



COMUNE DI RIMINI

Settore Infrastrutture e Qualità Ambientale

U.O. Infrastrutture

Ordinanza N. 13/2023 del Commissario Straordinario alla Ricostruzione
nel Territorio delle Regioni Emilia-Romagna, Toscana e Marche

REALIZZAZIONE DI NUOVI MANUFATTI DI ATTRAVERSAMENTO IN VIA CONSORZIALE, IN VIA DEL POGGIO ED IN VIA BUONANOTTE

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

Relazione idraulica

AII. B

Progettista Generale

Ing. Massimo Paganelli

Collaboratori

Ing. Enrico Miani

Ing. Gianluca Poggi

Responsabile Unico di Progetto

Ing. Alberto Dellavalle



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA DENOMINATO: "REALIZZAZIONE DI NUOVI MANUFATTI DI ATTRAVERSAMENTO IN VIA CONSORZIALE, IN VIA DEL POGGIO ED IN VIA BUONANOTTE" ai sensi dell'Ordinanza n. 13/2023 del Commissario Straordinario alla Ricostruzione nel territorio delle Regioni Emilia-Romagna, Toscana e Marche.
CUP C99J23000300002**

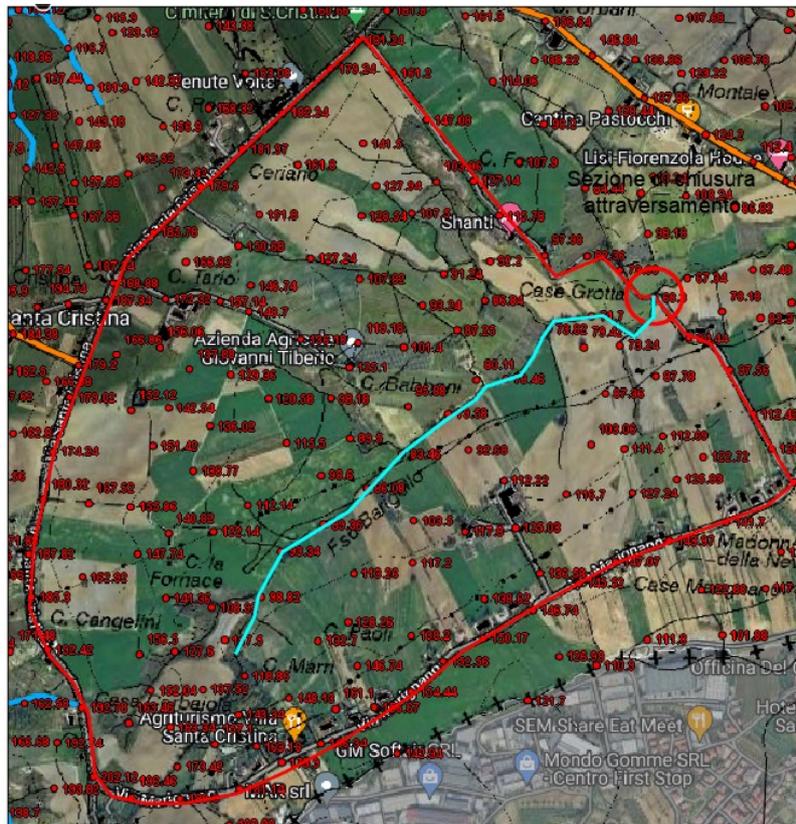
RELAZIONE SPECIALISTICA IDRAULICA

PREMESSA

- Il Comune di Rimini, a seguito degli eventi meteorologici di maggio 2023 che hanno causato danni al patrimonio pubblico stradale comunale, ha rilevato fenomeni di allagamento di strade comunali dovuti ad una insufficienza idraulica di alcuni manufatti di attraversamento stradali ubicati rispettivamente in via Consorziale, via del Poggio e via Buonanotte.
- Il presente progetto di fattibilità tecnico-economica, redatto ai sensi del D.lgs. 36/2023, prevede pertanto interventi atti a ripristinare il corretto deflusso delle acque e garantire la sicurezza idraulica dei manufatti di attraversamento stradale in oggetto.
- La presente relazione si pone l'obiettivo di verificare la compatibilità idraulica degli interventi in esame.

