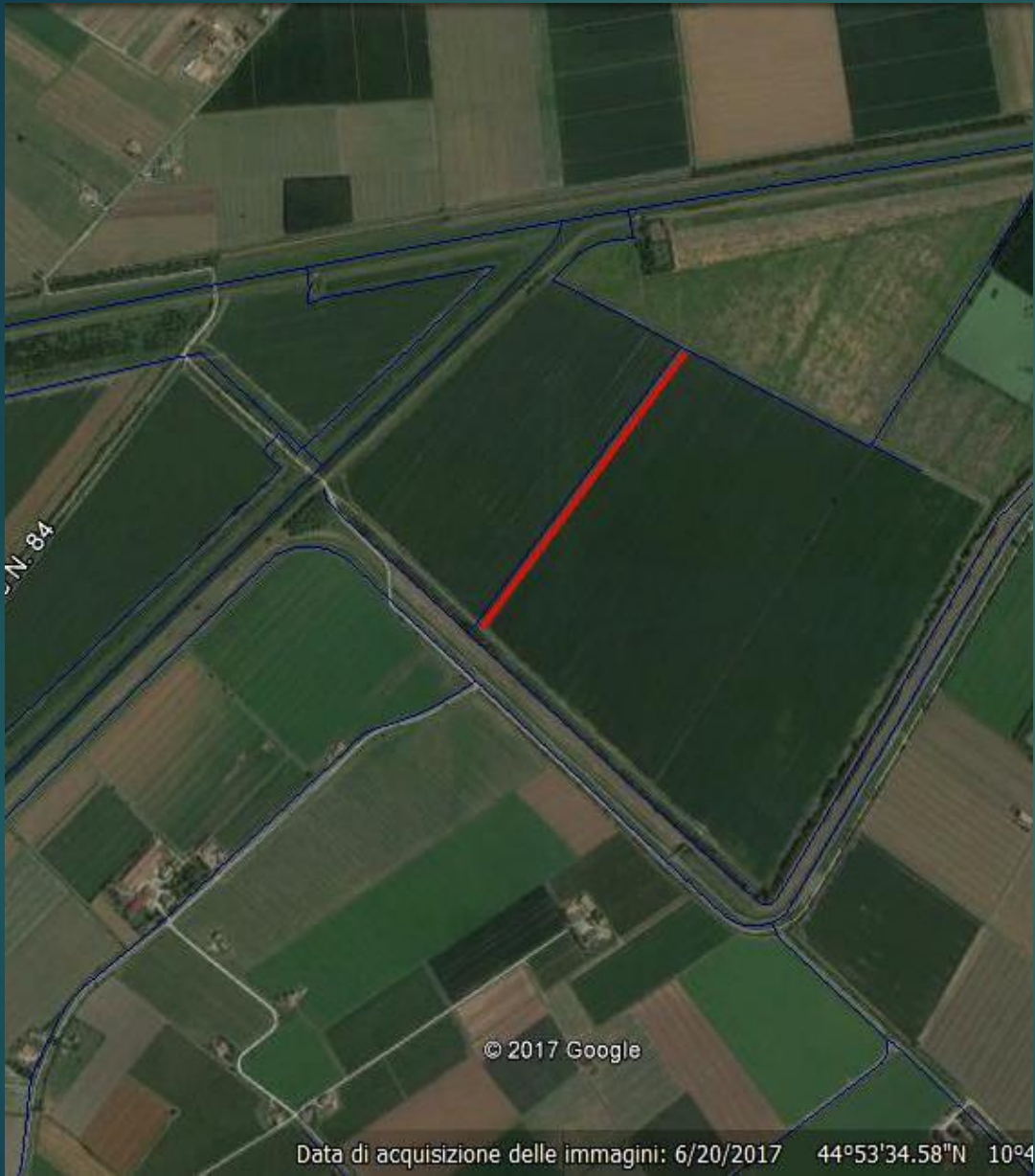
A sinistra, sfalcio alternato sulle due sponde della vegetazione sul Canale di Bondeno; a destra, misure di livello e velocità





A sinistra, sfalcio alternato sulle due sponde della vegetazione sul Dugale di Brescello; a destra, misure di livello e velocità





CAVO BRUCIATI DIR.1°

© 2017 Google

Data di acquisizione delle immagini: 6/20/2017 44°53'34.58"N 10°4'

