REGIONE CALABRIA

Dipartimento Infrastrutture Lavori Pubblici - Mobilità Settore 13 Infrastrutture di Trasporto

COLLEGAMENTO A2-SVINCOLO DI SAN MANGO D'AQUINO S.S. 18

PROGETTO DEFINITIVO

Accordo quadro quadriennale per servizi di ingegneria ed architettura
Completamenti di itinerari già programmati - Contratto Attuativo: Lotto 1 - CUP: J32C19000060001

PROGETTAZIONE - RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

VIA INGEGNERIA S.R.L. - Capogruppo mandataria
Via Flaminia n. 999 - 00189 Roma
via@legalmail.it

STUDIO ANGOTTI SRL - Mandante
Via Carmine Lidonnici 15 - 88100 Catanzaro
studioangottisrl@arubapec.it

NET ENGINEERING S.P.A. - Mandante
Via Squero 12 - 35043 Monselice PD - Padova
commercialenet@legalmail.it

BATIMAT S.R.L. - Mandante
Viale Manzoni 22 - 00185 - Roma
amministrazione@pec.batimat.it

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
DOTT. ING. GIOVANNA PETRUNGARO

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA

Redatto	SERIE ID - IDRAULICA	Commessa
		Tavola n°
Verificato	RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	SM-PD-ID.01.01.00
Approvato		Data FEBBRAIO 2023
File SM-PD-ID.01.01.00		Scala

Vietata la riproduzione o la trasmissione dell'elaborato secondo le vigenti disposizioni di legge

1. PREMESSA 2
2. CARATTERI TERRITORIALI DELL'AREA – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 2
3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E VINCOLI IDRAULICI 4
4. COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO PREVISTO CON LE AREE DI ATTENZIONE DEL PAI 7
5. RETICOLO IDRAULICO SECONDARIO 12
5.1 ANALISI IDROLOGICA 12
5.2 ANALISI IDRAULICA 19

1. PREMESSA

La presente relazione idrologica ed idraulica afferisce alla progettazione definitiva della viabilità di collegamento tra lo svincolo di San Mango d'Aquino dell'autostrada A2 del Mediterraneo e la S.S. 18 in località Campora San Giovanni del comune di Amantea, redatta per le finalità istruttorie demandate dalla Stazione appaltante al livello di "*progettazione definitiva intermedio*" previsto in contratto.

In ragione del costo di costruzione stimato con il PFTE e delle disponibilità finanziarie, il presente progetto afferisce solo ai primi due stralci funzionali, indicati nel PFTE, compresi tra lo svincolo di San Mango d'Aquino lungo la A2 ed il ponte in costruzione sul fiume Savuto in provincia di Catanzaro nonché allo svincolo con la S.S. 18 in corrispondenza dell'abitato di Campora San Giovanni in provincia di Cosenza.

Sul tratto rimanente sono previsti solo interventi locali per il ripristino della pavimentazione stradale e la sostituzione o integrazione delle barriere di sicurezza stradali.

L'infrastruttura lungo il tratto che lambisce l'area alluvionale del Fiume Savuto interessando in maniera significativa in prossimità dello svincolo di San Mango tratti di viabilità esistente a cui si sovrappone adeguandoli, mentre nella rimanente parte, posta sui rilievi collinari compresi tra il fiume Savuto ed il raccordo autostradale è prevalentemente su nuovo tracciato. Per maggiori approfondimenti al riguardo si rimanda agli specifici elaborati progettuali.

2. CARATTERI TERRITORIALI DELL'AREA – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

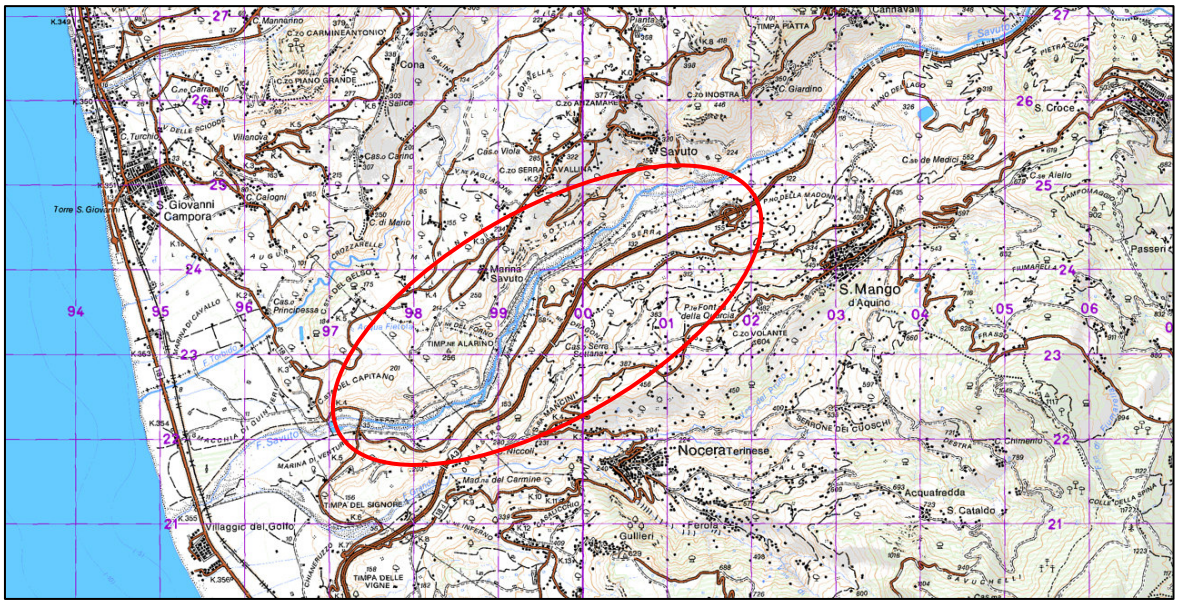
L'area di progetto interessa prevalentemente i territori comunali di Nocera Terinese e San Mango D'Aquino in provincia di Catanzaro e marginalmente di Amantea in provincia di Cosenza.

In particolare il tracciato stradale, a meno dello svincolo con la S.S. 18in località Campora San Giovanni del Comune di Amantea, si sviluppa lungo una porzione di territorio che va dall'area alluvionale del Fiume Savuto sino ai rilievi collinari che portano al raccordo autostradale con la A2 (svincolo di San Mango d'Aquino), con quote comprese tra circa 30 e 160 m s.l.m. che in corrispondenza dello svincolo in località Campora San Giovani raggiungono circa quota 15 m sl.m..