1) INTERVENTO N. 1 VIA CONSORZIALE

Per l'analisi idrologica del bacino, è stato considerato il bacino idrografico afferente alla sezione di chiusura in prossimità dell'attraversamento stradale esistente, come da seguente figura:



Il reticolo idrografico è costituito dal fosso Barigello di proprietà demaniale.



In via cautelativa si assume per le verifiche idrauliche un coefficiente di deflusso pari a 0,50 (valore minimo previsto dal PAI – Piano Assetto Idrogeologico), rappresentativo di un suolo ad uso agricolo in condizioni di saturazione e/o in condizioni di forte aridità a seguito di forti periodi di siccità.
Tutto ciò premesso, il bacino idrografico ha le seguenti caratteristiche:

Dati bacino idrografico		
Area bacino	2,20	kmq
Altezza massima	127	m s.l.m.
Altezza minima	68	m s.l.m.
Altezza media	97,5	m s.l.m.
Dislivello	59	m
Lunghezza percorso idrografico	1600	m
Pendenza media	0,04	m/m
Coefficiente di deflusso ϕ	0,50	

Il tempo di corrivazione del bacino è stato valutato sulla base di questi parametri con n. 3 formulazioni empiriche derivate da letteratura tecnica di riferimento, al fine di individuare il risultato più affidabile dal punto di vista idrologico.

Kirpich	$tc = \frac{4 \cdot S^{0,5} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot (H_{med} - H_{sez})^{0,5}}$
Ventura	$tc = 0,066 \cdot L^{0,77} \cdot \left(\frac{1000 \cdot L}{(H_{max} - H_{sez})} \right)^{0,385}$
Pezzoli	$tc = 0,1272 \cdot \left(\frac{S}{i} \right)^{0,5}$
	$tc = 0,055 \cdot \frac{L}{i^{0,5}}$

Dove:

S [Km²] è la superficie del bacino

L [Km] è la lunghezza dell'asta principale

H_{max} [m.s.m.] è l'altitudine massima

H_{sez} [m.s.m.] è l'altitudine minima

H_{med} [m.s.m.] è l'altitudine media

i [m/m] è la pendenza del bacino; $(H_{max}-H_{sez})/L$

Dall'applicazione di tali formule emergono i seguenti risultati:

Calcolo tempo di corrivazione			
Pezzoli	0,46	h	Sperimentata su bacini montani, maggiormente idonea per i bacini di forma allungata e con pendenza pronunciata e regolare
Kirpich	1,92	h	per i bacini di forma allungata, ma con pendenza poco pronunciata e meno regolare
Ventura	0,34	h	per i bacini di forma più circolare risulta più applicabile la formula di Ventura

La media di tali valori è pari a 0,90 h.

Al fine di rappresentare in maniera più reale possibile la formazione del deflusso in un bacino di queste caratteristiche, si ritiene di assumere un valore del tempo di corrivazione pari a 1 h, che risulta



adeguato per dimensioni al bacino ed è di poco superiore al valor medio rispetto a quello ricavato con le differenti formulazioni.

Vista la lunghezza dell'asta idrografica principale (1600 m), con il tempo di corrivazione trovato la velocità di propagazione dell'acqua è pari a circa 0,45 m/s, risultato compatibile con la pendenza media del bacino.

Per caratterizzare l'evento meteorico di progetto, è stata considerata la curva di possibilità climatica per eventi con durata superiore all'ora ($d > 1h$) presente nel Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio di Bonifica della Romagna.