Misura
Tratto

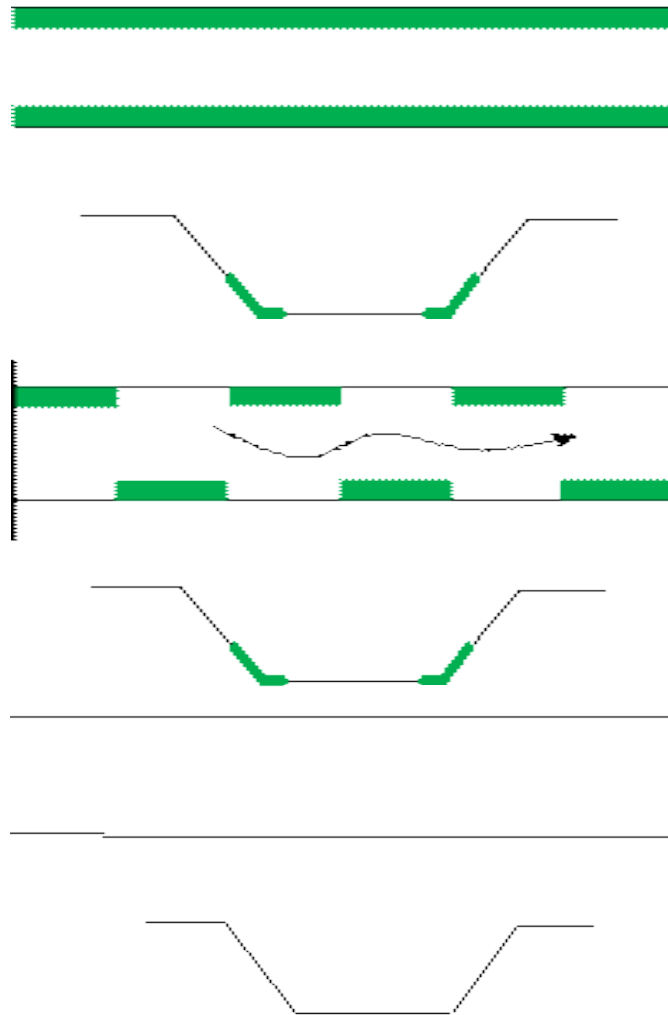


Figura 1 – Cavo Bruciati Dir. 1° sfalciato in modo differenziato su tutta la lunghezza interessata dalla sperimentazione, durante tre prove successive: sfalcio alternato sulle due sponde, nessuno sfalcio, sfalcio completo. Le misure di livello e velocità sono state eseguite nella porzione intermedia del canale.







1.1 Cavo Bruciati Dir. 1° (24-08-2017)

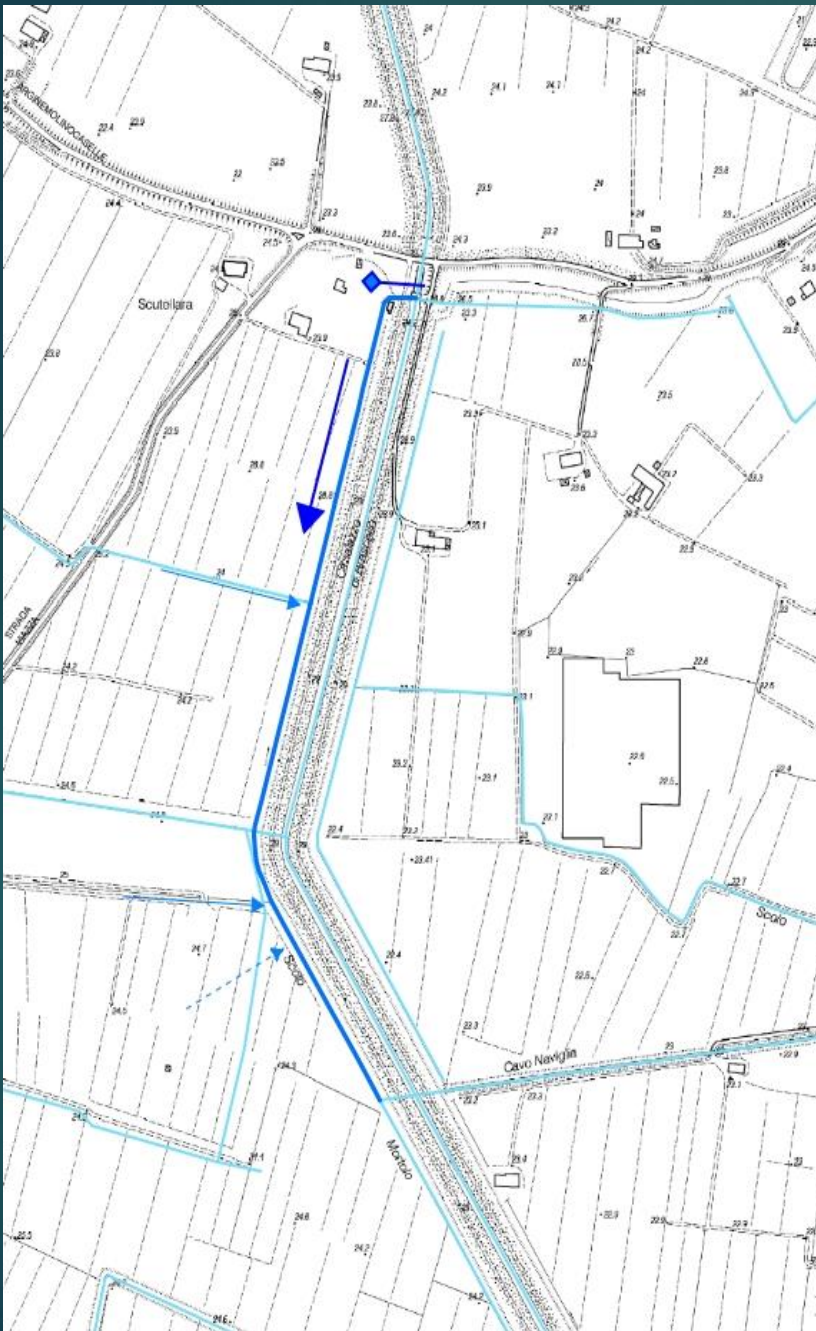
Si riportano di seguito i risultati ottenuti in termini di variazione di livello e velocità durante le prove effettuate.

