

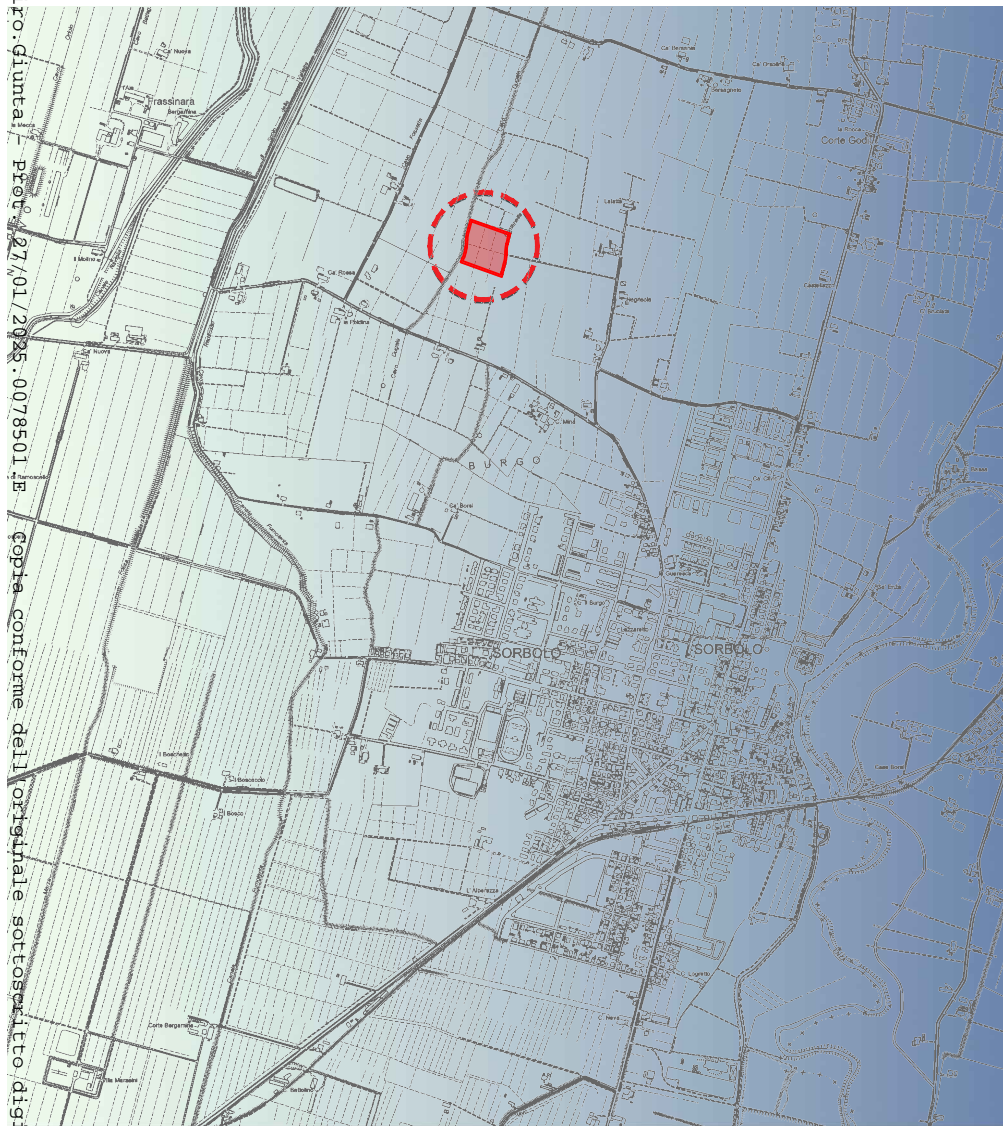


mittente:

Responsabile del procedimento: Ing. Valter Bertozzi

TO:

## REALIZZAZIONE DI VASCA DI LAMINAZIONE NEI CANALI DUGALE E FONTANELLA A SERVIZIO DEL CENTRO ABITATO DI SORBOLO



PROGETTO



I.S.I. INGEGNERIA E AMBIENTE  
Ing. Gian Lorenzo Bernini, Ing. Rosaria Ragazzini  
43126 Parma, Via Martiri della liberazione 36  
e-mail: lorenzo@isiingegneriaeambiente.it  
tel. +39 0521 941229

base progettuale:

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE:

### RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA

# A.04

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
01	14.12.2023	Aggiornamento	MC	GLB	VB
02	30.01.2024	Revisione	NO	GLB	VB
03	05.02.2024	Emissione	MC	GLB	VB



## INDICE

1	PREMESSA .....	2
2	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO .....	4
2.1	Manufatti idraulici .....	5
3	ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA .....	7
3.1	Descrizione dello stato di fatto e di progetto .....	9
3.1.1	Stato di fatto .....	9
3.1.2	Stato di progetto .....	11
3.1.3	Stato di progetto con vasca di laminazione dugale fontanella .....	12
3.2	Idrologia e determinazione delle curve di possibilità pluviometrica .....	12
4	L'ANALISI IDRAULICA DI DETTAGLIO .....	14
4.1	Dati della modellazione .....	14
4.1.1	Bacini .....	14
4.1.2	Rete di scolo esistente .....	15
4.2	Corsi d'acqua e manufatti .....	15
4.3	Risultati delle Analisi Idrauliche .....	16
5	CONCLUSIONI .....	21

## 1 PREMESSA

Il presente documento rappresenta parte integrante del progetto definitivo finalizzato alla riduzione del rischio idraulico di due corsi d'acqua, il canale Dugale e il canale Fontanella, e nello specifico delle aree del centro abitato di Sorbolo.

Il presente aggiornamento del progetto definitivo viene redatto partendo dalla risultanza delle simulazioni e delle scelte progettuali contenute nel progetto definitivo redatto dall'Ing. Grignaffini (approvato dal Consorzio di Bonifica Parmense) e in accordo alle richieste successivamente formulate dal Consorzio di Bonifica Parmense e dei proprietari dei fondi interessati.

La modellazione idrologica è stata effettuata al fine di valutare l'insieme dei diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso, a partire dalla precipitazione meteorica, prima che il deflusso si incanali nella rete idrografica costituita dai Cavi Dugale e Fontanella.

Le analisi idrologiche sono state effettuate simulando eventi di pioggia con tempo di ritorno a 25 anni, come da progetto preliminare e definitivo ma, aggiornato con le nuove curve di possibilità climatiche definite dal Consorzio di Bonifica Parmense nel 2023.

La figura seguente mostra l'inquadramento territoriale dell'area in oggetto di intervento.

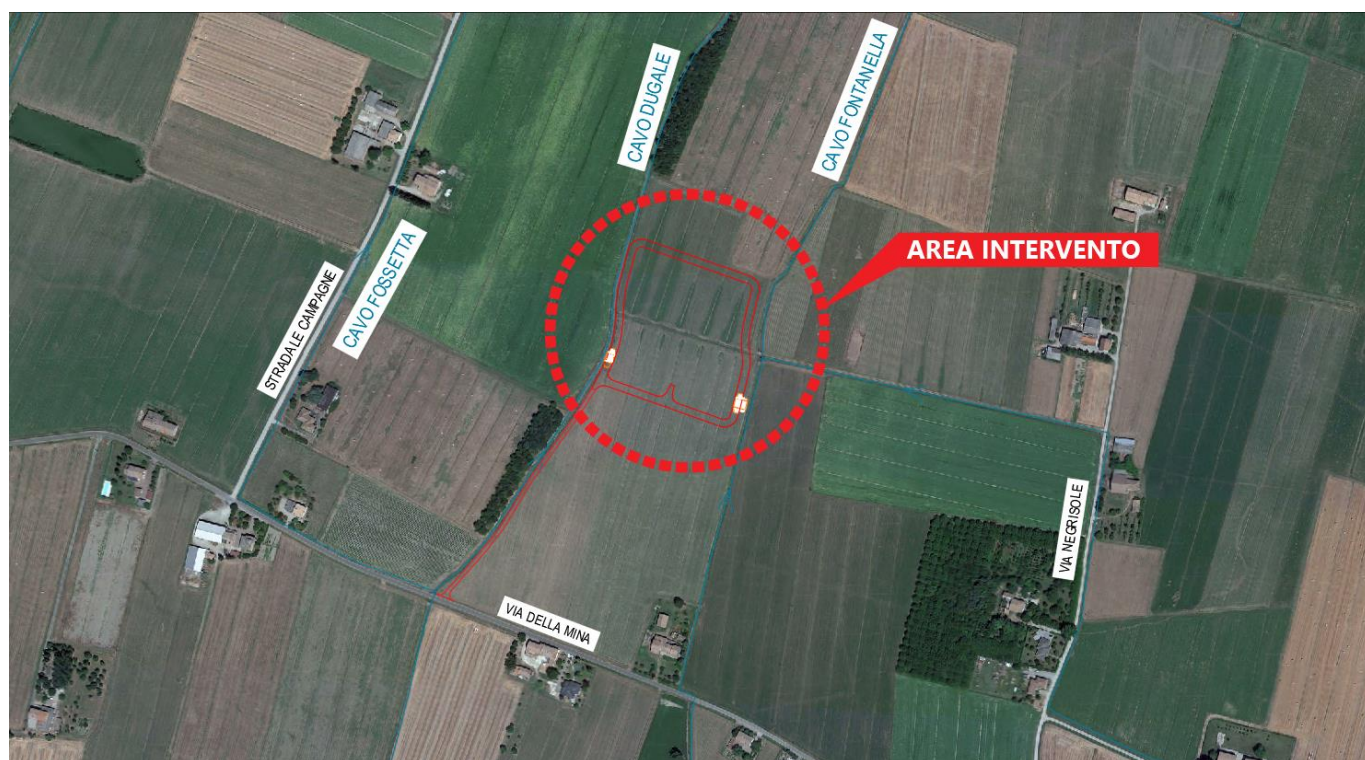


Figura 1 - Individuazione planimetrica della zona oggetto di studio.