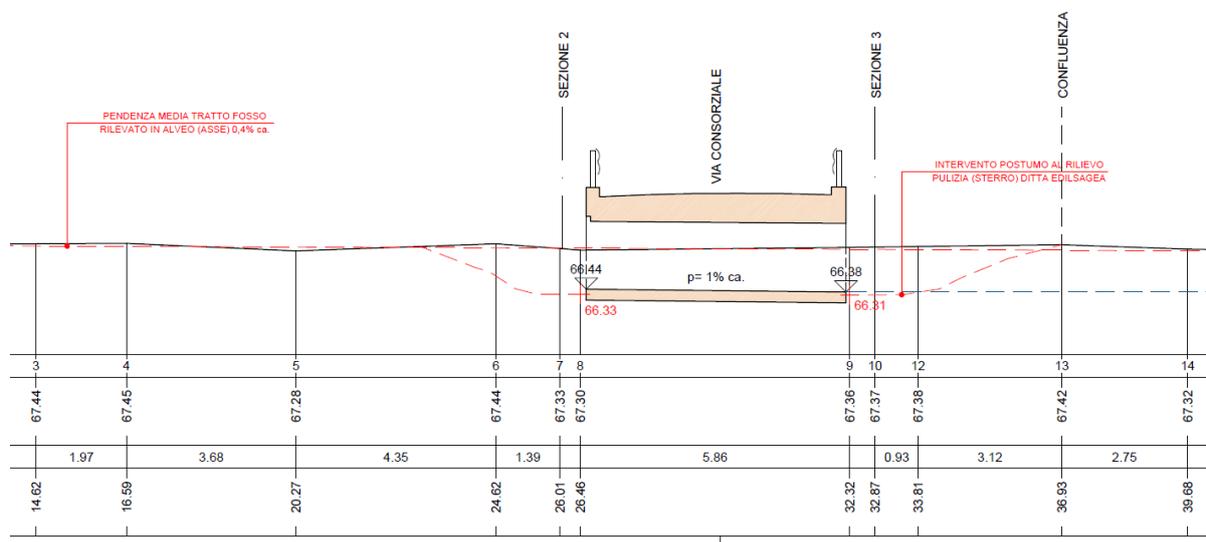
La valutazione dell'entità del deflusso superficiale è stata effettuata utilizzando la formulazione Razionale (o Metodo Cinematico), supponendo che:

- Il meccanismo principale di formazione del deflusso sia dovuto ad un trasferimento di massa (la capacità d'invaso propria del bacino non viene tenuta in conto);
- L'evento meteorico, data la limitata estensione dell'area, viene considerato ad intensità costante.

Dalle verifiche idrauliche emergono i seguenti risultati per i diversi tempi di ritorno:

Calcolo portata di progetto				
Parametro	Tr 30 anni	Tr 50 anni	Tr 200 anni	U.M.
Coefficiente di deflusso ϕ	0,50	0,50	0,50	
Area	2,20	2,20	2,20	kmq
Tempo di corrivazione	1,00	1,00	1,00	h
a	51,09	55,76	76,63	mm/h ⁿ
n	0,27	0,27	0,26	
Altezza di pioggia	51,09	55,76	76,63	mm
Intensità di pioggia	51,09	55,76	76,63	mm/h
Q cinematico	15,61	17,04	23,41	mc/s

Dal rilievo altimetrico è stato riscontrato che l'attraversamento stradale del fosso Barigello è costituito da uno scatolare in c.a. prefabbricato di dimensioni 3000X1500 mm (sezione idraulica pari a 4,5 mq), con pendenza del 1% tra il punto di imbocco e di sbocco. E' inoltre stata rilevata una concavità dell'alveo nel punto dove è localizzato il manufatto. Si riporta di seguito il profilo altimetrico:





La capacità di smaltimento dello scolare viene valutata con la formulazione del moto uniforme di Chezy:

$$Q = A \cdot c \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \text{ [mc/s]}$$

Dove:

- A: area della sezione [mq]
- P: perimetro bagnato [m]
- c: coefficiente di scabrezza = $75 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$
- R: raggio idraulico (A/P) [m]
- i: pendenza del fondo = 0,01 m/m

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche idrauliche condotte:

Verifica idraulica per tempo di ritorno pari a 30 anni

Larghezza [mm]	Altezza [mm]	Scabrezza [$\text{m}^{1/3}\text{sec}^{-1}$]	Pendenza condotta [m/m]	Portata di calcolo [l/s]	Velocità media fluido [m/s]	% di riempimento
3000	1500	75	0,0100	15600	5,28	65