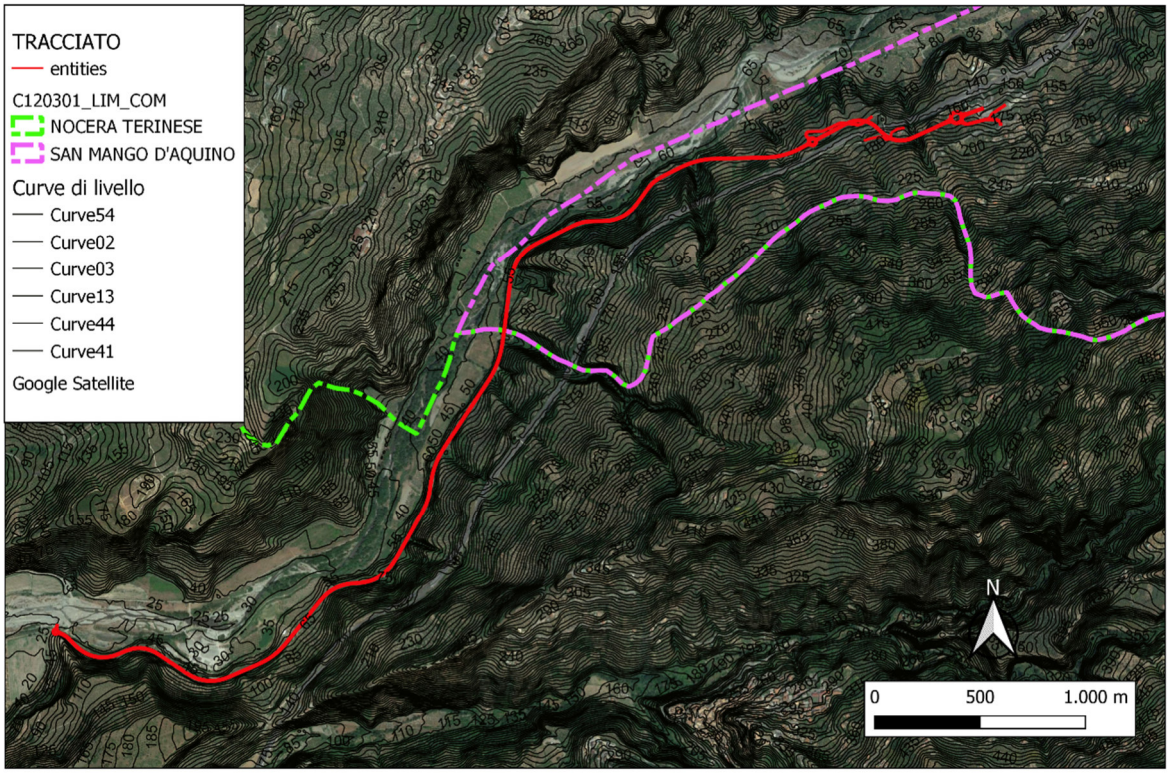
L'infrastruttura, lungo il tratto circostante l'area alluvionale del Fiume Savuto, è in parte significativa esistente per cui in tale tratto sono previsti prevalentemente interventi di adeguamento e miglioramento ai requisiti tecnici di progetto (raggi di curvatura, allargamenti, opere varie, etc.).

L'area di intervento ricade nei pressi della fascia costiera Tirrenica e comprende quella porzione di territorio che rappresenta l'ultimo tratto in cui il Fiume Savuto scorre confinato tra fianchi vallivi a pendenza medio/alta.

Secondo i riferimenti cartografici IGMI, il tracciato ricade nel Foglio 568 – Amantea (in scala 1:50.000 dai tipi dell'IGM 1991 – serie M792 – 1° edizione), come da immagine seguente.

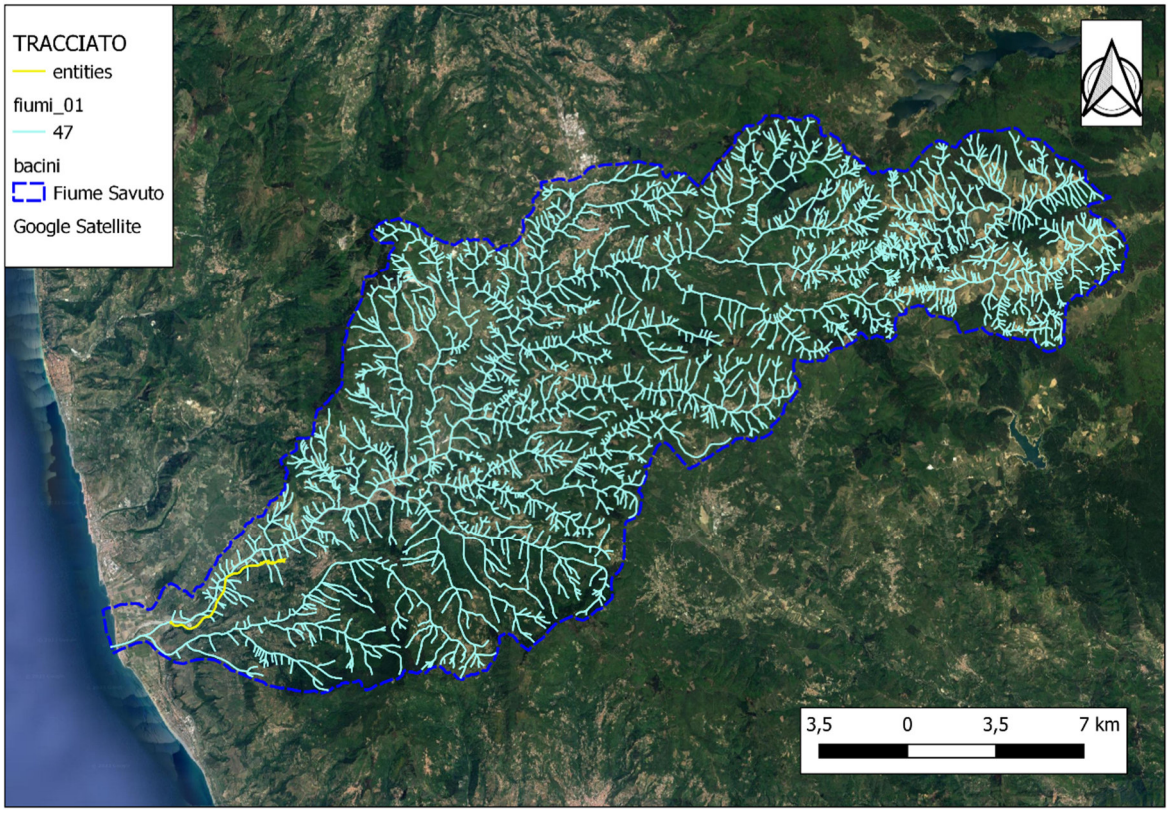


Nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 l'area è invece compresa negli Elementi: 568113 – 568102 – 568103 – 568141 – 568144 – 568154, di cui si riporta di seguito uno stralcio in scala adattata ricavato dal DTM cella 5x5 fornito dal Centro Cartografico della Regione Calabria su ortofotocarta e con ubicazione del progetto stradale.



