

COMMITTENTE



SCARAMUZZA FABRIZIO SRL
Strada San Giuseppe, 24/A • 43039 Subbiondo (PR)
tel. 0524.53.35.54 • fax 0524.52.74.38
www.scaramuzzasrl.it • info@scaramuzzasrl.it
Cap. Soc. € 1.000.000,00 Int. Vers. • R.E.A. PR 177949
P.IVA, Cod. Fisc., Iscr. Reg. Imprese PR: 01779250347

**SCARAMUZZA FABRIZIO S.r.l.**

UBICAZIONE

Provincia di Parma

Comune di Fontevivo

OGGETTO

Nuovo impianto di recupero rifiuti non pericolosi prevalentemente inerti in loc. Castelguelfo

Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (P.A.U.R.)

FASE

Autorizzazione alla realizzazione e gestione di impianto recupero rifiuti ai sensi dell'art. 208 del D.lgs 152/2006
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**Geom. VALERIO CARAFFINI**

Via Garibaldi, 17 - 43017 San Secondo (PR) Tel. 0521872269
fax 0521371568 Mail: valeriocaraffini@gmail.com

PROGETTISTA:

geom. Valerio Caraffini

COLLABORATORI:

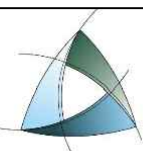
arch. Pierfrancesco Rainieri

Rifiuti & Ambiente s.r.l.**Consulenza in materia di gestione rifiuti**

Via G. Zanardelli, 9 43126 - Parma Tel. 0521.941189
Tel. 0521.944379 Mail: info@rifiuti-ambiente.it

PROGETTISTI:

Angelo Corradi, dott.ssa Sara Landi

**AMBITER s.r.l.**
società di ingegneria ambientale

Via Nicolodi, 5/A 43126 Parma tel. 0521-942630
fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

PROGETTISTI:

dott. Giorgio Neri, Ing. Michele Neri

COLLABORATORI:dott. Davide Gerevini,
dott.ssa Benedetta Rebecchi

ing. Lorenzo Bernini (I.S.I. Ingegneria e Ambiente)

arch. Guido Bonatti

ELABORATO	DESCRIZIONE	TIPO
G.2	TOMBAMENTO CAVO GAIFFA Relazione idraulica	
		SCALA
		REVISIONE
		01/2023

f_emiro.Giunta - Prot. 03/03/2023.0205516.E Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da SCARAMUZZA MARTIA, Bernini Gian Lorenzo

INDICE

1	PREMESSA	3
2	IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	5
2.1	Definizione del quadro conoscitivo di riferimento morfologico e idrografico	5
2.2	Analisi meteorologica e pluviometrica.....	5
2.3	Analisi idrologica-idraulica del reticolo idrografico.....	5
2.4	Analisi idrodinamica funzionale alla verifica delle condizioni di deflusso	6
3	DESCRIZIONE DEL TOMBAMENTO ESISTENTE	7
4	CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL CAVO GAIFFA.....	8
5	IL METODO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI	10
5.1	Definizione della rete drenante e dei bacini imbriferi.....	10
5.2	Idrologia e determinazione delle curve di possibilità pluviometrica	10
5.3	Valutazione preliminare delle perdite idrologiche e determinazione delle portate di piena al colmo per TR assegnato	12
5.4	Il modello matematico utilizzato	13
5.5	Descrizione dello stato di fatto	16
5.6	La calibrazione del modello idrologico SWMM.....	16
6	RISULTATI DELL'ANALISI IDRAULICA.....	17
7	CONCLUSIONI	19

1 PREMESSA

Il presente documento rappresenta parte integrante della richiesta relativa al tombamento del cavo Gaiffa in corrispondenza del fabbricato produttivo in via Ronchi 57, località Casteltuelfo nel Comune di Fontevivo (PR).

L'area in oggetto si dispone su una superficie di circa 35.000 m² ed è attraversata in direzione Sud-Nord da manufatti scatolari di sezione 2x1,6 m e 2x2 m che costituiscono tratto tombato del cavo Gaiffa fino a valle della linea ferroviaria Mi-Bo.

Morfologicamente l'area in cui si trova il tombamento in oggetto si dispone su una superficie di circa 35.000 m², individuata nella figura seguente e collocata ad una quota media di circa 60 m s.l.m.