La variazione di velocità tra la prova 1 (nessuno sfalcio), la prova 2 (sfalcio alternato sulle due sponde) e la prova 3 (sfalcio totale), non appare essere coerente con la sperimentazione, indicando infatti una diminuzione di velocità e non un aumento come è lecito attendersi quando si diminuisce la scabrezza in alveo.

La diminuzione di livello idrometrico tra la prova 1 (nessuno sfalcio) e la prova 2 (sfalcio alternato sulle due sponde) è del 8% (circa 5 cm su 60 cm iniziali) e diviene maggiore tra la prova 1 e la prova con sfalcio completo della vegetazione (prova 3), attestandosi al 13%, corrispondente ad un abbassamento di 8 cm.

La differenza di abbassamento del livello tra sfalcio alternato e sfalcio completo è quindi in questo caso di circa 3 cm su un livello iniziale di 60 cm (il livello passa cioè da 60 cm a 55 cm con lo sfalcio alternato e da 60 cm a 52 cm con lo sfalcio completo).

Si evidenzia quindi una differenza di abbassamento di livello che non sembra essere così apprezzabile da giustificare l'eliminazione completa della vegetazione, se non nelle situazioni a maggior rischio, dove anche solo 3 cm di quota in meno potrebbero essere importanti per evitare esondazioni.