Verifica idraulica per tempo di ritorno pari a 50 anni

Larghezza [mm]	Altezza [mm]	Scabrezza [$\text{m}^{1/3}\text{sec}^{-1}$]	Pendenza condotta [m/m]	Portata di calcolo [l/s]	Velocità media fluido [m/s]	% di riempimento
3000	1500	75	0,0100	17000	5,42	69,5

Verifica idraulica per tempo di ritorno pari a 200 anni

Larghezza [mm]	Altezza [mm]	Scabrezza [$\text{m}^{1/3}\text{sec}^{-1}$]	Pendenza condotta [m/m]	Portata di calcolo [l/s]	Velocità media fluido [m/s]	% di riempimento
3000	1500	75	0,0100	23400	5,91	87,5

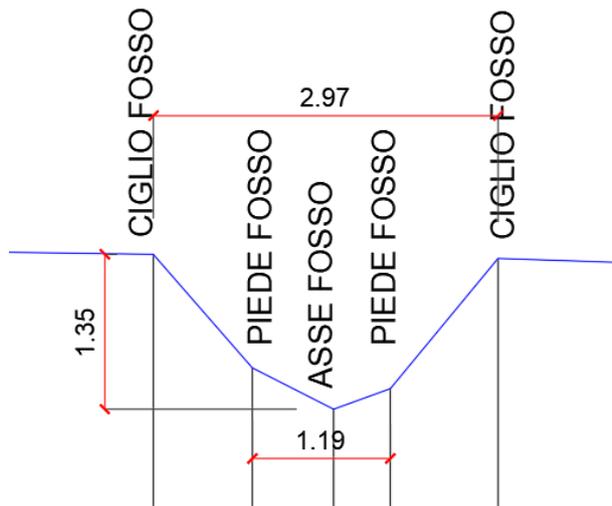
Da tali risultati emerge che lo scolare è idraulicamente idoneo a smaltire le portate in arrivo per un tempo di ritorno pari a 200 anni, senza tuttavia garantire il rispetto del franco idraulico di sicurezza pari a 1,5 m.

Dal rilievo altimetrico è stato riscontrato che l'alveo del fosso Barigello presenta le seguenti caratteristiche:

- pendenza a monte dell'attraversamento pari al 0,4%,
- sezione idraulica mediamente pari a 3 mq.

Supponendo di schematizzare la sezione come un trapezio, si analizza il comportamento idraulico dell'asta a monte del manufatto con la formulazione del moto uniforme di Chezy, adottando i seguenti parametri:

- A: area della sezione [mq] – sezione trapezia (B=3,00 m; b=1,20 m; H=1,35 m);
- P: perimetro bagnato [m]
- c: coefficiente di scabrezza = $40 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$ (alveo in terra)
- R: raggio idraulico (A/P) [m]
- i: pendenza del fondo = 0,004 m/m



CANALE SEZ. TRAPEZIA	
	$b = 1,2$
	$B = 3$
	$h = 1,35$
$Q = V \cdot A$	
$V = c \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$	
$c = \text{coeff. Gaukler-Strickler}$	
$R = A/P$	
$A = (B+b) \cdot h/2$	
$i =$	0,004
$c =$	40 m^{1/3}/s⁻¹
$b =$	1,2 m
$B =$	3 m
$h =$	1,35 m
$A =$	2,835 mq
$P =$	4,44 m
$R =$	0,64 m
$V =$	1,87 m/s
$Q =$	5314 l/s

Da tale verifica emerge che la portata smaltibile dalla sezione è pari a 5,31 mc/s.

Pertanto i fenomeni di allagamento registrati sono riconducibili ad una combinazione di fattori, tra cui una scarsa manutenzione dell'attraversamento che si presentava al momento del rilievo intasato, la presenza nell'alveo di una folta vegetazione che costituisce ostacolo al deflusso, le scarse pendenze e la concavità presente nel punto dove è localizzato il manufatto. Tali fattori fanno sì che si instaurino condizioni idrauliche stagnanti, accentuando il fenomeno del deposito solido al fondo e l'accumulo di materiale quale ad esempio terra e vegetazione, che di fatto costituiscono ostacolo al deflusso.