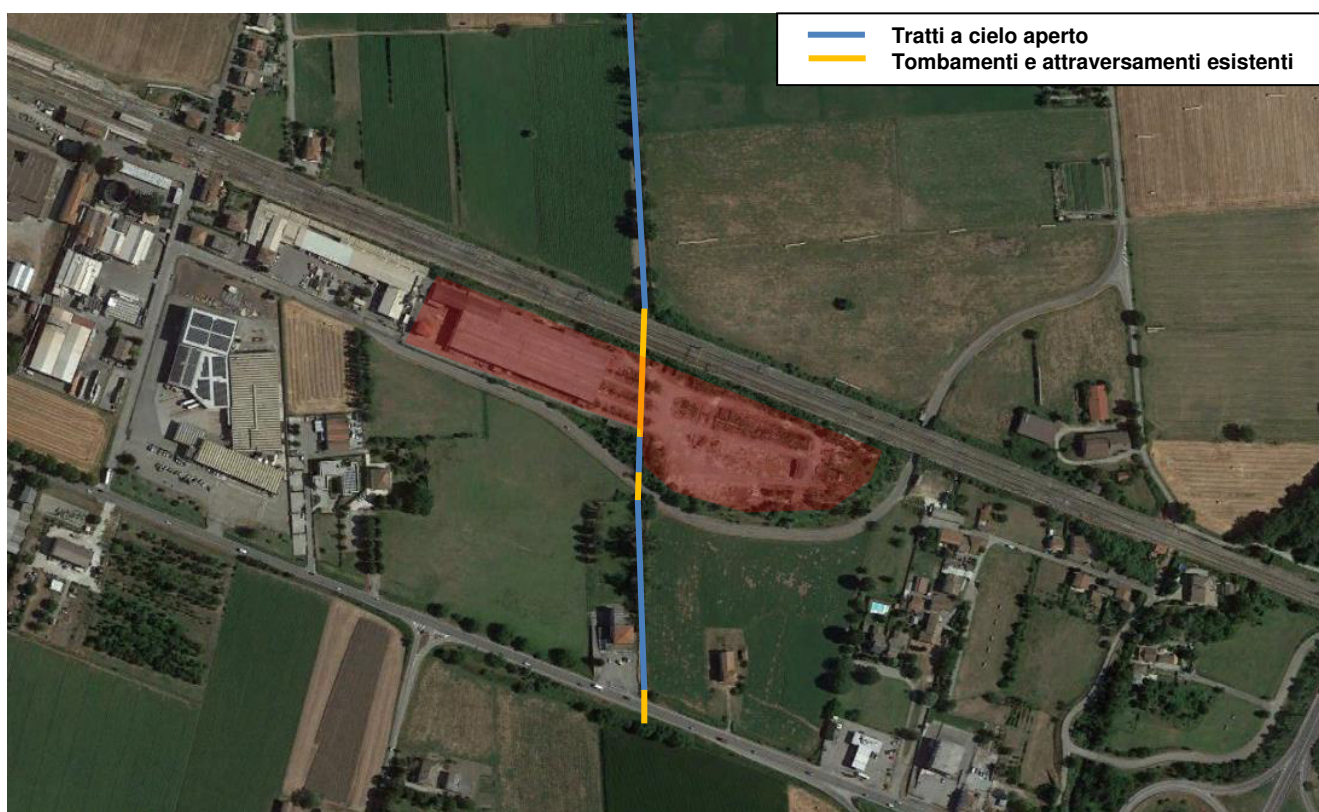


Figura 1 - Individuazione dell'area oggetto di intervento

La presente relazione descrive e illustra i risultati relativi allo studio effettuato lungo il cavo Gaiffa, in particolare delle condizioni di deflusso dello stesso attraverso i manufatti esistenti e del tombamento in progetto nel tratto a cielo aperto compreso tra via Ronchi e il comparto di interesse situato nel Comune di Fontevivo (PR) a valle della via Emilia.

È stato infatti implementato uno studio idrologico per determinare le superfici scolanti del bacino idrografico e le portate di piena del cavo Gaiffa per i tempi di ritorno di progetto, funzionale alla definizione dei tiranti idrici che si instaurano nel tratto di interesse. Sono stati raccolti i dati disponibili relativamente ai manufatti e alle sezioni lungo l'intero corso d'acqua e sono, inoltre, stati eseguiti appositi rilievi di dettaglio realizzando piani quotati e definendo le sezioni di deflusso e i principali manufatti in corrispondenza delle aree di interesse, per un tratto di circa 450 m compreso tra la sezione

a monte dell'attraversamento della via Emilia e la sezione a valle dell'attraversamento della linea ferroviaria Mi-Bo.

Le analisi idrologiche e idrauliche di seguito illustrate si sono focalizzate sulla configurazione attuale del tratto esaminato, al fine di individuarne le eventuali criticità idrauliche e l'entità delle stesse lungo lo sviluppo del corso d'acqua. Più in particolare si sono sviluppati i seguenti punti:

1. Valutazione degli afflussi e dei deflussi attribuibili al bacino del cavo Gaiffa durante eventi di pioggia di breve durata e di elevata intensità alla sezione di chiusura considerata;
2. Valutazione e verifica delle dinamiche idrauliche nello scenario di piena di riferimento TR 100 anni, sia allo stato di fatto che allo stato di progetto.

Al fine della verifica della risposta idrodinamica del reticolo idrografico in esame e della verifica delle condizioni di deflusso all'interno dei manufatti esistenti in corrispondenza delle aree di interesse, sono state eseguite apposite simulazioni col supporto del modello idrologico-idraulico SWMM vers. 5.1 (Storm Water Management Model), sviluppato e aggiornato dall'agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente U.S. E.P.A., focalizzandosi sulle portate maggiormente critiche per le condizioni di sicurezza e officiosità idraulica nel tratto in esame e considerando i manufatti presenti. In particolare, si è proceduto ad analizzare le condizioni idrodinamiche che si instaurano nel cavo Gaiffa allo stato di fatto al fine di verificare le sollecitazioni idrauliche a cui risulterebbe soggetto per le portate di piena critiche di riferimento.

2 IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO

Per il tratto di canale Gaiffa oggetto di analisi si è fatto riferimento ai dati e ai risultati ottenuti nell'ambito del progetto di "Interventi necessari all'abbattimento del rischio idraulico sul canale Gaiffa nel Comune di Fontanellato" svolto dal presente Studio nel 2021, per il quale è stata condotta una analisi idrologica e idraulica di dettaglio del corso d'acqua comprendente anche il tratto in oggetto. I dati e i risultati disponibili sono stati quindi integrati e rielaborati con maggiore dettaglio per il tratto analizzato in corrispondenza delle aree di interesse, anche mediante appositi rilievi di sezioni e dei manufatti esistenti. Le attività svolte per il presente studio si sono articolate nelle seguenti fasi.

2.1 DEFINIZIONE DEL QUADRO CONOSCITIVO DI RIFERIMENTO MORFOLOGICO E IDROGRAFICO

Scopo di questa fase è stata la determinazione del bacino afferente al cavo Gaiffa e delle sezioni di deflusso, oltre a definire le caratteristiche dei diversi manufatti (manufatti di regolazione, attraversamento, o comunque interagenti con il corso d'acqua) presenti lungo lo sviluppo del corso d'acqua ed in particolare in corrispondenza delle aree di interesse.

Per quanto riguarda gli aspetti morfologici e strutturali dell'intero reticolo idrografico attualmente presenti sul territorio del bacino in studio, sono stati innanzitutto recuperati gli elementi disponibili relativi a studi pregressi, a rilievi precedentemente effettuati lungo l'asta del cavo Gaiffa e a dati relativi a interventi previsti da piani vigenti che potrebbero influire sulle dinamiche idrologiche e idrauliche del corso d'acqua; le informazioni così raccolte sono state validate e integrate mediante indagini topografiche di dettaglio, consistenti nel rilievo di sezioni trasversali, manufatti e piani quotati più significativi. Tali indicazioni hanno permesso di ricavare i dati necessari alla definizione di un quadro idrologico e idraulico complessivo, necessario per un'analisi affidabile delle condizioni di deflusso.