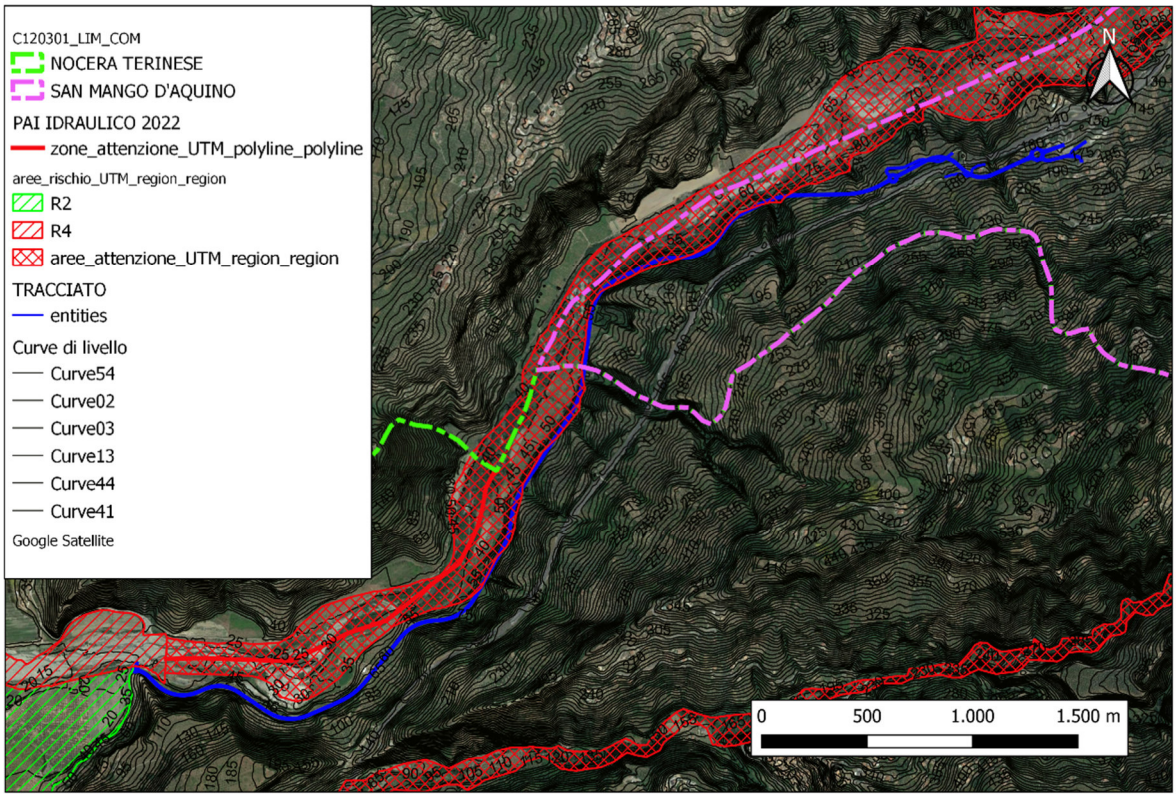
3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E VINCOLI IDRAULICI

L'area di studio è compresa nella porzione terminale del bacino idrografico del Fiume Savuto, come da figura seguente. Bacino che ha origine presso la Località Spineto in Sila e drena una superficie di 411,6 kmq, sviluppandosi con una pendenza media del 32,84 % ed una quota media di 790,65 m.

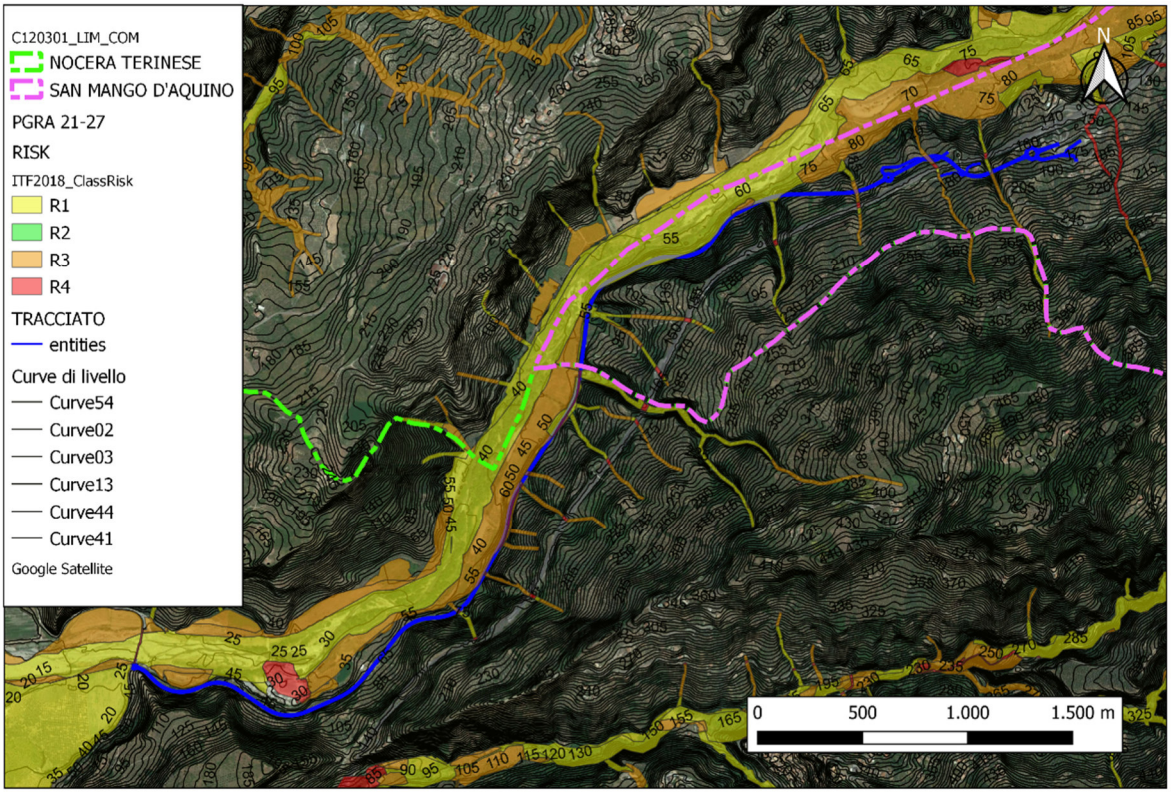


Il tracciato stradale costeggia, in sinistra idrografica, l'alveo del Fiume Savuto che localmente è caratterizzato da una larghezza variabile tra 200 e 300 metri circa.

Osservando le cartografie ricostruite su piattaforma GIS, basate sugli shape file messi a disposizione, alla data attuale, sul sito del competente Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, si evince che il tracciato di progetto, lungo il Fiume Savuto, si sovrappone in parte alla perimetrazione dell'Area di Attenzione (PAI Calabria) ed interferisce anche con una Zona di Attenzione (PAI Calabria). Pertanto, in base a quanto previsto dalle Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Calabria, il tratto della viabilità in progetto compreso tra le sezioni 57 e 163, lungo circa 2,6 Km, ancorchè solo lambito dalle succitate aree, si configura a rischio idraulico di tipo R4, come da immagine seguente e da elaborato di progetto SM-PD-GE.02.02.00.