L'intervento in esame è volto a ristabilire le condizioni di corretto deflusso delle acque del fosso Barigello.

Considerato che:

- dal punto di vista idraulico il fosso Barigello è considerabile a tutti gli effetti un corso d'acqua minore;
- il franco idraulico di sicurezza tra il pelo libero corrispondente alla portata bicentenaria e l'intradosso dell'attraversamento previsto dal PAI Marecchia Conca è pari a 1,50 m;
- tale parametro viene normalmente garantito per gli attraversamenti ad impalcato (tipo ponte): per il caso in esame, dove l'attraversamento esistente è costituito da una condotta scatolare, non è possibile garantire tale valore.

Tutto ciò premesso, si è ritenuto di prendere come linea guida per le verifiche idrauliche le indicazioni fornite dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli (ora confluita nell'Autorità di bacino distrettuale del Po') contenute nel documento denominato "Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da



adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano”.

Al paragrafo 4 di tale documento, si specifica che “per il reticolo minore e di bonifica è facoltà del proponente richiedere l'autorizzazione a fronte di un'officiosità degli stessi anche minore di quella corrispondente alla portata di tempo di ritorno di 200 anni, purché non inferiore al massimo fra la portata con tempo di ritorno 30 anni del corso d'acqua su cui l'attraversamento insiste e l'officiosità del corso d'acqua stesso”.

Pertanto come riferimento per il presente progetto sono stati assunti i seguenti dati:

- Portata tempo di ritorno 30 anni: 15,60 mc/s
- Officiosità corso d'acqua: 5,31 mc/s

Si evidenzia che i valori di portata calcolati sulla base dei tempi di ritorno sono le seguenti:

- Portata tempo di ritorno 50 anni 17,00 mc/s
- Portata tempo di ritorno 200 anni 23,40 mc/s

Tutto ciò premesso e considerato che la problematica di deflusso è riconducibile ad una scarsa manutenzione del fosso e dell'attraversamento stradale, a garanzia del rispetto di tale vincolo di officiosità il progetto prevede i seguenti interventi:

- Risezionamento e protezione delle sponde del torrente nei punti di immissione ed emissione dello scatolare, mediante posa in opera di pietrame calcareo di pezzatura compresa tra 1000 – 3000 kg, per migliorare il deflusso e facilitare il mantenimento in efficienza dell'attraversamento;
- Realizzazione di briglia e soglia di fondo mediante pietrame calcareo di pezzatura compresa tra 1000 – 3000 kg a monte dell'attraversamento, al fine di consentire una maggior pendenza localizzata dell'attraversamento e facilitare il deflusso;
- Sfalcio vegetazione e pulizia;
- Riprofilatura dal punto di emissione dello scatolare verso valle per un'estensione tale da garantire una pendenza pari ad almeno il 0,4%, in continuità con la pendenza rilevata a monte dello scatolare.

In corrispondenza dell'attraversamento si avrà una sezione trapezia dell'alveo rivestita in pietrame calcareo; dal punto di vista idraulico la capacità di tale sezione è stata calcolata con la formulazione del moto uniforme di Chezy, adottando i seguenti parametri:

- A: area della sezione [mq] – sezione trapezia (B=3,50 m; b=1,50 m; H=2,00 m);
- P: perimetro bagnato [m]
- c: coefficiente di scabrezza = $50 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$ (alveo rivestito in pietrame)
- R: raggio idraulico (A/P) [m]
- i: pendenza del fondo = 0,01 m/m

Come è possibile vedere dal foglio di calcolo riportato nella pagina successiva, da tale verifica emerge che a seguito degli interventi di progetto viene garantita un'officiosità idraulica dell'alveo pari a 22,20 mc/sec.

Si prevede inoltre di realizzare un nuovo attraversamento stradale con tubazione DN630 in PVC SN16 con pendenza pari a 1%, da porsi in destra idraulica del tombinamento esistente al fine di intercettare il contributo di acque meteoriche a sinistra della via Consorziale, recapitandolo a valle del manufatto di attraversamento esistente (si rimanda per il dettaglio all'elaborato grafico).