L'obiettivo minimo dell'invaso in progetto è di laminare la portata i deflussi provenienti dalle nuove aree di espansione senza che queste vadano a gravare sul sistema di scolo esistente.

Con l'inserimento della vasca dimensionata sulla base del concetto di invarianza per le nuove aree di espansione non si eliminano tuttavia le criticità esistenti allo stato attuale nei due Cavi: la portata che



r\_eniro.Giunta - Prot. 27/01/2025.0078501.F

Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da Bernini Gian Lorenzo



COMUNE  
DI SORBOLO MEZZANI

REALIZZAZIONE DI VASCA DI LAMINAZIONE  
NEI CANALI DUGALE E FONTANELLA  
A SERVIZIO DEL CENTRO ABITATO DI SORBOLO

**Progetto Definitivo – A.02 RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA**

defluisce in seguito agli eventi di massima piena considerati non è compatibile con quella ammissibile nei due Cavi stante le attuali sezioni dei canali e dei manufatti e l'inserimento della vasca non risolve il problema della tracimabilità sia del Cavo Fontanella che Dugale. Inoltre anche il tratto di fosso che convoglia le acque meteoriche del comparto NU1.4 al Fontanella presenta forti criticità in quanto parzialmente intubato e non in grado di smaltire l'intera portata proveniente dal comparto.

Si dovrà prevedere in futuro di eliminare queste criticità.





## 2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

La mitigazione del rischio idraulico e la laminazione del contributo dei deflussi provenienti dalle nuove aree di espansione è conseguito attraverso una vasca di laminazione, realizzata in scavo e di superficie  $21.530 \text{ m}^2$ .

Al fine di individuare la soluzione che meglio risponde alle esigenze idrauliche del centro abitato e alle modalità di gestione e manutenzione dei due canali è stata individuata un'area a nord di strada comunale della Mina, delimitata dai due corsi d'acqua, attualmente destinata a uso agricolo.

L'invaso prevede una quota di fondo media pari a circa  $25.80 \text{ m s.l.m.}$  ed una altezza di scavo variabile vista la morfologia attuale dell'area dove è previsto l'invaso. alimentata da due manufatti di ingresso (soglie sfioranti laterali) e da due scarichi di fondo realizzato con condotta in c.a. DN400.

Il volume massimo di esercizio della vasca per piena con TR25 anni (durata critica 6 ore) è pari a circa  $24.100 \text{ m}^3$  (franco circa 80 cm) corrispondente ad un livello massimo di invasore fino a circa  $26.95 \text{ m s.l.m.}$

La quota minima di sommità spondale dell'invasore è pari a  $27.80 \text{ m s.l.m.}$ .



Figura 2 - Planimetria bacino di laminazione

Si prevede, inoltre, la demolizione dei due manufatti P9 e M2 presenti lungo il cavo Fontanella e la costruzione di un nuovo manufatto a valle dello sfioro di dimensioni  $300 \times 200 \text{ mm}$ .

## 2.1 MANUFATTI IDRAULICI

Gli stramazzi laterali di alimentazione e regolatore dei livelli è funzionale alla tracimazione delle acque di piena dei due cavi all'interno dell'invaso. Sul cavo Dugale è stata modellata una soglia di sfioro in sponda destra circa 85 metri a valle della sezione n.8; sul cavo Fontanella invece è stata modellata una soglia sfiorante in sponda sinistra a circa 30 metri a valle della sezione n.19. Gli stramazzi laterali in progetto presentano una larghezza di base pari a circa 10 m con pendenza laterale di raccordo alle sponde 1/4 e quota di sfioro a 26.30 m s.l.m., rialzata di circa 70/75 cm rispetto al fondo del canale Dugale e del canale Fontanella e di 50 cm rispetto al fondo dell'invaso di laminazione.

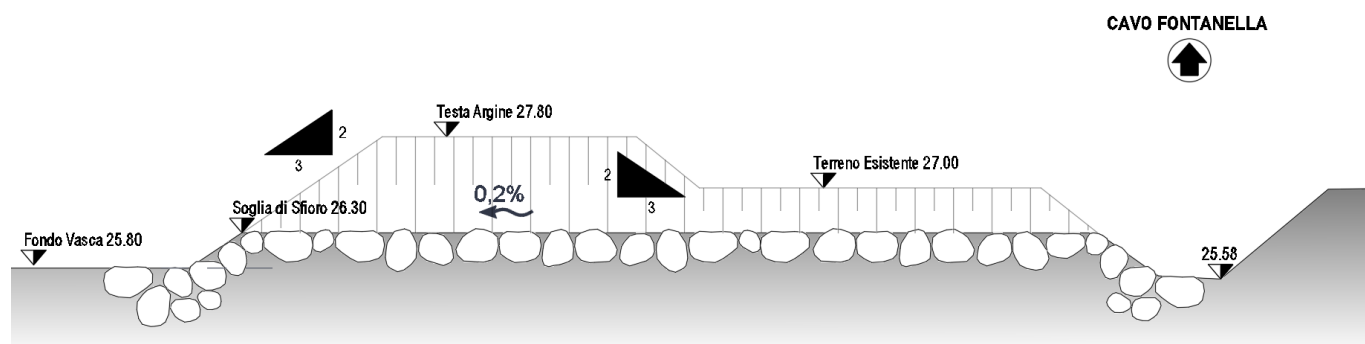


Figura 3 - Manufatto di ingresso al bacino di laminazione: sezione trasversale – Cavo Fontanella

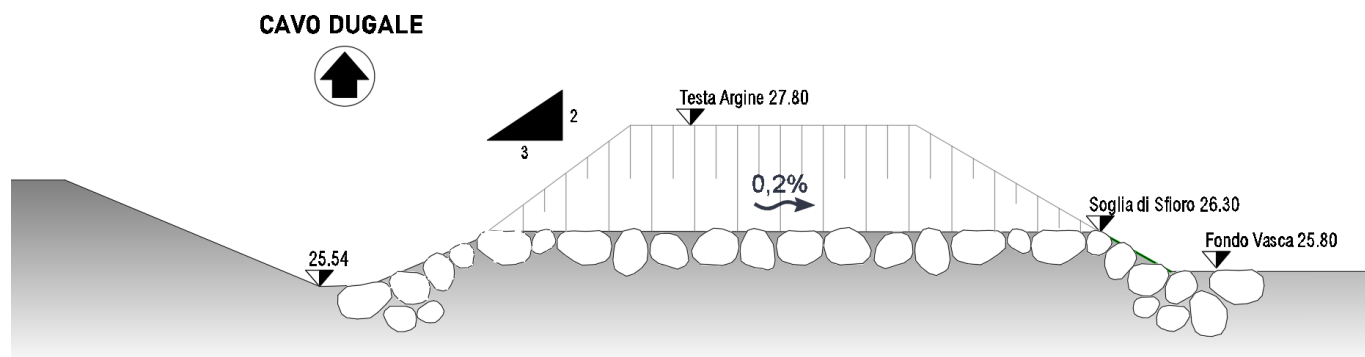


Figura 4 - Manufatto di ingresso al bacino di laminazione: sezione trasversale – Cavo Dugale

Il manufatto di sfioro sarà realizzato in massi di cava non gelivi da 300÷1.000 kg, posati a mosaico, intasati con cemento, inseriti all'interno delle sponde esistenti, prevedendo un abbassamento delle stesse in loro corrispondenza e l'ammorsamento. Sul lato di valle dello stramazzo si dovrà realizzare un bacino di dissipazione prevedendo il rivestimento del piano campagna con massi di cava non gelivi da 300÷1.000 kg, posati a mosaico, aventi la funzione di evitare erosioni localizzate dovute alla dissipazione dell'energia cinetica della corrente.