2.2 ANALISI METEOROLOGICA E PLUVIOMETRICA

Lo sviluppo delle analisi idrologiche, per i tempi di ritorno di riferimento, ha richiesto preliminarmente la raccolta ed elaborazione dei dati pluviometrici disponibili per le aree in esame. Nel caso in esame si sono utilizzati i parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica del Comune di Parma.

Le elaborazioni dei dati di pioggia sono state eseguite per diverse durate durante dell'evento pluviometrico, comprese tra i 15 minuti e le 24 ore, e per un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni, definendo per ciascuna durata la distribuzione delle rispettive isoiete, da cui si ricavano i dati di input per le analisi idrologiche di trasformazione afflussi-deflussi.

2.3 ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA DEL RETICOLO IDROGRAFICO

L'analisi idrologica ha perseguito l'obiettivo di descrivere nel dettaglio la formazione dei deflussi di piena ed il trasferimento degli stessi all'interno dell'asta del cavo Gaiffa chiusa a valle dell'area in esame, al fine di quantificare i deflussi e le condizioni idrodinamiche del tratto in oggetto.

Tale attività è stata svolta facendo riferimento alla precedente analisi pluviometrica, delimitando il bacino del cavo Gaiffa, definendo l'uso del suolo dei diversi sottobacini afferenti, ed implementando un modello idrologico idraulico in grado di calcolare le portate e i parametri idraulici attraverso tutti i nodi del corso d'acqua permettendo di valutarne le condizioni di deflusso, in particolare in corrispondenza di manufatti e attraversamenti. L'analisi è stata svolta nella configurazione morfologica attuale e nella configurazione di progetto comprensiva del tombamento del tratto a cielo aperto compreso tra via Ronchi e il comparto di interesse.

2.4 ANALISI IDRODINAMICA FUNZIONALE ALLA VERIFICA DELLE CONDIZIONI DI DEFLUSSO

Una volta individuata, per i diversi tempi di ritorno, la durata di pioggia che genera l'evento di piena maggiormente critico, è stato implementato il modello idraulico al fine di verificare i principali parametri idraulici di interesse (tiranti idrici, velocità medie della corrente, tempi di transito, volumi idrici, ecc) raggiunti nelle varie sezioni trasversali lungo il tratto di interesse.

3 DESCRIZIONE DEL TRATTO DI INTERESSE

Il tratto di cavo Gaiffa analizzato in dettaglio ha inizio a monte dell'attraversamento della via Emilia fino a valle dell'attraversamento della linea ferroviaria Mi-Bo, per uno sviluppo complessivo di circa 450 m. Per le analisi idrologiche e idrauliche sono state considerate tutte le portate generate dal bacino afferente alla sezione di chiusura considerata e sono stati considerati i manufatti scatoari esistenti rilevati durante le indagini di dettaglio.

Il tratto considerato comprende, a monte del tombamento in oggetto, un primo attraversamento in corrispondenza della via Emilia di sezione 2,25x2 m e sviluppo pari a circa 18 m e un secondo attraversamento in corrispondenza di via Ronchi di sezione 2x2 m e sviluppo pari a circa 15 m, entrambi mediante condotte scatoari in cls. Il tombamento esistente oggetto di concessione ha inizio a monte dell'area produttiva e termina a monte della linea ferroviaria, ed è costituito da condotta scatoare in cls di sezione 2x1,6 m e sviluppo complessivo pari a circa 127 m. Il tratto terminale del tombamento del cavo Gaiffa, in corrispondenza dell'attraversamento della ferrovia e già esistente prima delle urbanizzazioni industriali, è invece realizzato in laterizi e presenta sezione rettangolare a volta. Il tratto di canale compreso tra via Ronchi e la condotta esistente si presenta in pessimo stato di pulizia con fitta vegetazione anche alberata che ostacola il deflusso delle portate, anche a causa della difficoltà di accesso a tali sezioni da parte di mezzi di manutenzione; per questo si prevede il tombamento di tale tratto mediante scatoare in cls di sezione 2,5x2 m, maggiore delle sezioni esistenti a monte e a valle. In figura viene riportata ortofoto del tratto modellato sulla quale sono individuati i tombamenti esistenti.