Inoltre, sempre in base ai succitati shape file, in diversi punti il tracciato interseca le perimetrazioni del PGRA approvato dal Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, come da immagine seguente e da elaborato di progetto SM-PD-GE.02.03.00.



Come riportato nella relazione geologica allegata, per la definizione dell'assetto idrogeologico del territorio in esame si è proceduti ad individuare:

- la serie idrogeologica che caratterizza l'area in esame. In base alle proprietà fisiche e chimiche dei litotipi affioranti, sono stati individuati i relativi complessi idrogeologici caratterizzati da

permeabilità relativa differente.

- la circolazione idrica sotterranea. In funzione delle caratteristiche idrogeologiche dei complessi individuati, del loro assetto stratigrafico nonché dell'assetto strutturale dell'intera area in esame, sono stati riconosciuti i principali fattori che condizionano il fenomeno d'infiltrazione delle acque meteoriche ed il deflusso sotterraneo.

Le litologie osservate nell'area possono essere raggruppate in diversi *complessi idrogeologici,* caratterizzati da permeabilità relativa differente e da un diverso comportamento nei confronti delle acque d'infiltrazione e dei deflussi sotterranei. La *serie idrogeologica* che caratterizza l'area in esame è data dai seguenti complessi:

- *Complesso di bassa permeabilità* (impermeabile di base) costituito da:
- Porzione integra e/o profonda degli **Scisti filladici (sf)** – Scisti filladici grigi con numerose sottili intercalazioni quarzitiche (facies fliscioide) ed occasionali bande di calcari cristallini. La porzione più integra e/o profonda, che presentano minore alterazione e fratture chiuse dal sovrastate carico litostatico, sono caratterizzate da bassi valori di permeabilità per fratturazione.
- *Complesso* di alta media permeabilità costituito da:
- Porzione fratturata ed alterata degli **Scisti filladici (sf)** – Scisti filladici grigi con numerose sottili intercalazioni quarzitiche (facies fliscioide) ed occasionali bande di calcari cristallini. La porzione più alterata e fratturata, soprattutto nella parte superficiale dell'Unità e lungo lo sviluppo delle direttrici tettoniche, è caratterizzata da valori medi di permeabilità per fratturazione e porosità.
- Prodotti di **Soliflussione (a)** – materiali a granulometria variabile che affiorano lungo i versanti ricoprendo la porzione superficiale degli **Scisti filladici (sf)**. Vista la composizione granulometrica variabile e la presenza di una matrice fine, sono caratterizzati da valori di permeabilità media per porosità.
- *Complesso* di medio-alta permeabilità costituito da:
- Depositi alluvionali ciottolosi e sabbiosi talora fissati dalla vegetazione e/o artificialmente (**ac**-**af**). Localmente presentano una permeabilità elevata in funzione dell'alta porosità dei depositi stessi.
- Conglomerati e sabbie **(Q^{cl-s})** e Conglomerati sabbiosi **(q^{cl-s})** – Depositi bruno-rossastri, di origine marina (i primi) e fluviali (i secondi), presentano valori di permeabilità elevata per porosità.

Dall'analisi dell'assetto geologico e dei reciproci rapporti esistenti tra i diversi complessi idrogeologici descritti, si è proceduti all'individuazione della struttura idrogeologica che caratterizza il territorio di studio. A tal fine è stata individuata su carta la posizione dell'asta del Fiume Grande, quella del Fiume Savuto e la relativa linea di spartiacque, come da figura seguente. Dalla lettura della topografia emerge che il Fiume Grande scorre planimetricamente a quote superiori rispetto al Fiume Savuto, pertanto, tenuto conto dello sviluppo dei principali lineamenti tettonici rilevabili cartograficamente, che tagliano quasi perpendicolarmente il succitato spartiacque, ne deriva che tra i due fiumi avvengono (attraverso le direttrici tettoniche) travasi idrici (dal Fiume Grande verso il Savuto) che scorrono in sotterraneo lungo il versante interessato dall'opera di progetto. Tali aliquote idriche convergono in ultimo nella copiosa falda idrica sotterranea del Fiume Savuto che risulta soprattutto alimentata da un bacino idrico di ben 411 Kmq.

4. COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO PREVISTO CON LE AREE DI ATTENZIONE DEL PAI

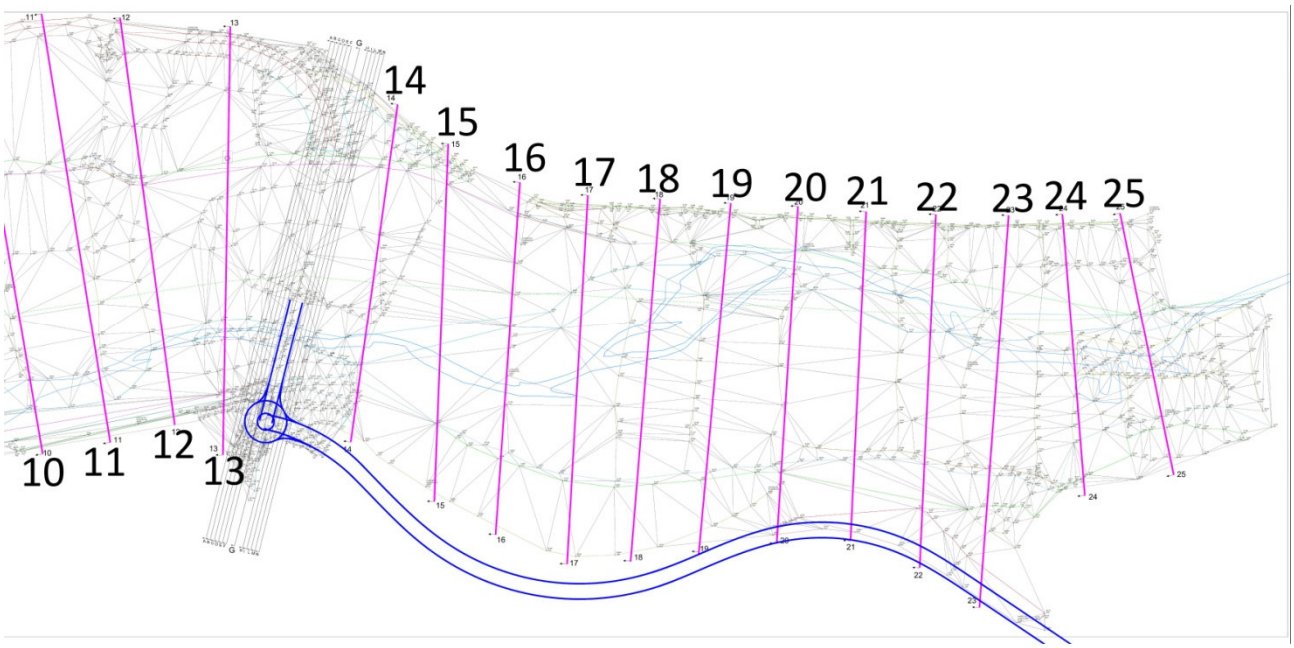
Nel tratto dell'intervento previsto in progetto ricadente all'interno delle aree di attenzione individuate dal PAI Calabria, il tracciato si sviluppa altimetricamente ad una quota mediamente più elevata di alcune decine di metri rispetto al fondo dell'alveo, per cui può ritenersi che l'esecuzione delle opere previste in progetto non interferisce con il regime idraulico del fiume Savuto e non ricade nelle aree di esondazione del fiume, come di seguito riportato.