La restituzione avviene nel cavo Dugale e del cavo Fontanella attraverso due scarichi di fondo posizionati nel tratto terminale di valle dell'invaso realizzati con condotta DN400 in grado di scaricare il volume accumulato in circa tre giorni, a seconda dell'evento considerato, e dopo l'esaurimento dell'evento di piena.



r\_emi.ro.Giunta - Prot. 27/01/2025.0078501.F

Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da Bernini Gian Lorenzo

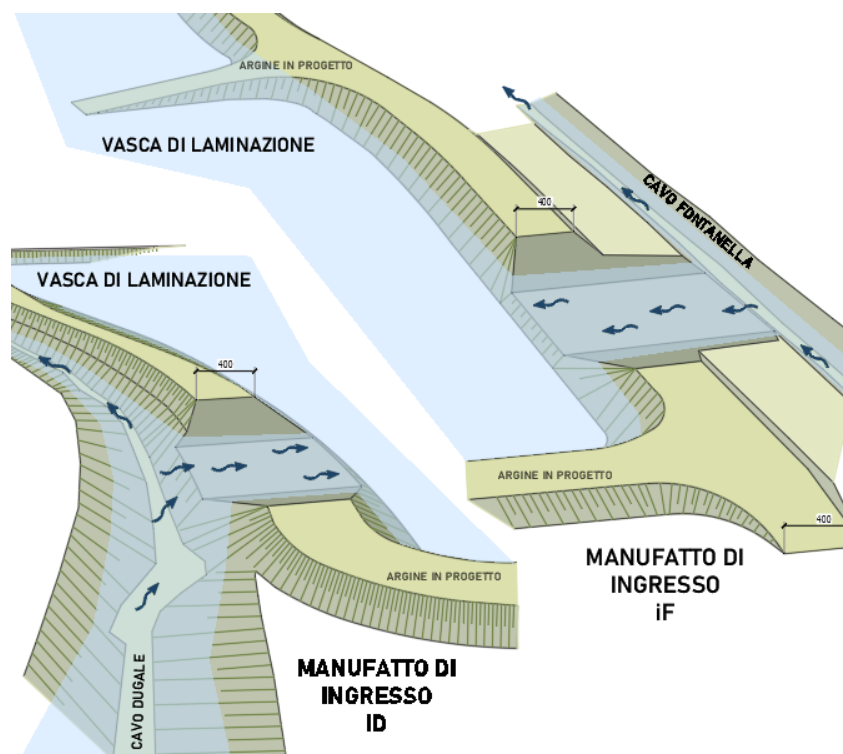


Figura 5 - Prospetti sui due manufatti di ingresso

In definitiva le opere idrauliche di progetto dell'invaso di laminazione sono:

- Manufatti di ingresso: sfioro laterale di alimentazione dell'invaso in sponda destra del cavo Dugale e in sponda sinistra del cavo Fontanella. Soglia a quota 26.30 m s.l.m. larghezza alla base di 10 m e pendenza delle sponde 1/4.
- Manufatto di uscita: i manufatti saranno realizzati con scarico di fondo con condotta in c.a. DN400 con quota di fondo pari a 25.75 m s.l.m., superiore di circa 25 cm rispetto al fondo sia del cavo Dugale che del cavo Fontanella.
- Movimento terra per la realizzazione degli argini.
- Demolizione dei manufatti P9 e M2. Il manufatto M2 sarà ricostruito a valle dello sfioro sul Cavo Fontanella in modo da consentire agevolmente l'accesso alle rimanenti aree coltivabili.

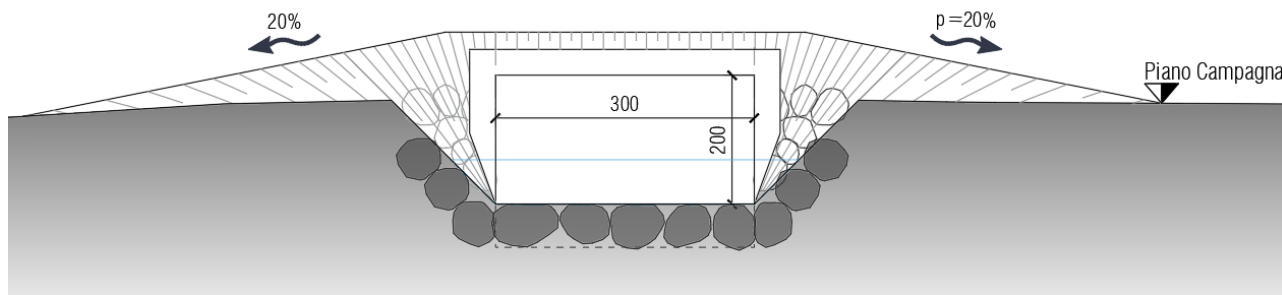


Figura 6 - Sezione su Cavo Fontanella in prossimità del Manufatto di attraversamento



### 3 ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA

La simulazione idraulica per la determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura delle aree scolanti, ovvero nella rete fognaria destinata a riceverle, è stata effettuata con l'utilizzo del modello idrologico-idraulico **SWMM** (Storm Water Management Model), sviluppato e aggiornato dall'agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente U.S. E.P.A. che descrive quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sull'area di un bacino imbrifero e quindi in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i collettori, consentendo di definire le portate nella configurazione attuale e di progetto in funzione del "tempo di ritorno" (TR) e della durata dell'evento di pioggia. Una delle caratteristiche del programma è l'analisi dei deflussi provenienti da piccoli bacini urbani, come nel caso dell'intervento in oggetto.

Matematicamente il processo è rappresentato dalla soluzione di un sistema di equazioni differenziali che governano il bilancio della massa liquida (equazione di continuità) e della corrispondente energia meccanica (equazione del moto) tanto per il deflusso che si sviluppa come lama d'acqua fluente sulla superficie di una area elementare per effetto della saturazione del suolo e del superamento della sua capacità di infiltrazione, quanto del deflusso che si sviluppa come corrente essenzialmente monodimensionale in ciascuno dei tronchi elementari costituenti la rete drenante. Oltre tali equazioni differenziali, il modello impone contemporaneamente, attraverso successive formule, le condizioni al contorno, ed in particolare l'identità del livello in tutti gli estremi di canali che connettono lo stesso nodo, il legame tra livello raggiunto nei nodi, dimensione fisica delle confluenze e livelli idrici nei canali riceventi. Le condizioni iniziali nel reticolo sono, invece, calcolate sulla base delle condizioni al contorno che riguardano i riceventi e della portata iniziale in ogni tratto.

Per quanto riguarda il deflusso di superficie, il programma considera ogni area elementare utilizzata per la schematizzazione dell'intero bacino come un serbatoio non lineare con un singolo ingresso che rappresenta le precipitazioni, e con più uscite che rappresentano rispettivamente l'infiltrazione, l'evaporazione ed il deflusso superficiale. È quest'ultima la componente maggiormente rappresentativa nel caso presente.

La capacità del serbatoio non lineare rappresenta la capacità massima d'accumulo sulle superfici del bacino, fornita principalmente dai micro e macro-avvallamenti delle superfici e dal velo d'acqua presente sulle superfici bagnate, d'altezza variabile durante l'evento di pioggia.

Nella logica del modello il deflusso superficiale ha inizio solo quando il volume d'acqua nel serbatoio supera la capacità d'accumulo superficiale, mentre l'infiltrazione (solo nella porzione permeabile della superficie) e l'evaporazione riducono continuamente il volume d'acqua accumulato nel serbatoio. L'infiltrazione è modellata secondo il metodo CN del Soil Conservation Service (USA). Nei casi in cui l'infiltrazione e l'evaporazione siano potenzialmente superiori alla precipitazione, il deflusso è ovviamente nullo. E' presente anche la componente di deflusso ipodermico e di base, derivante dalla schematizzazione della regione sotterranea come due serbatoi non lineari interconnessi; tale elemento, introdotto quando si





r\_emiro.Giunta - Prot. 27/01/2025.0076501.F

Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da Bernini Gian Lorenzo



dispone di osservazioni in continuo delle piogge, può simulare anche gli scambi idrici fra falda freatica e corso d'acqua, ma riveste un'importanza trascurabile nella simulazione di singoli eventi di piena, come quelli analizzati in questo studio, perché i tempi di risposta dei due serbatoi sotterranei eccedono largamente quelli del ruscellamento superficiale, fornendo un contributo al deflusso totale che diviene significativo solo in regime fluviale di morbida e magra. Il processo appena descritto, elaborato dal modulo RUNOFF del programma, è ripetuto per ogni area elementare schematizzata, e per ogni passo temporale in cui è necessario discretizzare l'intervallo di tempo durante il quale interessa simulare la trasformazione afflussi-deflussi e la propagazione della conseguente portata lungo il sistema drenante, tenendo conto delle confluenze secondo la struttura topologica della rete idrografica. Nel caso in esame, si sono esaminati tempi di pioggia con durate differenti, **dai 15 minuti fino alle 24 ore**, e fissato l'intervallo temporale di calcolo della simulazione complessivamente in 24 ore, con pluviogramma di ingresso di tipo triangolare. I parametri che occorrono fissare per la simulazione idrologica e quindi per la determinazione delle portate generate sono i seguenti:

- Caratteristiche fisiche e morfologiche dell'area sottesa (superfici impermeabili, aree verdi, strade ecc), che consentono di stimare le perdite e i coefficienti di deflusso, attraverso il metodo CN (caratteristiche del tipo di suolo);
- Ietogrammi di ingresso;
- Il metodo di analisi afflussi/deflussi (metodo SCS Curve Number).