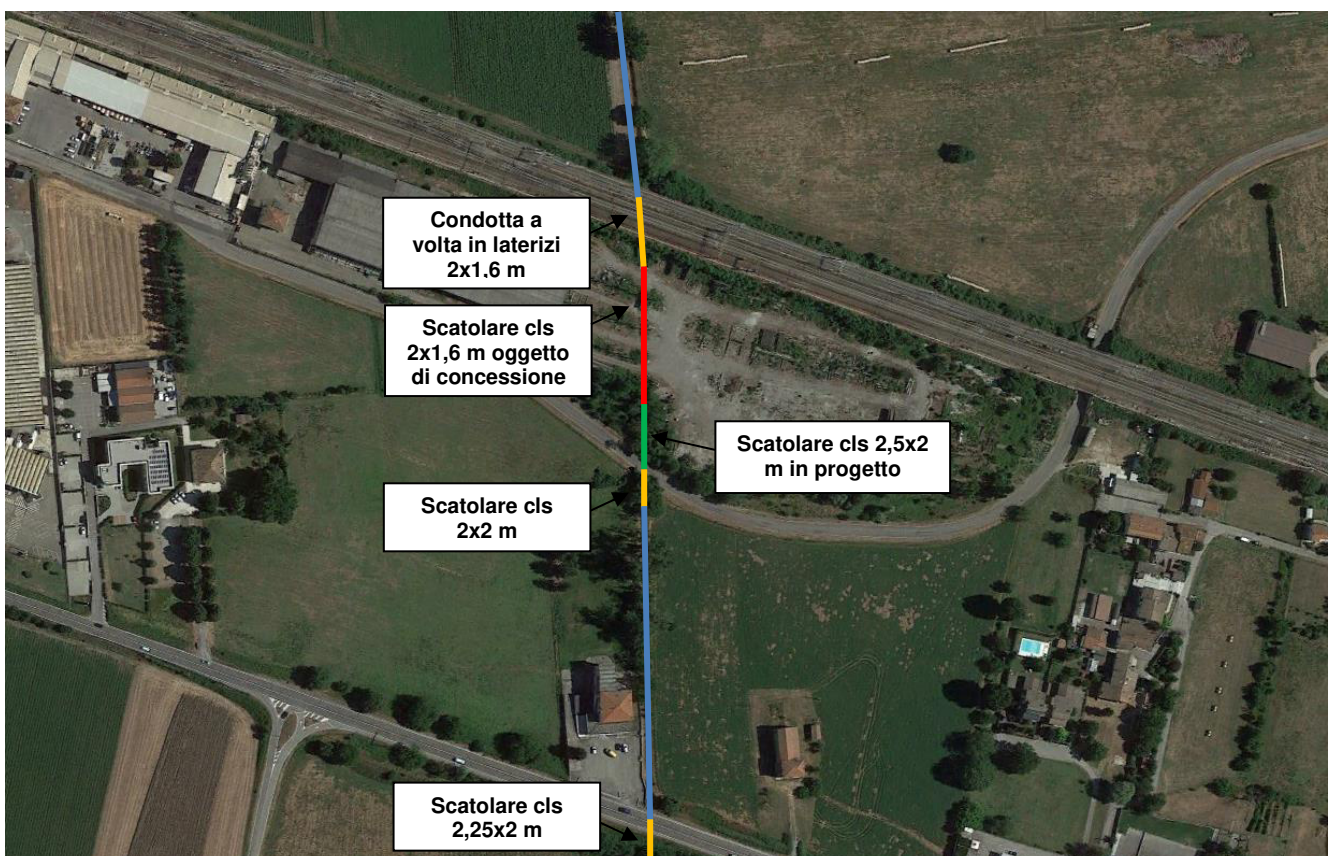


Figura 2: Tratto del cavo Gaiffa modellato e individuazione dei manufatti di attraversamento esistenti

4 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL CAVO GAIFFA

Il bacino idrografico del cavo Gaiffa, corso d'acqua demaniale in gestione al Consorzio di Bonifica Parmense dalla via Emilia fino alla sua foce nel fiume Taro, ha inizio nei pressi di Noceto dal quale il corso d'acqua scorre in direzione Nord raccogliendo le acque scolanti dai sottobacini compresi nei territori dei comuni di Fontevivo e Fontanellato. Il contributo meteorico delle superfici comprese all'interno del bacino di studio avviene prevalentemente attraverso reticoli minori e fossi irrigui. Ai fini del presente studio si è considerato il bacino chiuso a valle dell'attraversamento della linea ferroviaria Mi-Bo, sottendendo complessivamente una superficie pari a circa 219 ettari, con sviluppo dell'asta principale pari a circa 1,3 km e pendenza media dell'4,6 ‰. Il cavo Gaiffa si sviluppa quasi esclusivamente a cielo aperto con la presenza di alcuni attraversamenti e tratti tombati. Il bacino idrografico del cavo Gaiffa così definito è stato suddiviso in 5 sottobacini per i quali si sono ricavate le superfici relative all'uso del suolo. Nella figura seguente si riporta la schematizzazione del bacino.



Figura 3: Bacino del cavo Gaiffa e individuazione dei sottobacini considerati e uso del suolo

Il bacino oggetto di studio è a carattere pianeggiante con basse pendenze del terreno, destinato prevalentemente ad uso agricolo, presentando piccoli insediamenti urbani sparsi e l'insediamento produttivo in corrispondenza della via Emilia in cui è compresa l'area oggetto di analisi.

Le tabelle seguenti riassumono quelle che sono le caratteristiche morfologiche e podologiche del bacino oggetto di studio.

<i>Codice bacino</i>	<i>Sup. tot. (ha)</i>	<i>Sup. imperme. (ha)</i>	<i>Caratteristiche Bacino</i>			<i>Caratteristiche asta principale</i>			
			<i>H Max. (m s.l.m.)</i>	<i>H Min. (m s.l.m.)</i>	<i>H Med. (m s.l.m.)</i>	<i>Quota Max. (m s.l.m.)</i>	<i>Quota Min. (m s.l.m.)</i>	<i>Lungh. asta princ. (m)</i>	<i>Pendenza Media %</i>
GAIFFA	218,68	29,45	68	59	64,1	64	57,9	1.319	0,0046

Tabella 1 – Caratteristiche morfologiche del bacino del cavo Gaiffa

<i>Codice Sottobacino</i>	<i>Superficie totale (ha)</i>	<i>Sup. imperme. (ha)</i>	<i>Imperm. %</i>
S01	77,67	2,49	3.2%
S02	83,43	4,05	4.9%
S03	21,80	3,26	15.0%
S04	22,38	14,02	62.6%
S05	13,40	5,52	41.2%

Tabella 2 – Caratteristiche morfologiche dei sottobacini del cavo Gaiffa

Lungo l'asta principale, ed in particolare per il tratto oggetto di specifica analisi idraulica, si sono effettuati rilievi topografici e sopralluoghi al fine di valutare le caratteristiche geometriche e morfologiche di interesse per una riproduzione più affidabile all'interno del modello idrologico-idraulico durante le simulazioni di moto monodimensionale della corrente liquida. Le attività di indagine hanno compreso rilievi delle sezioni di deflusso, rilievi particolari di manufatti e attraversamenti, quote di scorrimento e quote spondali, nonché piano quotato delle aree.

La definizione dell'uso del suolo all'interno di ciascun sottobacino ha permesso sia di stimare i coefficienti di deflusso e le portate attese alle sezioni di interesse mediante il metodo di trasformazione afflussi deflussi Curve Number descritto nei paragrafi successivi, sia di calibrare e meglio interpretare i risultati del modello numerico costruito.

5 IL METODO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI

Mancando del tutto, per il bacino in esame, notizie circa le misure di portata e dell'andamento delle piene, i dati idrologici sono stati ricavati attraverso l'elaborazione dei dati disponibili alle stazioni pluviometriche all'interno del bacino di studio o ad esse simili per caratteristiche.

Per tale motivo è stato necessario implementare un modello afflussi/deflussi per la determinazione delle portate di progetto per la verifica di compatibilità idraulica dell'area in esame.