L'area di attenzione anzidetta interferente con le opere previste in progetto è già stata oggetto di precedenti studi idraulici condotti sul fiume Savuto, sottoposti all'Autorità di bacino, tra cui quello eseguito nell'ambito del progetto di "*Ricostruzione del viadotto sul fiume Savuto sulla SP163*", redatto per conto dell'Amministrazione Provinciale di Catanzaro, prevedendo a base dei relativi calcoli idraulici le seguenti portate al colmo per periodi di ritorno di 200 e 500 anni :

- $Q_{200anni} = 1204\ m^3/s$
- $Q_{500anni} = 1383\ m^3/s$

Nell'ambito di tale studio è stata eseguita una simulazione idraulica in condizione di moto permanente per un tratto di circa 1300 m, di cui, circa 650 m a valle del ponte oggetto di ricostruzione e circa 650 a monte.

Nello specifico, come si evince dall'immagine seguente, estratta dalla relazione anzidetta, le sezioni a monte del ponte (indicate con i numeri da 14 a 25) afferiscono al medesimo ambito fluviale interessato dal vincolo gravante su parte del tracciato in progetto.



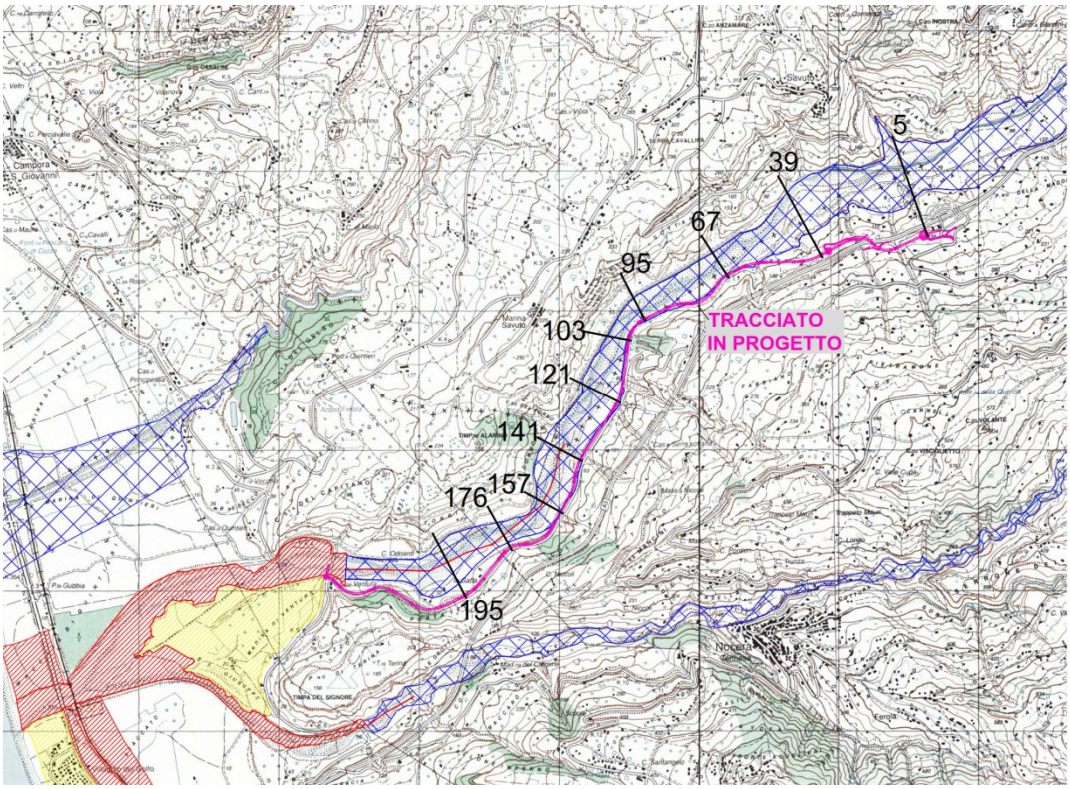
Confrontando le quote del tracciato stradale in progetto con il livello del tirante idrico risultante dallo studio idraulico anzidetto, si ottengono con un tempo di ritorno 500 anni i risultati riportati nella tabella seguente:

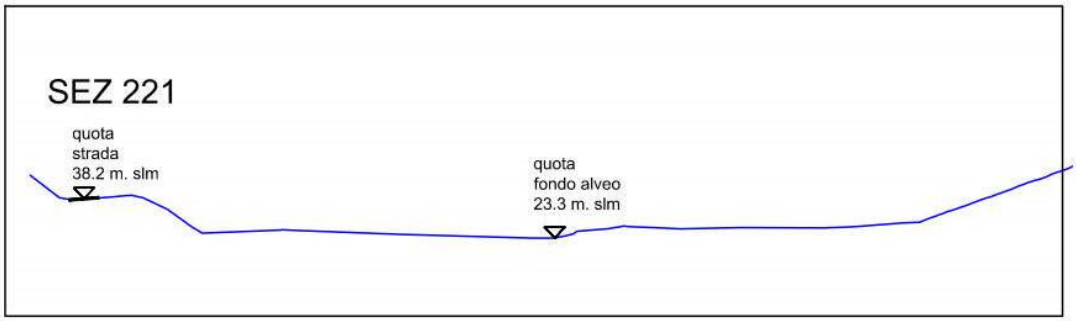
Sezione	$Q_{500\ anni}$	Min Ch El	W.S. Elev	Tirante	Quota strada	Differenza tra la quota strada

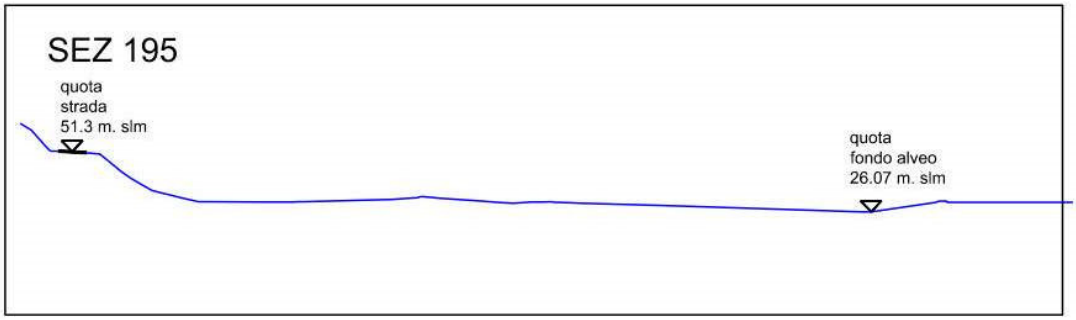
				idrico	di progetto	in progetto e la W.S. Elev
	m3/s	m	m	m	m. slm	m
25	1383	23.38	27.21	**3.83**	45.1	**17.89**
24	1383	22.74	26.15	**3.41**	43.04	**16.89**
23	1383	23.09	25.59	**2.50**	45.2	**19.61**
22	1383	22.85	25.64	**2.79**	40.3	**14.66**
21	1383	22.32	24.66	**2.34**	39.6	**14.94**
20	1383	21.80	24.47	**2.67**	38.6	**14.13**
19	1383	21.41	24.05	**2.64**	36.9	**12.85**
18	1383	21.08	23.72	**2.64**	35.96	**12.24**
17	1383	20.76	23.18	**2.42**	35.8	**12.62**
16	1383	20.16	23.05	**2.89**	34.6	**11.55**
15	1383	20.00	22.73	**2.73**	34.2	**11.47**
14	1383	19.85	21.95	**2.10**	31	**9.05**