Come anticipato, per la determinazione delle principali perdite idrologiche come evapotraspirazione, infiltrazione ed immagazzinamento nelle depressioni superficiali, è stato utilizzato il metodo CN.

Il coefficiente CN attribuisce ad ogni singola porzione di superficie, un valore adimensionale che ne caratterizza la risposta idrologica del suolo in funzione delle sue caratteristiche di permeabilità, d'uso e di copertura al fine di stimare il coefficiente di deflusso medio.

Il metodo consiste essenzialmente di due parti: nella prima si stima il volume del deflusso risultante da una pioggia, nella seconda si determina la distribuzione nel tempo del deflusso e la portata al colmo. Rinviamo ai testi d'idrologia (es. Ven Te Chow) l'illustrazione del metodo, nel seguito ci si limita a riportare gli elementi necessari alla sua applicazione. Scritta l'equazione di continuità:

$$Q = P - S'$$

dove:

$Q$  (mm) = volume defluito fino all'istante generico  $t$ ;

$P$  (mm) = volume affluito al medesimo istante;

$S'$  (mm) = volume complessivamente perso =  $S^*Q/P$ ;

$S$  (mm) = volume massimo immagazzinabile nel terreno a saturazione =  $25.400/CN - 254$ .



La valutazione del coefficiente CN e la stima del coefficiente di deflusso ( $\delta$ ), per piogge con diverso tempo di ritorno TR, ha portato ai seguenti valori:

$$Q = \frac{(P - I)^2}{(P - I - S)}$$

dove:

I = quota parte dell'afflusso che va ad invasarsi nelle depressioni superficiali ( $=0,2 \cdot S$ ).

La forma dell'idrogramma di portata è funzione del tempo di corrivazione  $t_c$ , della durata D, dell'impulso di pioggia efficace R, del tempo di ritardo del colmo L (Lag), dei tempi di crescita  $t_p$  (time to peak), di esaurimento  $t_r$  (recession time) e del tempo base (base time).

Il tempo di corrivazione o concentrazione, caratteristico del bacino, è il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano raggiunga la sezione di chiusura. Per i bacini urbani il tempo di corrivazione  $t_c$  è descritto dalla somma di due termini:

$$t_c = t_r + t_p$$

- $t_r$  rappresenta il tempo di ruscellamento ovvero il tempo che la particella d'acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura del sottobacino di riferimento;
- $t_p$  rappresenta il tempo di percorrenza ed è quello impiegato dalla particella per raggiungere, dal punto in ingresso alla rete, la sezione di controllo.

Il tempo di ruscellamento è d'incerta determinazione variando infatti con la pendenza dell'area, con la natura della pavimentazione, con la tipologia dei drenaggi minori della rete; esso viene assunto con valore minimo di 5 minuti che dai risultati e studi condotti su superfici stradali risulta adeguato a rappresentare il fenomeno di scorrimento delle gocce d'acqua sulla piattaforma.

### 3.1 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO E DI PROGETTO

I deflussi derivanti dal sistema scolante nei due Cavi sono stati determinati in due distinte condizioni al fine di poter valutare con la successiva modellazione idraulica la risposta del Cavo Dugale e del Cavo Fontanella sia nella condizione attuale ("stato di fatto") che quella futura derivante dall'attuazione dei comparti NU1 sopra descritti e dalla realizzazione del sistema di laminazione ("stato di progetto").

#### 3.1.1 STATO DI FATTO

E' stata analizzata la situazione del deflusso derivante dal centro abitato esistente (per una superficie complessiva di 155 ha) e dalle aree agricole scolanti nei due Cavi (per una superficie complessiva di circa 740 ha).

Le superfici schematizzate sono rappresentate nella tavola B.03 – Planimetria Schematizzazione del Sistema Scolante e nella tavola B.04 – Planimetria Bacini e Reticolo Idrografico Secondario.

Nella figura che segue si riporta la schematizzazione planimetrica del sistema idrologico implementato nel codice di calcolo SWMM con l'indicazione grafica dei coefficienti di impermeabilità (Subcatch Imperviousness) attribuiti alle aree nello stato di fatto (senza l'introduzione delle aree di espansione).

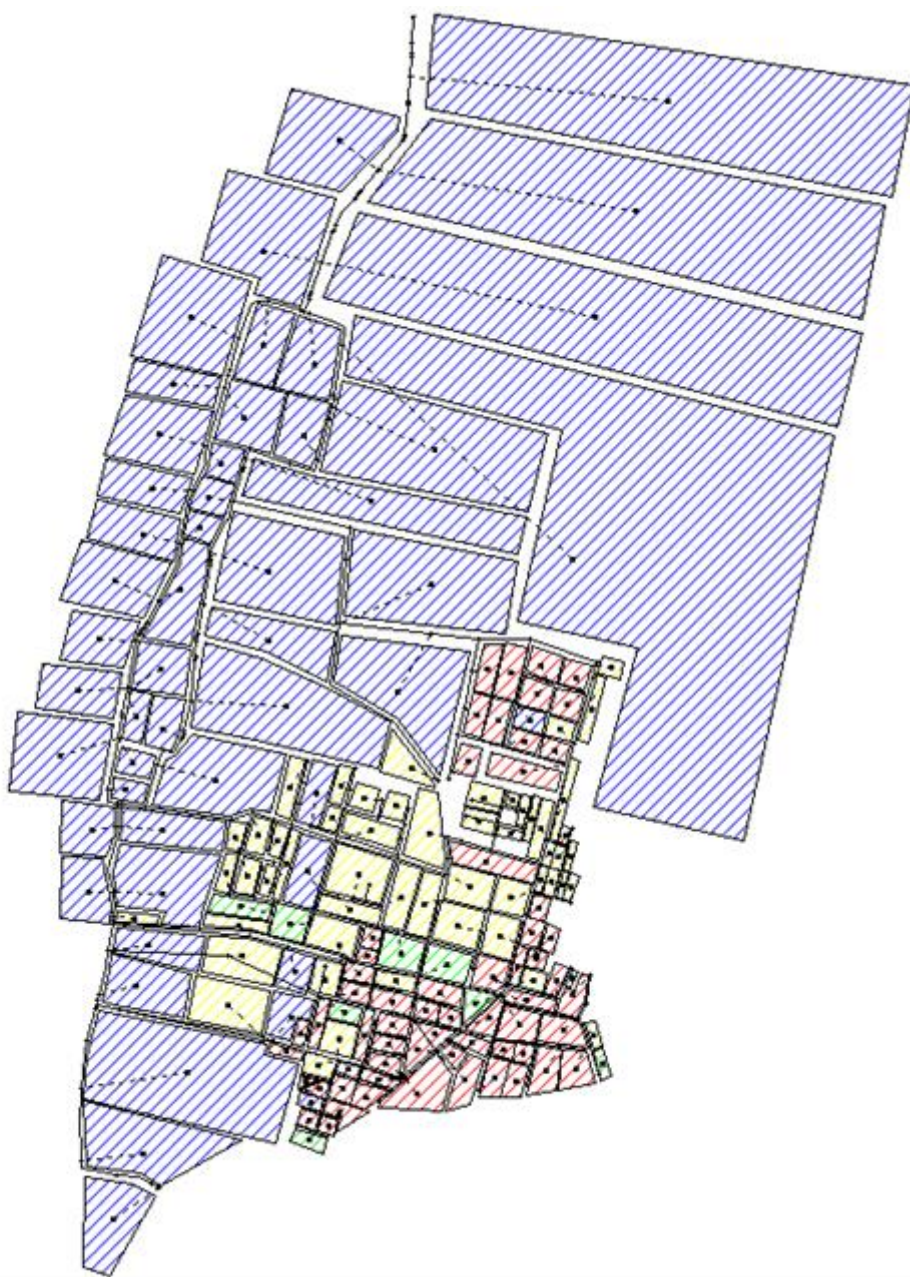
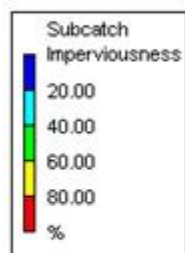


Figura 7 - Schematizzazione planimetrica del sistema idrologico – stato di fatto

### 3.1.2 STATO DI PROGETTO

Al centro abitato esistente sono state aggiunte le aree di espansione NU1 per complessivi 75,4 ha (di cui 48,1 ha gravanti sul Cavo Dugale e 27,3 ha sul Cavo Fontanella) così distribuite:

Nuovi insediamenti	Superficie [ha]
NU1.1	29,0
NU1.2	29,4
NU1.3	7,8
NU1.4	9,2
<b>TOTALE</b>	<b>75,4</b>

Nella figura che segue si riporta la schematizzazione planimetrica del sistema idrologico implementato nel codice di calcolo SWMM con l'indicazione grafica dei coefficienti di impermeabilità (Subcatch Imperviousness) attribuiti alle aree nello stato di progetto, sostituendo alle aree agricole esistenti le aree di futura espansione sopra descritte.