Tale tubazione nelle previste condizioni di posa consente di recapitare oltre 1,00 mc/s, alleggerendo di tale quota parte di carico idraulico il manufatto di attraversamento stradale.

Pertanto complessivamente l'officiosità idraulica dell'attraversamento stradale è pari a 23,20 mc/s e pertanto superiore al massimo fra la portata con tempo di ritorno 30 anni del corso d'acqua su cui l'attraversamento insiste e l'officiosità del corso d'acqua stesso come indicato dalla “Direttiva inerente le verifiche idrauliche e



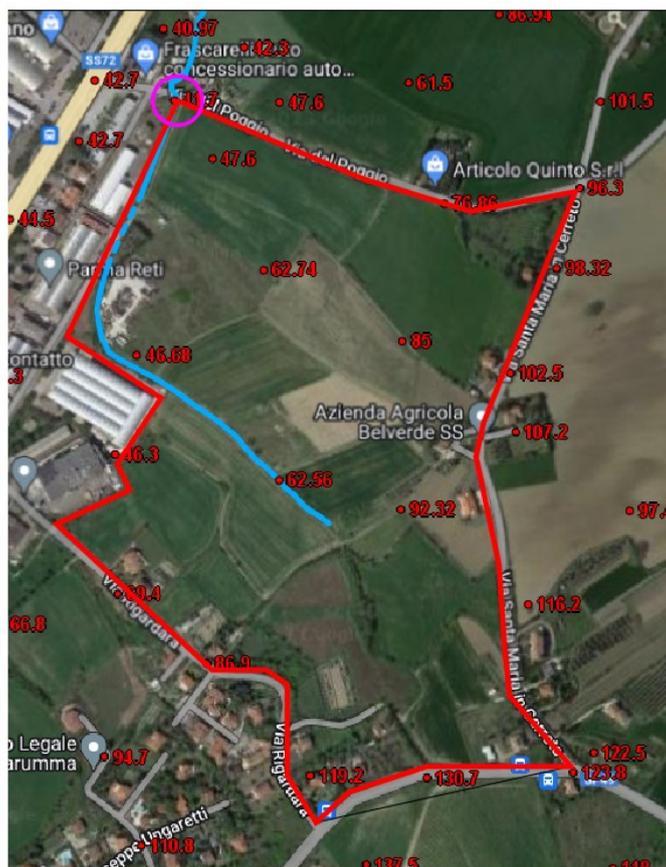
gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano".
Inoltre la portata smaltibile presso l'attraversamento stradale (compresa tubazione DN630 di progetto) ha ordine di grandezza compatibile con la portata associata ad un tempo di ritorno 200 anni: in tali condizioni l'attraversamento stradale lavora al limite tra funzionamento a gravità e in pressione.

CANALE SEZ. TRAPEZIA	
	$\left(\begin{array}{l} b = 1,5 \\ B = 3,5 \\ h = 2 \end{array} \right)$
$Q = V \cdot A$	
$V = c \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$	
$c =$ coeff. Gaukler-Strickler	
$R = A/P$	
$A = (B+b) \cdot h/2$	
$i =$	0,01
$c =$	50 m^{1/3}/s⁻¹
$b =$	1,5 m
$B =$	3,5 m
$h =$	2 m
$A =$	5 mq
$P =$	5,97 m
$R =$	0,84 m
$V =$	4,44 m/s
$Q =$	22208 l/s



2) INTERVENTO N. 2 VIA DEL POGGIO

Per l'analisi idrologica del bacino, è stato considerato il bacino idrografico afferente alla sezione di chiusura in prossimità dell'attraversamento stradale esistente, come da seguente figura:



Il reticolo idrografico è costituito dalla fossa Rigardara di proprietà demaniale, con oneri di gestione in capo al Consorzio di Bonifica della Romagna.