DUGALE DI BRESCELLO

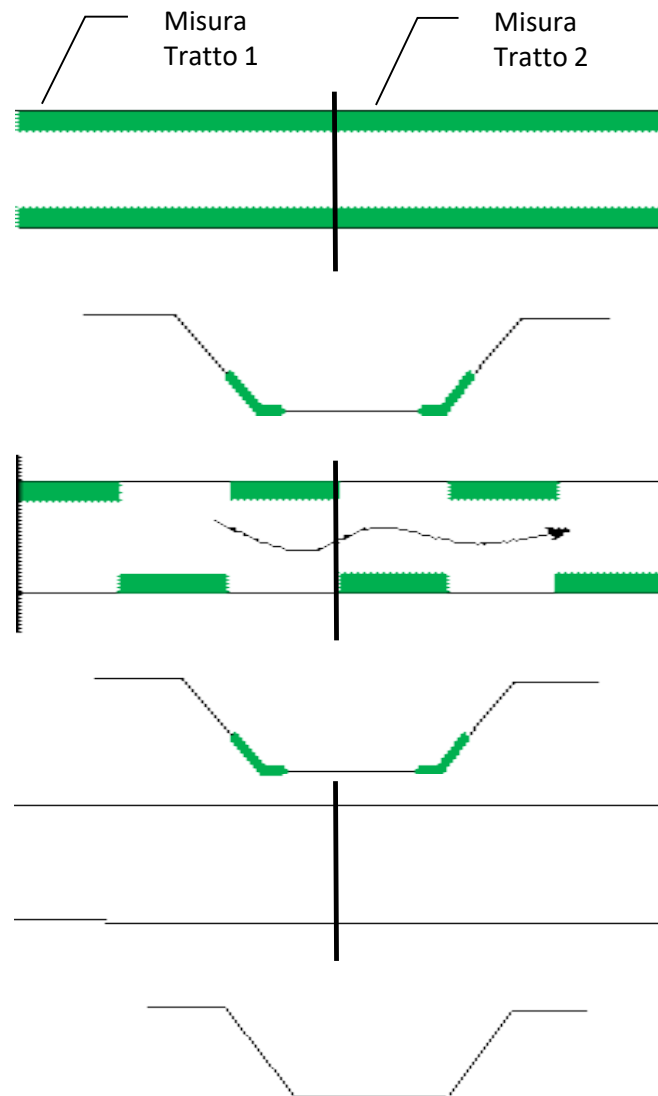


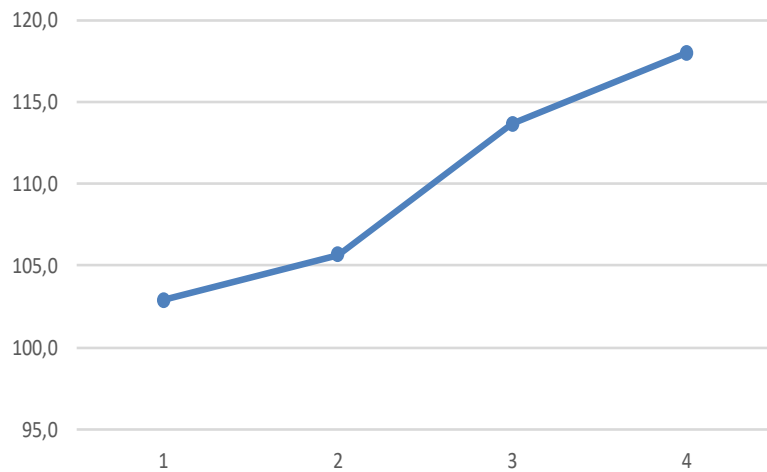
Figura 1 – Dugale di Brescello sfalciato in modo differenziato su tutta la lunghezza interessata dalla sperimentazione, durante tre prove successive: sfalcio alternato sulle due sponde, nessuno sfalcio, sfalcio completo. Le misure di livello e velocità sono state eseguite in due tratti contigui, nella porzione intermedia di ogni tratto.

Tratto 1	Prova 1					Prova 2					Prova 3					Prova 4				
	Stato di fatto (Vegetazione NON sfalcata)					Sfalcio Parziale Vegetazione					Sfalcio TOTALE Vegetazione					Sfalcio TOTALE Vegetazione (REPLICA)				
	Vel 1	Vel 2	Vel 3	Vel Media	Quota	Vel 1	Vel 2	Vel 3	Vel Media	Quota	Vel 1	Vel 2	Vel 3	Vel Media	Quota	Vel 1	Vel 2	Vel 3	Vel Media	Quota
	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm
	99	105	105	102,9	89	106	103	108	105,7	84	112	113	116	113,7	76	118	118	118	118,0	73

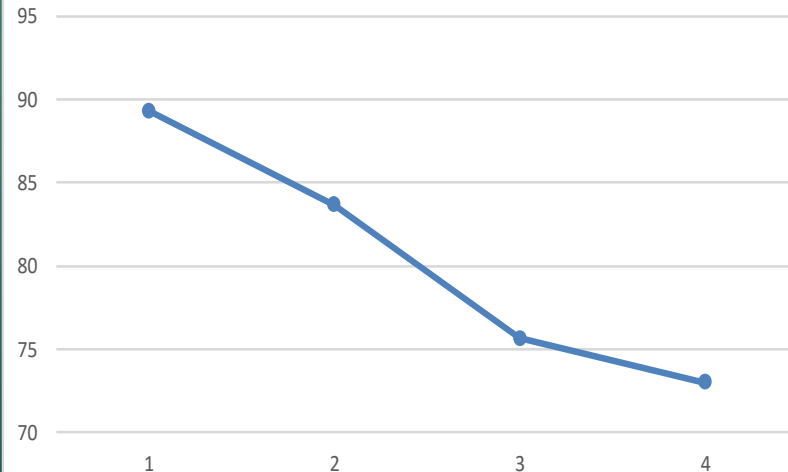


Variazione 1-2				Variazione 1-3				Variazione 1-4			
Velocità media		Quota		Velocità media		Quota		Velocità media		Quota	
cm/s	%	cm	%	cm/s	%	cm	%	cm/s	%	cm	%
3	3%	-6	-6,3%	11	10%	-14	-15,3%	15	15%	-16	-18,3%

Velocità - Tratto 1



Quota pelo libero - Tratto 1



CANALE DI BONDENO







GRAZIE PER L'ATTENZIONE

*Ing. Marco Monaci
Consulente LIFE RINASCE*

*Tel: 328/9437333
Email: mm.monaci@gmail.com*