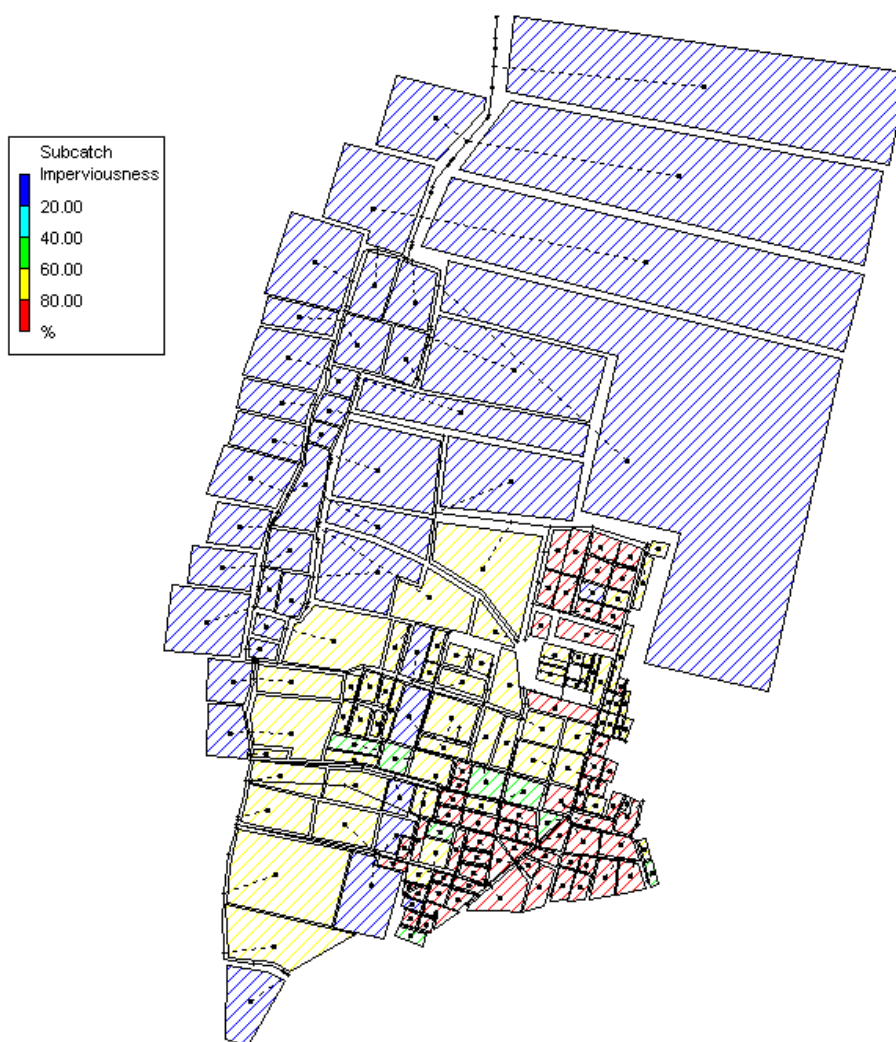


Figura 8 - Schematizzazione planimetrica del sistema idrologico – stato di progetto





### 3.1.3 STATO DI PROGETTO CON VASCA DI LAMINAZIONE DUGALE FONTANELLA

Nel modello contenente sia il centro abitato esistente che le aree di espansione è stata inserita una vasca avente una superficie in pianta pari a 21.780 m<sup>2</sup> e una profondità massima di 2 m (da quota media di fondo a quota arginale). La vasca è stata modellata con l'elemento storage unit che ha richiesto l'inserimento della forma del bacino di invaso, la sua superficie, la quota massima di invaso e la quota di fondo.

La vasca è stata alimentata da due manufatti in ingresso sfioratori laterali di lunghezza 10 m (una soglia sfiorante laterale sul Cavo Dugale con quota sfioro a 26.30 m e uno sul Cavo Fontanella con quota sfiorante a 26.30 m modellate con l'elemento weir) e regolata da due tubazioni di scarico in uscita (modellate con l'elemento orifice).

I manufatti P9 e M2 saranno demoliti in quanto presentano una sezione di deflusso insufficiente. Il manufatto M2 sul Cavo Fontanella verrà ricostruito a valle dello sfioro sul Cavo Fontanella con una nuova sezione di deflusso pari a 300x200 cm.

## 3.2 IDROLOGIA E DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

L'analisi idrologica ha lo scopo di definire le portate nello Stato di progetto in funzione del "tempo di ritorno" (TR) e della durata dell'evento di pioggia.

La stima degli afflussi/deflussi, sul lotto di terreno oggetto di studio, è stata realizzata utilizzando come parametro di calcolo il metodo Curve Number elaborato dal Soil Conservation Service (USA). Questo metodo ricava l'altezza di pioggia efficacemente defluita nel bacino in funzione del tipo di suolo, della sua capacità d'immagazzinamento e delle condizioni dello stesso prima dell'evento. L'analisi è stata fatta analizzando i tempi di ritorno delle piogge, e in funzione di questi e del coefficiente di deflusso, dipendente dal tipo di permeabilità e uso del terreno, si sono determinati i valori massimi della portata istantanea al colmo.

***Il calcolo della portata di pioggia massima scaricata del collettore è stato svolto facendo riferimento ad un tempo di ritorno pari a 25 anni come da progetto approvato.***

La determinazione della portata al colmo, attraverso il metodo afflussi/deflussi, deve avere come input l'altezza di pioggia ricavate dall'elaborazione statistica dei dati pluviometrici per piogge intense e di breve durata (6h, 12h, 24h) rilevati, da cui si ottengono le curve di possibilità pluviometrica per differenti tempi di ritorno. Per la determinazione della relazione fra altezza ( $h$ ) e durata ( $d$ ) dell'evento di pioggia in funzione di un prefissato tempo di ritorno ( $TR$ ) è stato necessario individuare la legge probabilistica che meglio si adatta alla serie storica del campione analizzato. Generalmente, per le elaborazioni statistiche dei dati di pioggia, la distribuzione che meglio interpreta le serie storiche risulta essere quella di Gumbel, descritta dall'espressione:

$$h = a(T)t^{n(T)}$$



r\_eni.ro.Giunta - Prot. 27/01/2025.0078501.F

Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da Bernini Gian Lorenzo



Nel caso in esame si sono utilizzati i parametri  $a$  e  $n$  della curva di possibilità pluviometrica per TR 25 anni fornite dal Consorzio di Bonifica Parmense e mostrati nella tabella seguente:

Durata	<1 h	≥1 h
$a$	56.69	50.45
$n$	0.384	0.294

Tabella 1 – Valori caratteristici della curva di possibilità pluviometrica (TR = 25 anni)

Nella figura e tabella seguenti sono riportati i valori e il grafico della curva di possibilità pluviometrica relativa alla stazione in esame, per tempo di ritorno pari a 25 anni.

Durata (ore)	Altezza di pioggia (mm)
0.25	33.29
0.5	43.44
1	50.46
2	61.89
3	69.74
6	85.54
12	104.92
24	128.69

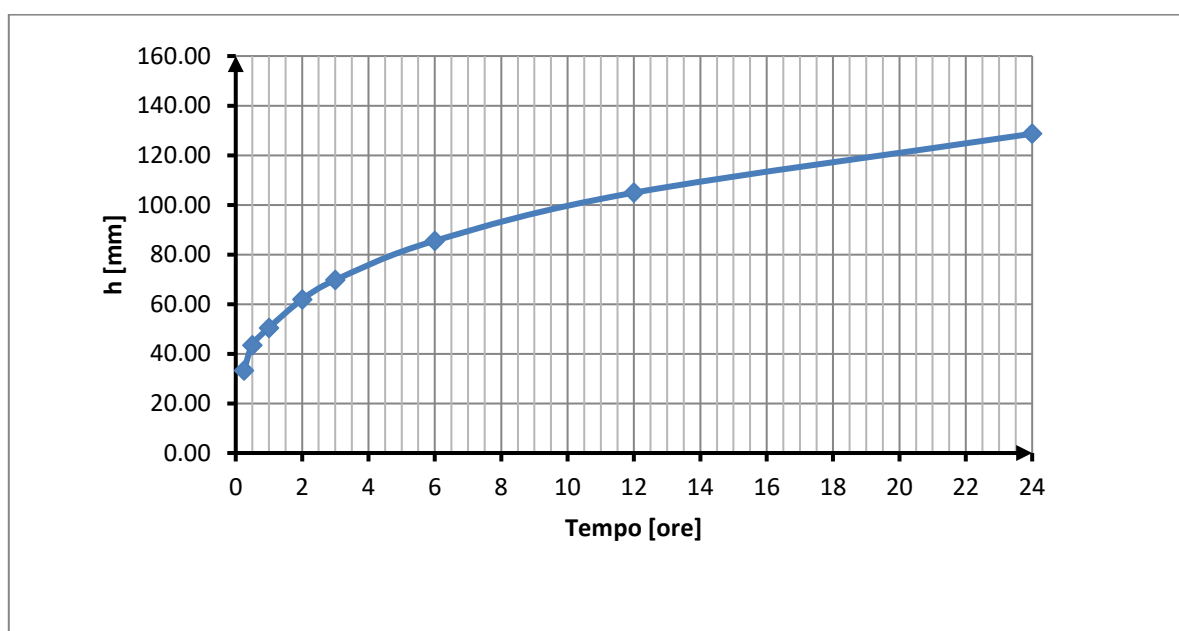


Figura 9 – Curva di possibilità pluviometrica, TR 25 anni.