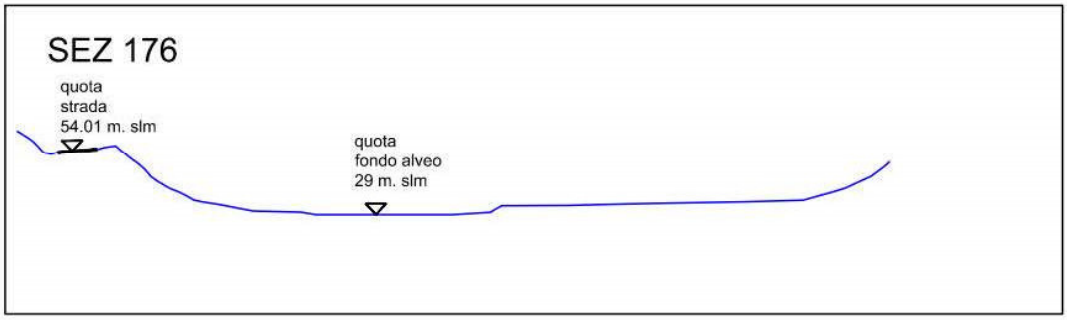
Tabella da cui si evince che l'infrastruttura viaria di progetto si trova, nel tratto in esame, ad una quota più elevata di alcune decine di metri rispetto al livello raggiunto dal fiume in condizioni di piena con tempo di ritorno 500 anni.

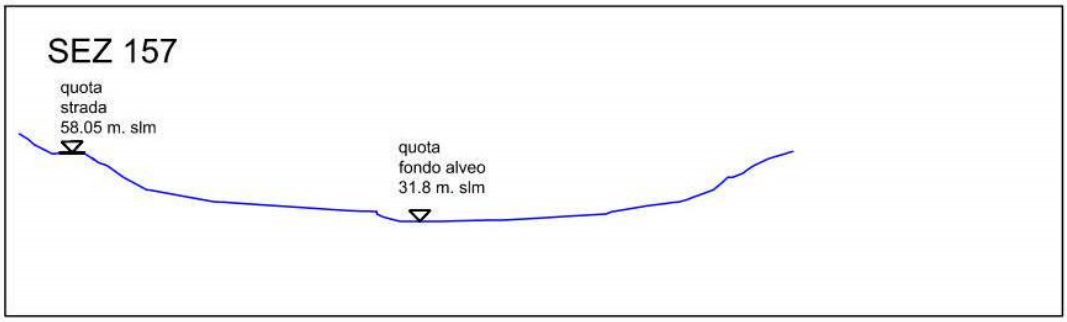
Estendendo a monte del tratto anzidetto le 10 sezioni trasversali della nuova viabilità in progetto di seguito riportate sino all'alveo del fiume Savuto, risulta un dislivello tra la quota di fondo alveo del fiume Savuto e la quota della strada, notevolmente maggiore del livello del tirante idraulico stimato per una portata di 500 anni, come si evince dalle immagini seguenti, se si considera che la pendenza media dell'alveo nel tratto in questione resta immutata rispetto al tratto precedente, analogamente alla larghezza del fiume.