Lo studio idraulico è basato sugli elementi morfologici ed idrologici-idraulici sopra illustrati, procedendo all'implementazione di un modello numerico di tipo afflussi-deflussi in grado di definire le sollecitazioni idrauliche lungo il cavo Gaiffa, partendo dalle caratteristiche idrografiche e idrologiche dei bacini afferenti, ed in particolare alle dinamiche idrauliche in corrispondenza delle aree oggetto di studio.

L'obiettivo consiste nel determinare, per le portate di riferimento, i tiranti idrometrici e le velocità che si instaurano lungo il tratto oggetto di studio. Le analisi condotte si riferiscono allo scenario morfologico attuale, ricostruito mediante le sezioni ottenute con appositi rilievi topografici eseguiti ed aggiornati nel Dicembre 2021.

5.1 DEFINIZIONE DELLA RETE DRENANTE E DEI BACINI IMBRIFERI

Le superfici afferenti al bacino idrografico del cavo Gaiffa sono schematizzate in sottobacini caratterizzati dal contributo dell'area determinato in relazione alle caratteristiche del suolo.

I bacini sono stati definiti sulla base dell'uso del suolo, esaminando per ogni sottobacino la densità delle superfici occupate da pavimentazioni impermeabili e permeabili e l'andamento delle pendenze.

Lo studio idrologico ed idraulico si è svolto secondo le seguenti fasi:

- Individuazione dei bacini tributari e definizione dell'uso del suolo previsto, con particolare riferimento alle caratteristiche di permeabilità del territorio;
- Valutazione delle sollecitazioni pluviometriche che, per assegnati livelli di probabilità, possono interessare le aree in esame;
- Valutazione della risposta idraulica del corso d'acqua attraverso le sezioni ed i manufatti esistenti e di progetto in termini di portate, velocità e volumi di deflusso per l'assegnato livello di probabilità.

La verifica delle condizioni di deflusso è stata eseguita con piogge di progetto con tempo di ritorno (TR) di progetto pari a 100 anni.

5.2 IDROLOGIA E DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

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

La stima degli afflussi/deflussi, sull'area oggetto di studio, è stata realizzata utilizzando come procedimento 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 per il cavo Gaiffa è stato svolto facendo riferimento ad un tempo di ritorno di 100 anni.

La determinazione delle portate al colmo, attraverso il metodo afflussi/deflussi, ha come input l'altezza di pioggia ricavate dall'elaborazione statistica dei dati pluviometrici per piogge intense e di breve durata (1h, 3h, 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:

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

Nel caso in esame si sono utilizzati i parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica per TR 100 anni del Comune di Parma, riportati nella tabella seguente.

Durata	$\leq 0,5$ h	> 1 h
a	56.74	61.43
n	0.335	0.297

Tabella 3 - Valori caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica del comune di Parma.

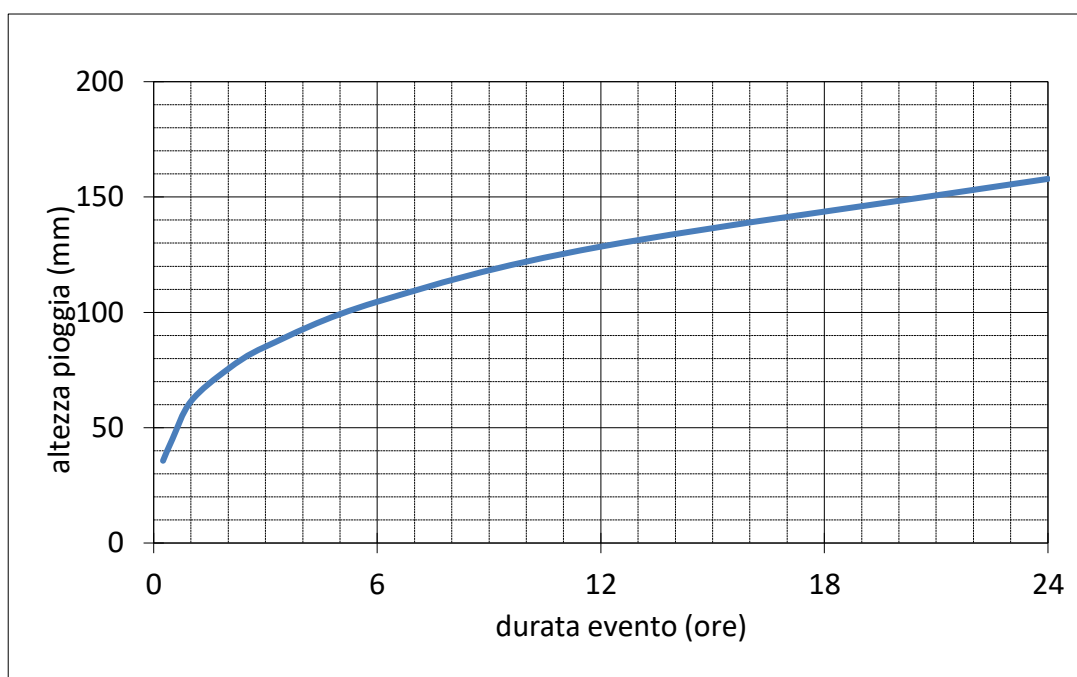


Figura 4 - Curve di possibilità pluviometrica del comune di Parma.

5.3 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLE PERDITE IDROLOGICHE E DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA AL COLMO PER TR ASSEGNATO

Le principali cause di perdite idrologiche sono, come noto, evapotraspirazione, infiltrazione, immagazzinamento nelle depressioni superficiali. Per la valutazione dell'entità quantitativa di tali grandezze è stato adottato in via preliminare il metodo *Curve Number* elaborato dal *Soil Conservation Service* (USA), anche per una migliore calibrazione del modello numerico costruito. 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 (terreno umido o asciutto). Per la determinazione della portata di piena al colmo attesa sono stati simulati eventi pluviometrici critici di varia durata (1, 3, 6, 12 e 24 ore) ricavati dalle curve di possibilità pluviometrica di riferimento e si è considerato lo scenario generante le condizioni più gravose in termini di portate al colmo dell'onda di piena transitante nel corso d'acqua.