L'evento di pioggia (simulato mediante l'elemento rain gage) è stato ricostruito mediante uno ietogramma di forma triangolare della durata complessiva pari a 6 ore. La posizione del picco è stata assunta a 1/3 della durata complessiva nel caso di bacini urbani e a 1/2 della durata complessiva nel caso di bacini agricoli.



r\_emi.ro.Giunta - Prot. 27/01/2025.0076501.E Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da Bernini Gian Lorenzo



## 4 L'ANALISI IDRAULICA DI DETTAGLIO

### 4.1 DATI DELLA MODELLAZIONE

#### 4.1.1 BACINI

I bacini scolanti (*subcatchments*) nei due Cavi oggetto di studio sono stati distinti in residenziali, artigianali/industriali e agricoli e sono stati schematizzati attraverso le caratteristiche riassunte nella tabella sottostante:

<i>Proprietà</i>	<i>Bacini urbani residenziali</i>	<i>Bacini urbani artigianali/industriali</i>	<i>Bacini agricoli</i>
Coefficiente di Manning per le aree impermeabili	0,01	0,01	0,17
Coefficiente di Manning per le aree permeabili	0,1	0,1	0,06
Profondità delle depressioni superficiali nelle aree impermeabili	3	3	3
Profondità delle depressioni superficiali nelle aree permeabili	6	6	15

In particolare, per la determinazione del Curve Number è stato assunto un terreno di tipo C con potenzialità di deflusso moderatamente alta (suolo contenente considerevole quantità di argilla con scarsa capacità di infiltrazione) e una condizione standard di umidità del terreno agli inizi dell'evento di pioggia (AMC, Antecedent Moisture Condition, di classe II).

Le aree residenziali sono state così caratterizzate in funzione della percentuale di area impermeabile:

<b><i>Percentuale di area impermeabile</i></b>	<b><i>CN</i></b>
40	83
60	90
80	94

- Le aree produttive sono state caratterizzate dal 90% di superficie impermeabile e da un indice CN pari a 94.
- I prati sono stati caratterizzati dal 5% di superficie impermeabile e da un indice CN pari a 74.
- I suoli coltivati sono stati caratterizzati dal 5% di superficie impermeabile e da un indice CN pari a 78.

Oltre ai parametri sopra descritti, per ciascun bacino sono stati definiti:

- la legge di precipitazione;
- la superficie;



- l'ampiezza dei percorsi di flusso;
- la pendenza media.

Le simulazioni effettuate hanno considerato il tessuto esistente con una superficie edificata complessiva di circa 155 ha e una superficie destinata a suolo coltivato pari a circa 740 ha; le aree d'espansione sono state considerate con una superficie complessiva pari a 75,40 ha e sono rappresentate nella tavola B.03 – Planimetria Schematizzazione del Sistema Scolante.

#### 4.1.2 RETE DI SCOLO ESISTENTE

La ricostruzione della rete di scolo delle acque bianche del Comune di Sorbolo è stata dedotta dagli schemi funzionali della rete esistente presenti sulla cartografia reperita presso Ireti S.p.A.. La cartografia Ireti non ha fornito tutte le indicazioni necessarie alla modellazione per cui è stato necessario integrarla con osservazioni in sito e deduzioni indirette. In particolare si è ipotizzato che le confluenze dei condotti secondari in quelli principali avvengano alla stessa quota, pari a quella di fondo pozzetto. Inoltre, durante i sopralluoghi effettuati sono state verificate le sezioni di sbocco nei canali e, in particolare, quelle nel Cavo Dugale nel quale scaricano le maggiori portate attraverso quattro condotti: due a sezione circolare DN600 e due a sezione rettangolare 1000x800 mm.

Le canalizzazioni che raccolgono le acque provenienti dalla rete fognaria del Capoluogo e la recapitano nei Cavi Dugale e Fontanella sono state schematizzate inserendo nel modello di calcolo:

- forma e dimensione;
- lunghezza;
- coefficiente di Manning (n).

SWMM utilizza, infatti, l'equazione di Manning per esprimere la relazione tra la portata (Q), la sezione trasversale (A), il raggio idraulico e la pendenza (i):

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}$$

Per le tubazioni in calcestruzzo è stato assunto un coefficiente di Manning pari a 0,017.

In particolare, si è ipotizzato che le confluenze dei condotti nei Cavi avvengano alla quota di progetto del Cavo.

#### 4.2 CORSI D'ACQUA E MANUFATTI

Il Cavo Dugale e il Cavo Fontanella sono stati ricostruiti sulla base del “Progetto per la sistemazione dei Cavi Fontanella e Dugale, colatori del Compartimento idraulico del Cavo Fumolenta nel 1° bacino” emesso dal Consorzio Unico per la Bonifica della Bassa parmense il 31 maggio 1983.





Le sezioni del modello sono state ricostruite come da progetto (mantenendo la stessa numerazione progressiva) e nel modello di calcolo sono stati inseriti i manufatti presenti lungo i due corsi d'acqua e rappresentati nella tavola B.05 – Rilievo Fotografico Ponti e Manufatti

Inoltre, è stato effettuato un rilievo celerimetrico dei fossi lungo strada dei Ferrari e via Negrissolo in modo da ricostruire il sistema che recapita le acque provenienti dalla porzione settentrionale del Capoluogo (delimitata a est da via Matteotti, a sud da via Bianchi, a ovest da strada comunale della Mina e a nord da strada dei Ferrari) nel Cavo Fontanella in corrispondenza della sezione 17.

### 4.3 RISULTATI DELLE ANALISI IDRAULICHE

Per le osservazioni e i calcoli riportati nel progetto definitivo redatto dall'Ing. Grignaffini, la vasca è stata dimensionata utilizzando piogge di durata pari a 6, 12 e 24 ore. Il picco di portata scaricata e di volume laminato nello stato di progetto per eventi di pioggia di durata compresa tra le 6 e le 24 ore è pari a 6 ore. Analizzando la situazione nei Cavi Dugale e Fontanella derivante dal deflusso del centro abitato esistente e dalle aree agricole scolanti nei due Cavi (*stato di fatto*) si può osservare una situazione analoga a quella già rilevata in fase di progettazione preliminare:

- il Cavo Fontanella tracima tra la sezione n. 17 e la sezione n. 16;
- tutti i ponti presenti tra la sezione n. 22 e la sezione n. 6 del cavo Fontanella manifestano un comportamento in pressione;
- il Cavo Dugale tracima in prossimità della sezione n. 7 e la sezione;
- i ponti P6 (tra la sezione 12 e la sezione 13), P5 (tra la sezione 10 e la sezione 11), P2 (tra la sezione 8 e la sezione 9) e P1 (tra la sezione 3 e la sezione 4) sul cavo Dugale manifestano un comportamento in pressione.

Dall'analisi dei risultati della simulazione effettuata nello "*stato di progetto con vasca*" si osserva che l'inserimento della vasca in derivazione consente di evitare solo in parte gli allagamenti che si verificano nello "*stato di fatto*" sia sul Cavo Dugale che sul Cavo Fontanella e non consente di eliminare il moto in pressione che si verifica negli attraversamenti sopra descritti. Tale condizione, che si verifica anche nello "*stato di fatto*", dovrà essere valutata in accordo con il Consorzio della Bonifica Parmense al fine di stabilire se possa essere ritenuta accettabile o se debba essere eventualmente affrontato un progetto di ridimensionamento di Cavi e manufatti. La vasca, infatti, permette di laminare i deflussi provenienti dalle nuove aree di espansione senza che queste vadano a gravare sul sistema di scolo esistente senza risolvere completamente le criticità evidenziate nello "*stato di fatto*".