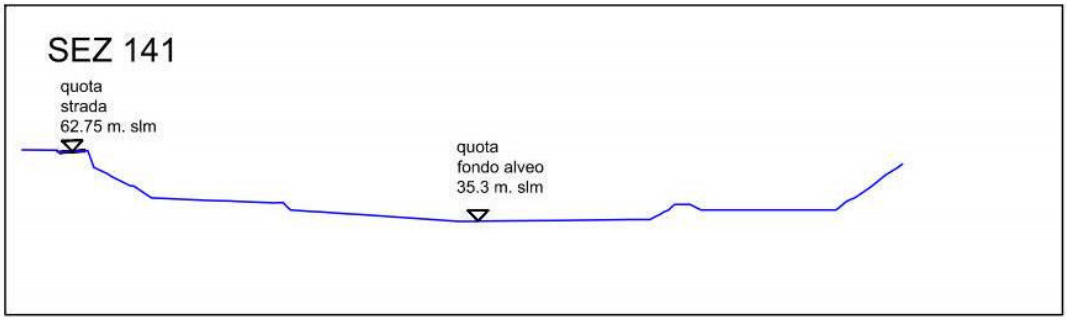


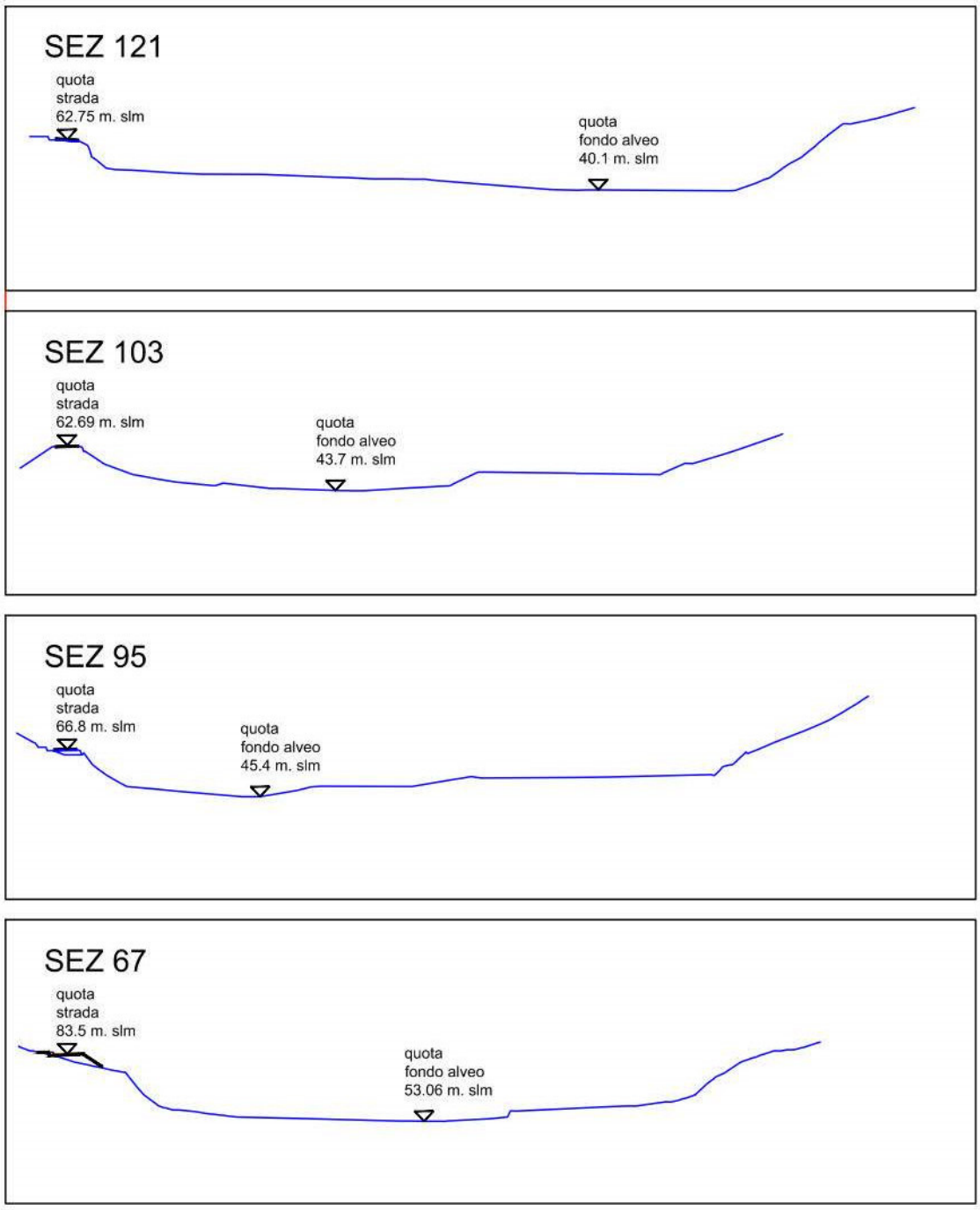

SEZ 221
quota
strada
38.2 m. slm
quota
fondo alveo
23.3 m. slm


SEZ 195
quota
strada
51.3 m. slm
quota
fondo alveo
26.07 m. slm


SEZ 176
quota
strada
54.01 m. slm
quota
fondo alveo
29 m. slm


SEZ 157
quota
strada
58.05 m. slm
quota
fondo alveo
31.8 m. slm


SEZ 141
quota
strada
62.75 m. slm
quota
fondo alveo
35.3 m. slm



Nella tabella seguente sono riportati i valori delle quote altimetriche anzidette (progetto strada e fondo alveo) e la loro differenza da cui risultano valori notevolmente superiori al livello del tirante idraulico stimato per una portata di 500 anni, tenuto conto che in corrispondenza delle sezioni con minore franco (221, 195 e 176), poste in prossimità del ponte in costruzione sul fiume Savuto, il tracciato ricade al di fuori dell'area vincolata dal PAI

Sezione	Quota fondo alveo Fiume Savuto	Quota strada di progetto	differenza
	m slm	m. slm	m.
195	21.5	30.4	8.9
176	23.3	38.2	14.9
157	26.07	51.3	25.23
141	29	54.05	25.05
121	31.8	58.05	26.25
103	35.3	62.75	27.45
95	40.1	62.94	22.84
67	43.7	62.69	18.99
39	45.42	66.8	21.38
5	53.06	83.5	30.44

Pertanto, stante la notevole differenza tra la differenza di quota della strada di progetto e il fondo dell'alveo, visto il livello medio del fiume in condizioni massima piena (3,5 metri circa), può asserirsi che le opere previste nel presente progetto non ampiamente al di sopra delle aree di esondazione del fiume Savuto e non interferiscono con il suo regime idraulico.

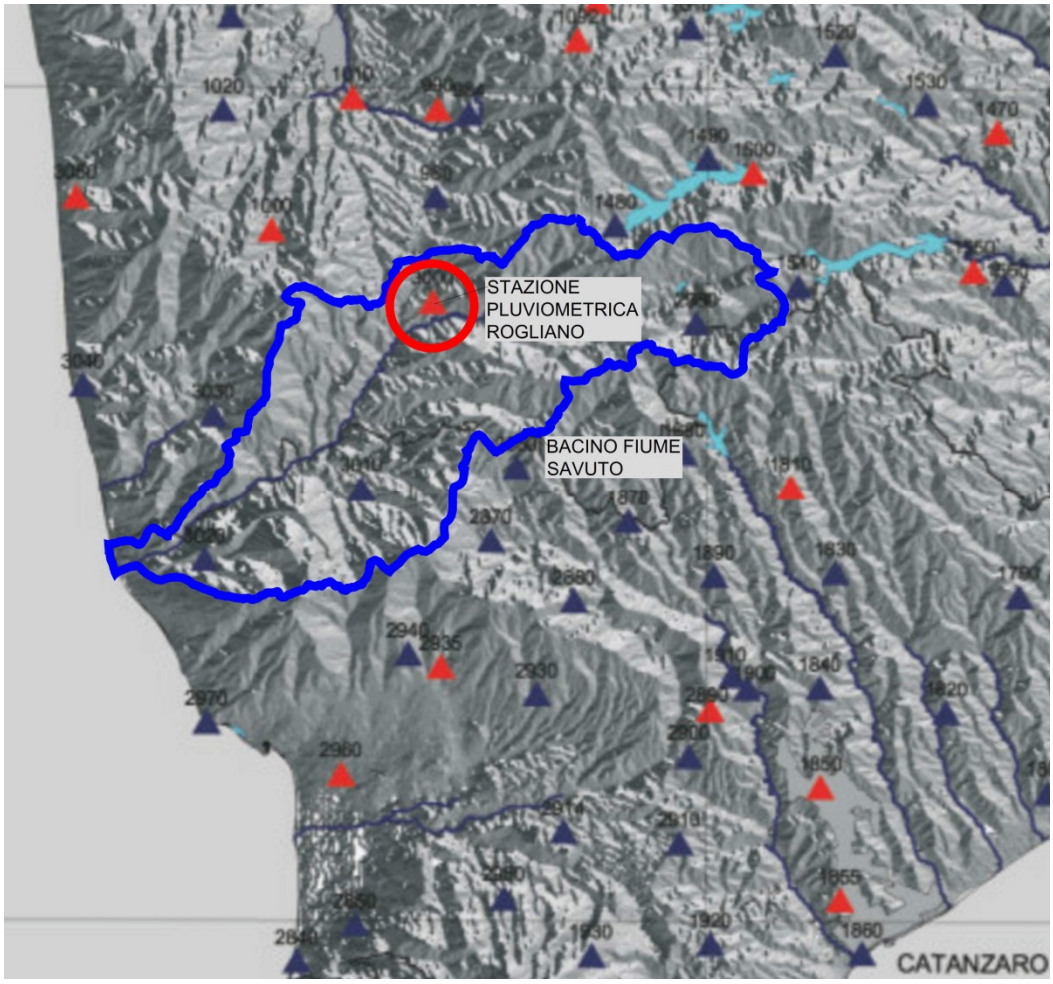
5. RETICOLO IDRAULICO SECONDARIO

Nei paragrafi che seguono si analizzeranno le problematiche di natura idrologica - idraulica finalizzate alla definizione delle massime precipitazioni dell'area di studio e quindi dei massimi deflussi posti a base del calcolo per la verifica dei manufatti progettati per garantire la continuità idraulica dei fossi naturali interferenti con la nuova infrastruttura viaria e pere quella dei canali di guardia previsti a salvaguardia del sedime stradale dalle acque provenienti dalle pendici circostanti.