Come sopra ricordato per la stima del coefficiente di deflusso è stato applicato il metodo CN (*Curve Number*) che consente, in fase successiva, di determinare la distribuzione nel tempo del deflusso e la sua portata massima al colmo.

Il coefficiente CN attribuisce ad ogni singola porzione di superficie del bacino idrografico, un valore adimensionale che ne caratterizza la risposta idrologica del suolo in funzione delle sue caratteristiche di permeabilità, d'uso e di copertura. Vengono quindi valutati, per ogni sottobacino del corso d'acqua esaminato, il coefficiente CN, il coefficiente di deflusso (δ) per piogge con diverso tempo di ritorno TR ed il tempo di corrivazione t_c ; tali valori, insieme alle caratteristiche geometriche dei vari sottobacini, nel modello di calcolo, il quale la portata massima alla sezione di interesse.

L'analisi idrologica è stata effettuata anche in condizioni di bassa e alta saturazione, correggendo i valori dei coefficienti CN secondo le relazioni:

$$CN_I = \frac{CN}{2.38 - 0.0138 \cdot CN} \quad \text{per terreno inizialmente asciutto (bassa saturazione)}$$

$$CN_{III} = \frac{CN}{0.43 + 0.0057 \cdot CN} \quad \text{per terreno fortemente imbibito (alta saturazione)}$$

Si è ritenuto opportuno, valutate le caratteristiche morfologiche e podologiche del bacino, riferirsi ai risultati delle modellazioni relativi alla situazione intermedia di saturazione, e quindi ai valori del coefficiente CN non modificati (CN_{II}).

Si riporta una breve descrizione dei parametri inseriti nella seguente tabella, che descrivono le perdite idrologiche e quindi i deflussi su ogni singolo sottobacino:

- C.N. = Curve number
- $S(\text{mm}) = 25400/CN - 254$ Volume massimo immagazzinabile nel terreno a saturazione
- $I(\text{mm}) = 0,2 \times S$ Volume massimo invasabile nelle depressioni e infiltrato

Tipo di copertura (suolo tipo C)	Superficie	%	CN _I	CN _{II}	CN _{III}	S _I	S _{II}	S _{III}	la _I	la _{II}	la _{III}
Unità di misura	km ²					mm	mm	mm	mm	mm	mm
Coltivo	1.892	87%	60	78	89	170.51	71.64	30.81	34.10	14.33	6.16
Urbano	0.295	13%	79	90	95	67.17	28.22	12.14	13.43	5.64	2.43
TOTALE	2.187	100	62.43	79.62	90.03	156.59	65.79	28.29	31.32	13.16	5.66

Tabella 4 – Stima dei parametri CN, S e I attraverso l'uso del suolo per il bacino del cavo Gaiffa chiuso alla linea ferroviaria Mi-Bo

Applicando quanto descritto nei paragrafi precedenti, per il bacino del cavo Gaiffa chiuso a valle dell'attraversamento della linea ferroviaria Mi-Bo., si ottiene un tempo di corrivazione pari a circa 2,5 ore. Sono state infine ricavate le altezze di pioggia netta e i coefficienti di deflusso per il calcolo delle portate massime al colmo ottenendo i seguenti risultati.

Parametri Bacino			
Superficie bacino idrografico	S	km ²	2.187
Lunghezza dell'asta principale	L	km	1.319
Quota max	Hmax	m s.l.m.	68
Quota sezione chiusura	Hs	m s.l.m.	59
Quota media	Hm	m s.l.m.	64
ΔH	Hm-Hs	m	5
Tempo di corrivazione	Tc	ore	2.27
Tempo di ritorno	TR	anni	100
Pioggia critica ($T_p=T_c$)	hc	mm	78
Coefficiente di deflusso	δ		0.42
Coefficiente udometrico	u	l/sec/ettaro	41
Portata max al colmo	Qmax	m ³ /sec	8.89

Le portate calcolate nell'ambito del progetto di "Interventi necessari all'abbattimento del rischio idraulico sul canale Gaiffa nel Comune di Fontanellato" svolto dal presente Studio nel 2021 sono state di riferimento per la verifica del modello idrologico-idraulico costruito per il cavo Gaiffa ed in particolare per il tratto oggetto di studio.

5.4 IL MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO

La simulazione idraulica per la determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura delle aree scolanti, ovvero nella rete 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.

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.

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). È 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 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 sei 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 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. Rinviano 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 = $S \cdot Q/P$;

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 (δ), 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.

5.5 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Il bacino idrografico del cavo Gaiffa, corso d'acqua demaniale in gestione al Consorzio di Bonifica Parmense a partire dalla via Emilia, ha inizio nei pressi di Noceto dal quale il corso d'acqua scorre in direzione Nord. Il contributo meteorico delle superfici comprese all'interno del bacino di studio avviene prevalentemente attraverso reticoli minori e fossi irrigui. Ai fini della presente analisi si è considerato il bacino chiuso a valle dell'attraversamento della linea ferroviaria Mi-Bo nel comune di Fontevivo, sottendendo complessivamente una superficie pari a circa 219 ettari, con sviluppo dell'asta principale pari a circa 1,3 km e pendenza media dell'4.6‰. In corrispondenza delle aree in esame il Gaiffa presenta diversi attraversamenti, in particolare l'attraversamento della via Emilia di dimensioni 2,25x2 m, l'attraversamento di via Ronchi di dimensioni 2x2 m e il tombamento oggetto di richiesta di dimensioni 2x1,6 m. La pendenza media del cavo Gaiffa lungo il tratto analizzato è pari a circa 0,6 %. Per la determinazione della portata generata dal terreno nello stato di fatto si sono utilizzati i risultati calcolati nei paragrafi precedenti e già determinati nell'ambito del progetto di "Interventi necessari all'abbattimento del rischio idraulico sul canale Gaiffa nel Comune di Fontanellato".

5.6 DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO

Per lo stato di progetto si prevede il tombamento del tratto a cielo aperto del cavo Gaiffa, compreso tra via Ronchi e il comparto, il quale si presenta in pessimo stato di pulizia con fitta vegetazione anche alberata che ostacola il deflusso delle portate, anche a causa della difficoltà di accesso a tali sezioni da parte di mezzi di manutenzione. Il tombamento è previsto mediante scatolare prefabbricato in cls di sviluppo pari a circa 33 m e sezione 2,5x2 m, maggiore delle sezioni esistenti a monte e a valle. Per maggiori dettagli si rimanda al relativo elaborato grafico EL.1 "Tombamento cavo Gaiffa".