Nelle figure che seguono si riportano gli idrogrammi di piena a monte e a valle della vasca rispettivamente nel Cavo Dugale e nel Cavo Fontanella: attraverso il temporaneo invaso nella vasca si assiste, come previsto, alla riduzione della portata al colmo dell'onda di piena. L'andamento dell'idrogramma nel tratto in corrispondenza della sezione n. 6 sul Cavo Dugale rappresenta l'esondabilità del Cavo in quel tratto.



r\_eni.ro.Giunta - Prot. 27/01/2025.0078501.F

Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da Bernini Gian Lorenzo

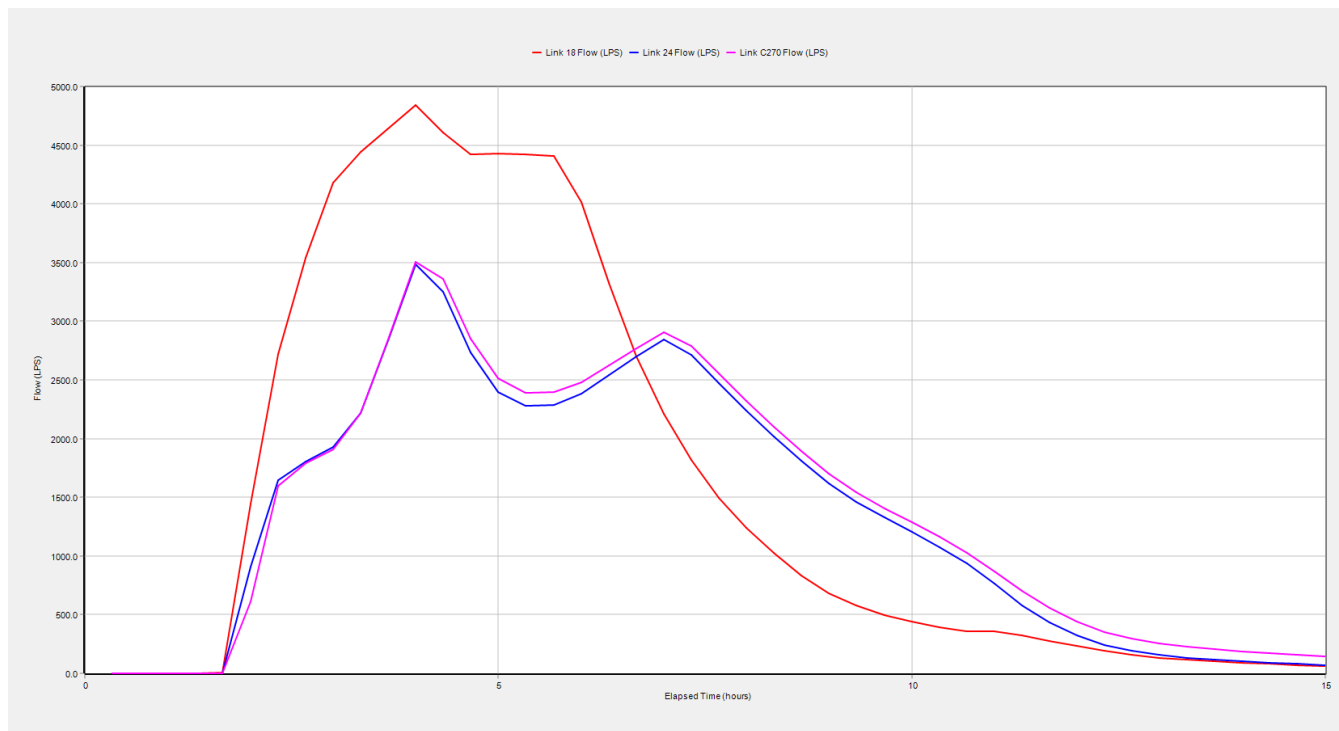


Figura 10 - Idrogrammi di piena nel cavo Dugale Sezione 8 a monte dello sfioro, sezione 7 a valle dello sfioro, sezione 6 a valle dello scarico



Figura 11 - - Idrogrammi di piena nel cavo Fontanella Sezione 19 a monte dello sfioro, sezione 18 a valle dello sfioro, sezione 17 a valle dello scarico



r\_eni.ro.Giunta - Prot. 27/01/2025.0078501.F

Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da Bernini Gian Lorenzo

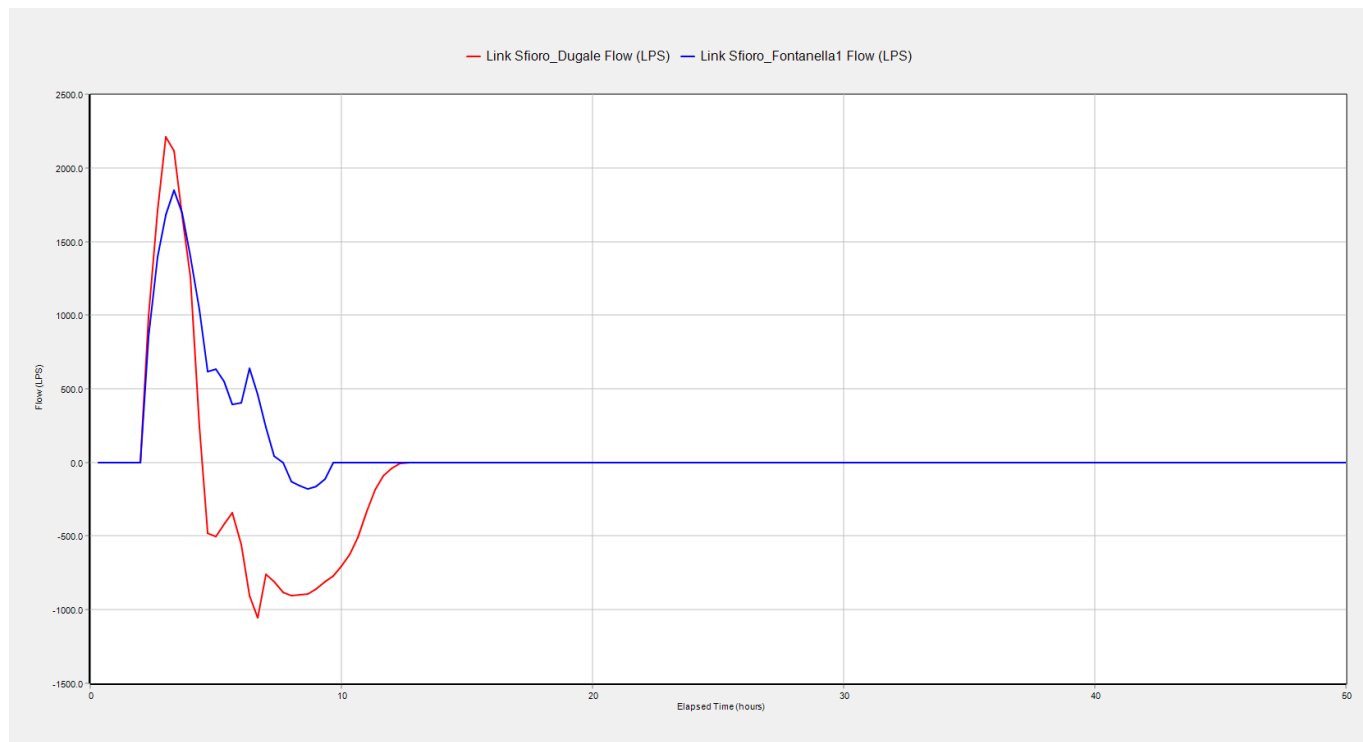


Figura 12 - Idrogramma portata in ingresso dagli sfiori laterali sul cavo Dugale e Fontanella nella vasca di laminazione