In via cautelativa si assume per le verifiche idrauliche un coefficiente di deflusso pari a 0,50 (valore minimo previsto dal PAI – Piano Assetto Idrogeologico), rappresentativo di un suolo ad uso agricolo in condizioni di saturazione e/o in condizioni di forte aridità a seguito di forti periodi di siccità.

Tutto ciò premesso, il bacino idrografico ha le seguenti caratteristiche:

Dati bacino idrografico	
Area bacino	0,33 kmq
Altezza massima	120 m s.l.m.
Altezza minima	41,7 m s.l.m.
Altezza media	80,85 m s.l.m.
Dislivello	78,3 m
Lunghezza percorso idrografico	670 m
Pendenza media	0,12 m/m
Coefficiente di deflusso ϕ	0,50



Comune di Rimini
DIREZIONE GENERALE

Settore Infrastrutture e Qualità Ambientale
U.O. Infrastrutture

www.comune.rimini.it
c.f.-p.iva 00304260409
dipartimento3@pec.comune.rimini.it
Via Rosaspina, 21- 47923 Rimini

Il tempo di corrivazione del bacino è stato valutato sulla base di questi parametri mediante la formulazione di Kirpich, già precedentemente illustrata, ritenuta più idonea a rappresentare la formazione del deflusso dello specifico bacino.

Dall'applicazione di tale formula emerge il seguente risultato:

Calcolo tempo di corrivazione			
Kirpich	0,66	h	per i bacini di forma allungata, ma con pendenza poco pronunciata e meno regolare

Per caratterizzare l'evento meteorico di progetto, è stata considerata la curva di possibilità climatica per eventi con durata superiore all'ora ($d > 1h$) presente nel Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio di Bonifica della Romagna.

La valutazione dell'entità del deflusso superficiale è stata effettuata utilizzando la formulazione Razionale (o Metodo Cinematico), supponendo che:

- Il meccanismo principale di formazione del deflusso sia dovuto ad un trasferimento di massa (la capacità d'invaso propria del bacino non viene tenuta in conto);
- L'evento meteorico, data la limitata estensione dell'area, viene considerato ad intensità costante.

Dalle verifiche idrauliche emergono i seguenti risultati per i diversi tempi di ritorno:

Calcolo portata di progetto				
Parametro	Tr 30 anni	Tr 50 anni	Tr 200 anni	U.M.
Coefficiente di deflusso φ	0,50	0,50	0,50	
Area	0,33	0,33	0,33	kmq
Tempo di corrivazione	0,66	0,66	0,66	h
a	51,09	55,76	76,63	mm/h ⁿ
n	0,27	0,27	0,26	
Altezza di pioggia	45,66	49,84	68,78	mm
Intensità di pioggia	69,21	75,53	104,24	mm/h
Q cinematico	3,17	3,46	4,78	mc/s

Dal rilievo è stato riscontrato che l'attraversamento stradale della fossa Rigardara è costituito da una tubazione Ø800 in calcestruzzo. Tale tubazione ha pendenza pari a circa 0,3% e presenta un percorso ad anse che dal punto di vista idraulico non risulta adeguato a veicolare le portate in arrivo da monte in condizioni di piena, determinando allagamenti della sede stradale.

L'intervento di progetto consiste in un miglioramento delle condizioni di deflusso attuale delle acque provenienti dalla fossa Rigardara: in dettaglio è previsto il raddoppio dell'attraversamento stradale esistente mediante realizzazione di un tratto di tombinamento della fossa Rigardara in attraversamento ortogonale della via del Poggio costituito da una tubazione in calcestruzzo autoportante Ø1000 idonea per carichi stradali di 1^a categoria, posata con una pendenza del 1%.