5.7 LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO IDROLOGICO SWMM

Il modello SWMM utilizza un numero elevato di parametri idrologici e idraulici, distribuiti su ogni sottobacino e collettore drenante; i loro valori numerici dovrebbero essere assegnati sulla base del confronto tra il valore delle grandezze misurate (portate o livelli) in alcuni tratti della rete ed il valore delle medesime grandezze ottenuto come risultato del modello di simulazione. Oltre a fissare i parametri interni di calibrazione del modello di infiltrazione, uguali a quelli adottati per lo stato di fatto, si sono fatte alcune ipotesi fisiche, di seguito riportate, sulla condizione di progetto:

- Per il cavo Gaiffa è stato considerato un coefficiente di scabrezza di Manning pari a $0.04 \text{ m}^{-0.33}\text{s}$;
- Il canale ha pendenza e sezioni ricavate dai rilievi effettuati fino a Dicembre 2021;
- La condizione di valle rispetto alla sezione di chiusura considerata è quella di moto uniforme.

Il metodo di calcolo utilizzato, per l'implementazione del modello, è il Dynamic Wave, ossia definizione dei parametri idraulici della rete in moto vario e quindi tenendo conto sia degli effetti di laminazione che delle condizioni di monte e valle dinamiche in ogni nodo della rete.

6 RISULTATI DELL'ANALISI IDRAULICA

Basandosi sugli elementi sopra illustrati, si è proceduto all'implementazione di un'apposita serie di modellazioni numeriche di carattere monodimensionale in moto vario in grado di definire le sollecitazioni idrauliche lungo le diverse sezioni del tratto esaminato in funzione dello scenario idrologico e morfologico considerato. Nello specifico, si fa riferimento al cavo Gaiffa per il tratto di interesse con inizio a monte della via Emilia e chiusura a valle della linea ferroviaria Mi-Bo, considerando la massima portata in ingresso generata dall'intero bacino afferente durante l'evento di pioggia critico.

Le modellazioni sono state eseguite impiegando l'evento di pioggia critico con tempo di ritorno 100 anni il quale determina la massima portata al colmo pari a circa $8,89 \text{ m}^3/\text{s}$. L'analisi è stata svolta considerando la configurazione morfologica attuale del reticolo idrografico e del bacino pertinente.

6.1 STATO DI FATTO

Nella figura seguente si riporta il profilo di rigurgito per il tratto di canale analizzato fino alla sezione di chiusura considerata, all'istante di massimo riempimento e allo stato di fatto. Si riportano in particolare i risultati per una portata pari a $8,89 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondente all'evento critico con tempo di ritorno pari a 100 anni.

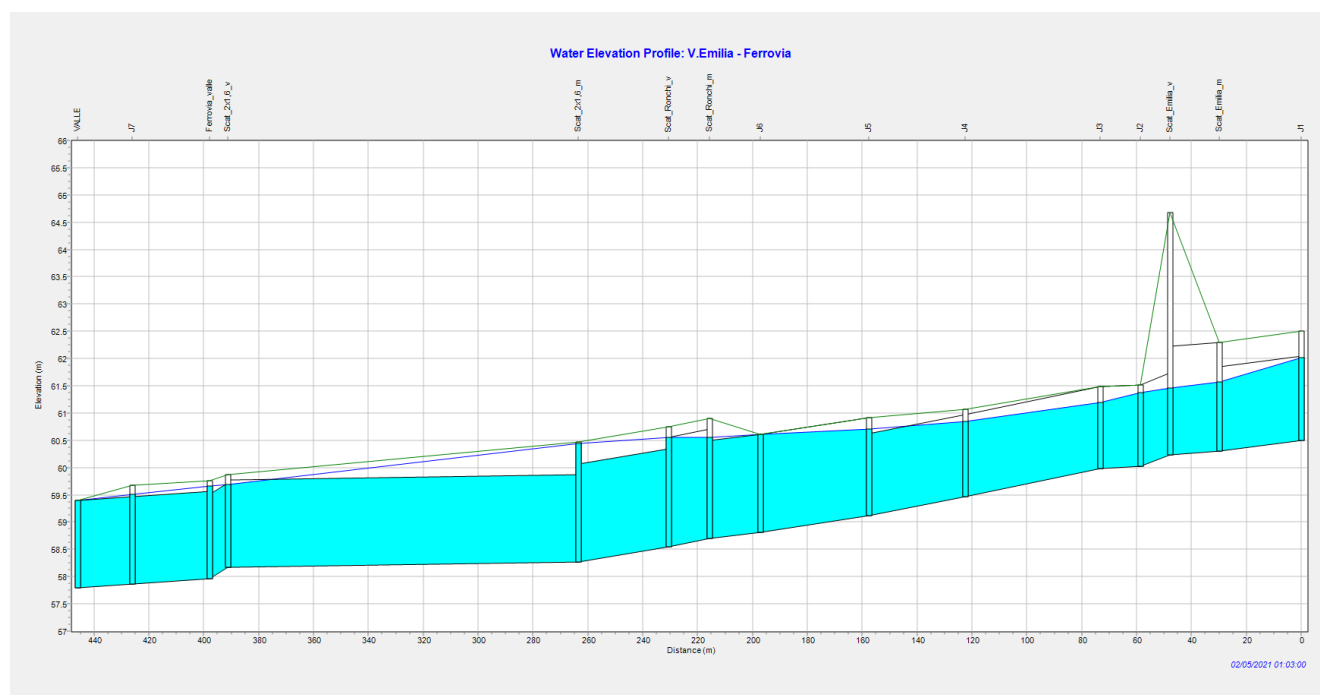


Figura 5: Profilo del tratto di interesse del cavo Gaiffa dalla via Emilia alla linea ferroviaria Mi-Bo. Stato di fatto

Dai risultati ottenuti si evidenziano diffuse criticità idrauliche lungo l'asta del cavo Gaiffa per il quale si riscontrano livelli idrometrici che comportano funzionamento in pressione e quindi possibili fuoriuscite ed allagamenti in corrispondenza dei manufatti di attraversamento esistenti, in particolare a monte dello scatolare in oggetto. Il breve tratto a cielo aperto compreso tra l'attraversamento di via Ronchi e lo scatolare in oggetto, risulta soggetto a possibili allagamenti anche considerata la fitta vegetazione

presente. Si sottolinea che i risultati esposti fanno riferimento ad una portata in ingresso pari alla massima portata generata per TR pari a 100 anni, escludendo possibili fuoriuscite o allagamenti nei tratti del cavo Gaiffa a monte della via Emilia.