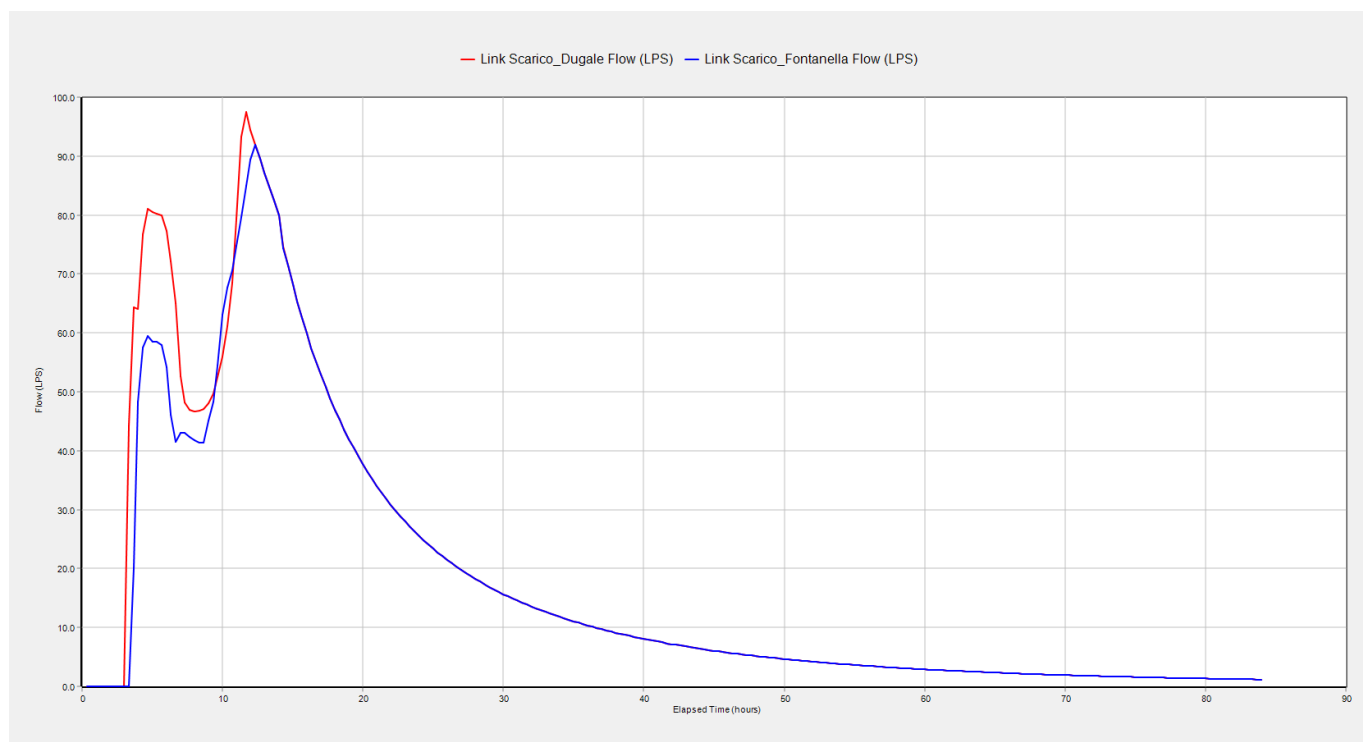


Figura 13 - Idrogramma portata in uscita dalla vasca attraverso manufatto DN400 nel Cavo Dugale e nel Cavo Fontanella



Nella figura sottostante è rappresentato l'andamento del volume di invaso nella vasca: la vasca, impostata con quota media di fondo pari a 25.80 m, riesce ad invasare provvisoriamente fino a 24.100 m<sup>3</sup> d'acqua, con la quota di massimo invaso posto a 26.95 m. Il coronamento argini è posto a quota 27.80.

Sugli sfioratori transiterà una portata massima di:

- sfioratore sul canale Dugale 2240 l/s
- sfioratore sul Fontanella 1855 l/s

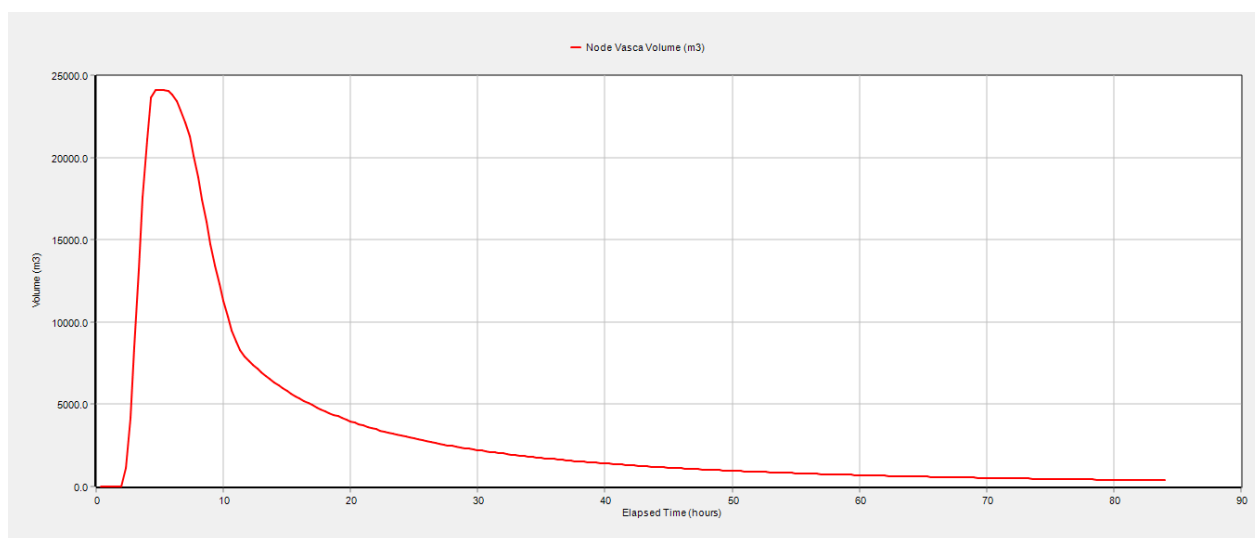


Figura 14 - Idrogramma volume laminato vasca

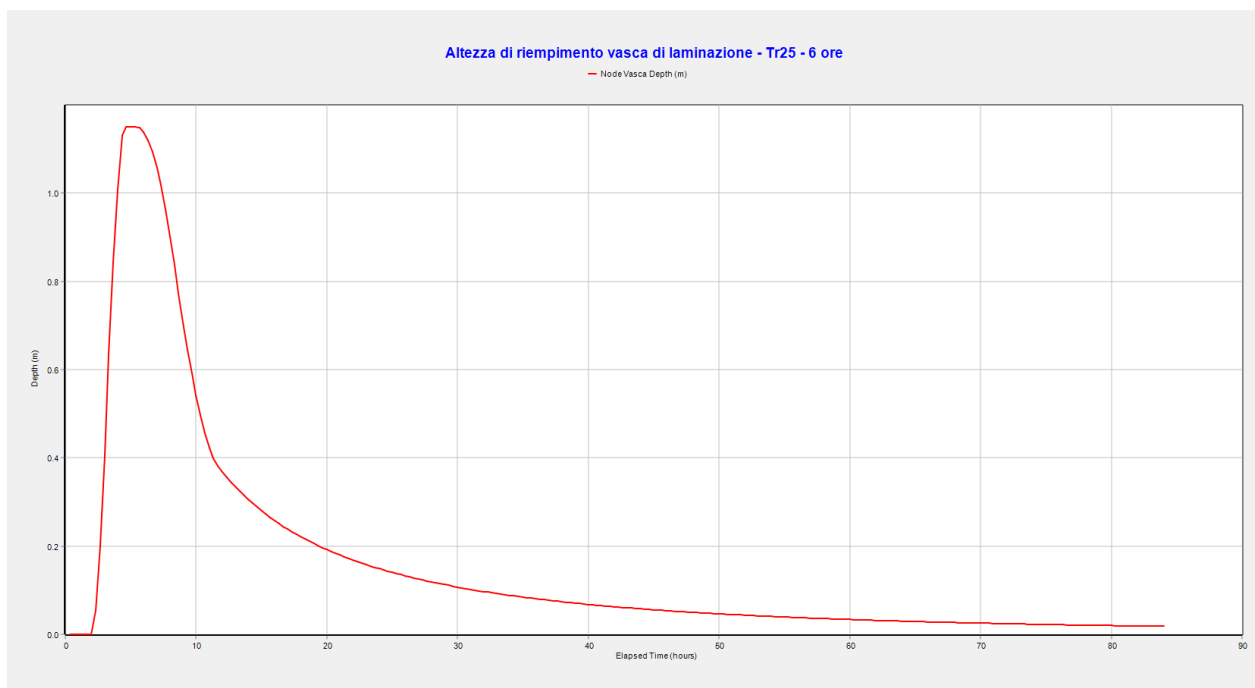


Figura 15 - Altezza di riempimento vasca di laminazione





Le simulazioni hanno dimostrato come gli interventi in progetto siano sufficienti a contenere le portate circolanti all'interno del tratto del cavo Fontanella e Cavo Dugale oggetto di intervento. La vasca di laminazione così progettato è in grado di contenere i volumi invasati con un franco di sicurezza pari a circa 85 m in considerazione del livello di invaso pari a 26.95 m s.l.m. e la quota minima spondale pari a 27.80 m s.l.m.

r\_eni.ro.Giunta - Prot. 27/01/2025.0078501.F

Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da Bernini Gian Lorenzo



r\_emiro.Giunta - Prot. 27/01/2025.0078501.F

Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da Bernini Gian Lorenzo



## 5 CONCLUSIONI

Il progetto riprende e aggiorna in particolare i dati di pioggia, la geometria dei cavi Dugale e Fontanella nel tratto dove si prevede la realizzazione della vasca di laminazione e l'area a disposizione dell'invaso adeguandone anche la geometria in funzione delle esigenze di manutenzione e di accesso ai fondi agricoli. Il volume di laminazione per TR25 anni alla quota di invaso di progetto di 26.95 m s.l.m. è pari a circa 24.100 m<sup>3</sup>. I manufatti di regolazione sono stati previsti in massi cementati per ridurre anche l'impatto sull'ambiente.

Nella successiva fase di progettazione, attraverso l'utilizzo del modello idraulico HEC RAS, potranno essere meglio definite le dinamiche di invaso e svuotamento della vasca e all'interno dei cavi e ottimizzati i manufatti idraulici di regolazione di ingresso e uscita.