La capacità di smaltimento del sistema di tubazioni viene valutata con la formulazione del moto uniforme di Chezy:

$$Q = A \cdot c \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \text{ [mc/s]}$$



Comune di Rimini
DIREZIONE GENERALE

Settore Infrastrutture e Qualità Ambientale
U.O. Infrastrutture

www.comune.rimini.it
c.f.-p.iva 00304260409
dipartimento3@pec.comune.rimini.it
Via Rosaspina, 21- 47923 Rimini

Verifica idraulica per Tempo di ritorno 200 anni			
Parametro	Ø1000	Ø800	U.M.
Portata sezione di chiusura	4,78		mc/s
Scabrezza	90,00	80,00	m1/3/s
Pendenza	0,010	0,030	m/m
Diametro	1.000,00	800,00	mm
Portata	3,10	2,50	mc/s
% Riempimento	100,00	90,00	%
Velocità (m/s)	3,57	3,09	m/s
Portata totale del sistema	5,60		mc/s

La verifica idraulica è stata condotta considerando la nuova tubazione di progetto con riempimento del 100% e la tubazione esistente con riempimento pari al 90%.

Da tale verifica emerge che a seguito degli interventi di progetto viene garantita un'efficienza idraulica dell'attraversamento idonea a veicolare la portata bicentenaria calcolata alla sezione di chiusura.

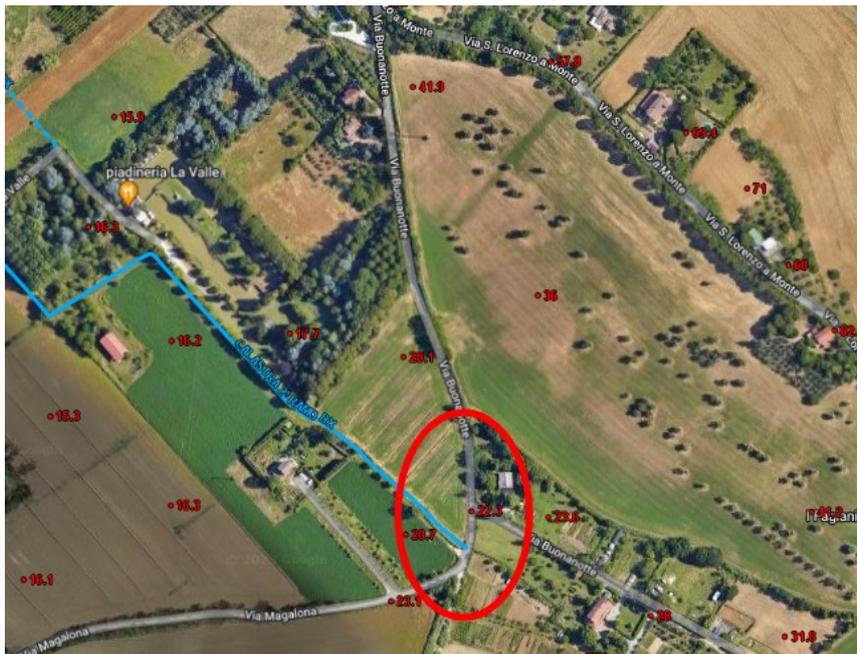
Tale condotta costituirà la nuova via preferenziale per lo scolo delle acque in arrivo da monte; la tubazione attualmente esistente Ø800 in calcestruzzo nella configurazione di progetto rimane in esercizio con funzione di bypass/troppo pieno.



3) INTERVENTO N. 3 VIA BUONANOTTE

L'intervento in via Buonanotte consiste in un potenziamento degli attraversamenti stradali al fine di evitare allagamenti della sede stradale, migliorare le condizioni di deflusso delle acque provenienti dal versante del Colle di Covignano e al contempo contribuire alla messa in sicurezza idraulica dell'agglomerato di case di via Buonanotte.

Di seguito si riporta l'inquadramento dei luoghi interessati dall'intervento:



Nel punto in esame confluiscono le acque meteoriche di versante e in dettaglio il sistema di fossi di scolo confluisce in n. 3 attraversamenti stradali della via Buonanotte costituiti da tubazioni in calcestruzzo Ø500.

Tali acque confluiscono successivamente nel canale consortile Calastra.

L'intervento di progetto prevede la realizzazione di n. 3 nuove tubazioni in calcestruzzo Ø500 che saranno posate in affiancamento a quelle esistenti e costituiranno raddoppio idraulico di sicurezza.

Contestualmente saranno eseguite riprofilature dei fossi stradali.

Il Progettista
Ing. Massimo Paganelli
(firmato digitalmente)