6.2 STATO DI PROGETTO

Per lo stato di progetto si prevede il tombamento del tratto a cielo aperto del cavo Gaiffa, compreso tra via Ronchi e il comparto, mediante scatolare prefabbricato in cls di sezione 2,5x2 m. Tale intervento mira a risolvere le difficoltà manutentive e di pulizia del tratto in oggetto, garantendo comunque una sezione di deflusso adeguata alle portate di piena di progetto. Nella figura seguente si riporta il profilo di rigurgito per il tratto di canale analizzato fino alla sezione di chiusura considerata, all'istante di massimo riempimento e allo stato di fatto. Si riportano in particolare i risultati per una portata pari a $8,89 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondente all'evento critico con tempo di ritorno pari a 100 anni.

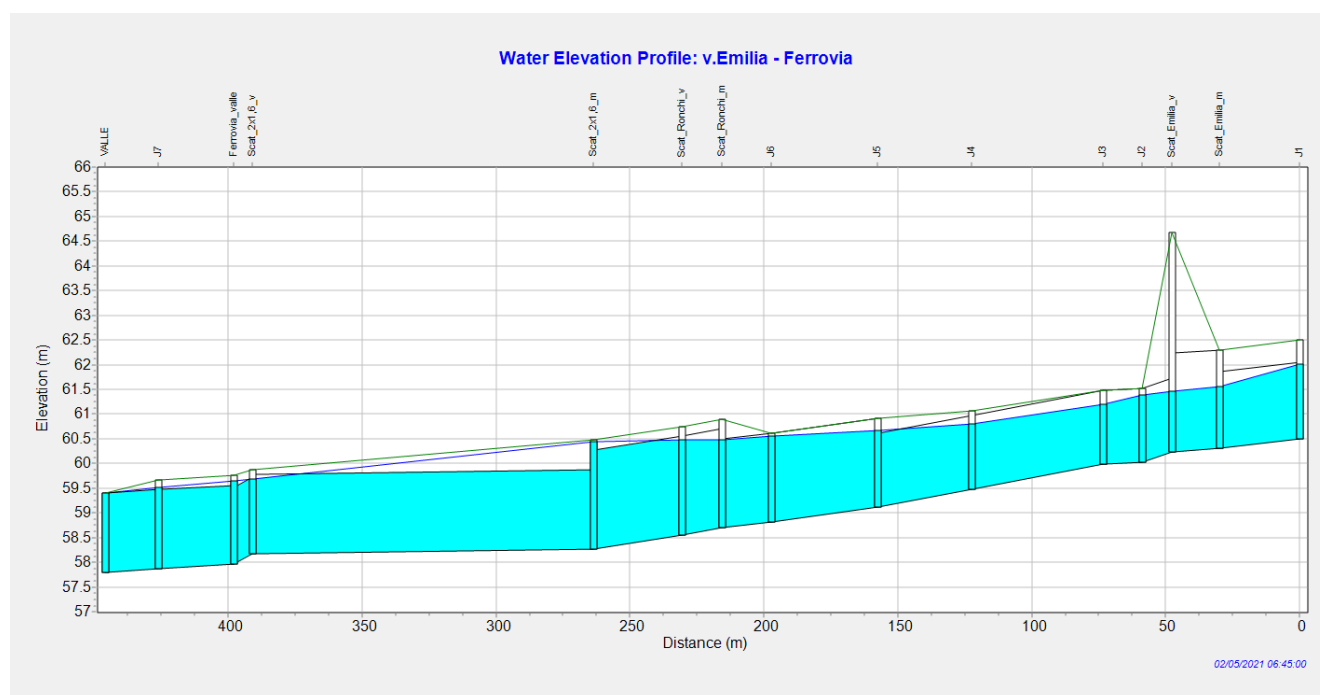


Figura 6: Profilo del tratto di interesse del cavo Gaiffa dalla via Emilia alla linea ferroviaria Mi-Bo. Stato di progetto

I risultati ottenuti dimostrano che il manufatto in progetto permette il deflusso di tutte le portate di piena in ingresso, riducendo inoltre il livello idrometrico a monte dello scatolare esistente.

Si sottolinea che i risultati esposti fanno riferimento ad una portata in ingresso pari alla massima portata generata per TR pari a 100 anni, escludendo possibili fuoriuscite o allagamenti nei tratti del cavo Gaiffa a monte della via Emilia.

7 CONCLUSIONI

Dai risultati esposti si evidenzia che lo scatolare in oggetto, di dimensioni interne 2x1,6 m, consente il deflusso della massima portata di progetto corrispondente all'evento critico di pioggia con tempo di ritorno pari a 100 anni e con valore al colmo pari a circa 8,9 m³/s. Il tratto di cavo Gaiffa analizzato presenta tuttavia criticità dovute ai livelli idrometrici raggiunti che per tali portate possono comportare fuoriuscite e allagamenti, in particolare in corrispondenza dell'imbocco dello scatolare in oggetto e del tratto a cielo aperto immediatamente a monte. Il deflusso della portata di riferimento comporta inoltre il funzionamento in pressione dei manufatti di attraversamento esistenti nel tratto considerato.

Il tombamento in progetto per il tratto a cielo aperto compreso tra via Ronchi e il comparto di interesse, previsto mediante condotta scatolare prefabbricata di dimensioni 2,5x2 m, consente il deflusso della portata di piena critica di riferimento riducendo i livelli idrometrici di monte e consentendo il superamento degli ostacoli di accesso e delle difficoltà di manutenzione e pulizia di tale tratto.