5.1 ANALISI IDROLOGICA

Dati pluviometrici

Quali dati di partenza per la stima delle portate sono stati adottati i massimi annuali delle altezze di pioggia relative a 1, 3, 6, 12 e 24 ore, della stazione pluviometrica di Rogliano (vedi tabella seguente), ricadente all'interno del bacino del fiume Savuto, essendo per questa disponibile una serie storica significativamente ampia.



Inquadramento della stazione pluviometrica di Rogliano

Max annuali piogge di breve durata

Anno	1 Ora		3 Ore		6 Ore		12 Ore		24 Ore	
	Data	*mm*	*Data*	*mm*	*Data*	*mm*	*Data*	*mm*	*Data*	*mm*
1928	»	»	»	»	»	»	»	»	»	*105.1*
1935	*24-10*	*15.4*	*01-03*	*30.6*	*01-03*	*44.8*	*01-03*	*57.4*	*21-12*	*72.6*
1936	*10-12*	*27.0*	*10-12*	*40.0*	*15-11*	*54.5*	*14-11*	*85.4*	*10-12*	*104.8*
1937	*28-05*	*20.4*	*28-05*	*40.8*	*28-05*	*42.4*	*06-02*	*63.2*	*06-02*	*76.8*
1938	*17-02*	*12.0*	*17-02*	*22.4*	*17-02*	*30.0*	*17-12*	*42.0*	*25-12*	*60.0*
1939	*01-06*	*38.4*	*01-06*	*43.6*	*01-06*	*46.0*	*01-10*	*62.8*	*01-10*	*84.4*
1940	»	*14.0*	»	*29.0*	»	*52.6*	»	*74.8*	»	*95.0*
1941	*12-10*	*16.0*	*12-10*	*32.8*	*12-10*	*55.2*	*12-10*	*66.4*	*12-10*	*69.4*
1944	»	*44.0*	»	*98.2*	»	*122.3*	»	*141.7*	»	*146.5*
1946	»	»	»	*34.0*	»	*45.6*	»	»	»	»
1947	»	*20.0*	»	»	»	»	»	»	»	»
1949	»	*35.0*	»	*38.0*	»	»	»	»	»	*93.6*
1950	»	»	»	»	»	»	»	*62.0*	»	»
1951	»	*20.6*	»	»	»	»	»	»	»	»
1952	»	»	»	»	»	»	»	»	»	*83.1*
1955	*24-10*	*15.0*	*24-10*	*31.0*	*24-10*	*34.4*	*24-10*	*40.2*	*27-09*	*47.2*
1957	*07-10*	*26.0*	*07-10*	*42.2*	*07-10*	*56.4*	*07-10*	*58.6*	*16-01*	*84.6*
1958	*16-12*	*28.8*	*16-12*	*43.0*	*16-12*	*53.0*	*16-12*	*72.2*	*16-12*	*72.4*
1959	*24-11*	*35.0*	*24-11*	*77.0*	*24-11*	*88.0*	*24-11*	*155.1*	*24-11*	*170.7*
1960	*09-09*	*18.2*	*18-02*	*33.2*	*18-02*	*48.0*	*16-01*	*57.0*	*15-01*	*80.0*
1962	*17-10*	*32.0*	*17-10*	*38.4*	*13-02*	*44.0*	*13-02*	*70.4*	*13-02*	*77.0*
1963	*22-09*	*42.4*	*22-09*	*42.6*	*22-09*	*42.8*	*12-12*	*47.0*	*12-12*	*64.0*
1964	*25-06*	*19.4*	*12-06*	*26.2*	*01-03*	*31.0*	*30-11*	*47.0*	*29-02*	*70.8*
1965	*04-09*	*21.2*	*03-12*	*28.0*	*03-12*	*40.0*	*03-12*	*46.8*	*18-01*	*61.2*
1966	*08-10*	*40.2*	*08-10*	*44.2*	*12-01*	*61.0*	*12-01*	*85.8*	*12-01*	*106.5*
1967	*05-09*	*23.0*	*05-09*	*33.2*	*29-11*	*41.4*	*20-12*	*55.8*	*20-12*	*59.2*
1968	*07-06*	*34.0*	*07-06*	*34.0*	*07-06*	*46.0*	*07-06*	*59.0*	*07-06*	*65.0*
1969	*04-12*	*24.0*	*04-12*	*35.5*	*04-12*	*51.0*	*04-12*	*89.8*	*04-12*	*111.5*
1970	*14-02*	*28.8*	*01-10*	*32.5*	*01-10*	*43.5*	*01-10*	*46.9*	*16-01*	*51.6*
1971	*01-09*	*20.8*	*30-06*	*30.6*	*30-06*	*40.8*	*30-06*	*40.8*	*02-01*	*64.0*
1974	*06-11*	*15.4*	*06-11*	*32.4*	*06-11*	*46.4*	*06-11*	*60.4*	*06-11*	*74.6*
1977	*23-09*	*20.0*	*23-09*	*22.6*	*02-12*	*32.8*	*02-12*	*51.0*	*01-12*	*61.6*
1978	*20-10*	*23.2*	*07-09*	*32.6*	*07-09*	*50.2*	*07-09*	*85.8*	*07-09*	*91.6*
1979	*08-02*	*15.8*	*08-02*	*28.2*	*11-01*	*38.6*	*11-01*	*69.2*	*11-01*	*86.2*
1980	*01-05*	*19.2*	*01-05*	*28.8*	*01-05*	*29.4*	*01-05*	*30.2*	*01-05*	*49.0*

1981	*18-08*	*26.6*	*13-12*	*35.8*	*13-12*	*53.6*	*15-01*	*71.2*	*15-01*	*84.2*
1982	*05-10*	*23.6*	*05-10*	*31.8*	*05-10*	*36.4*	*04-10*	*60.6*	*04-10*	*74.0*
1983	*17-03*	*19.0*	*17-03*	*36.0*	*17-03*	*41.4*	*22-12*	*59.4*	*22-12*	*90.4*
1984	*29-08*	*21.4*	*01-10*	*36.8*	*01-10*	*39.2*	*12-11*	*42.4*	*12-11*	*62.6*
1988	*21-11*	*23.6*	*21-11*	*27.6*	*30-01*	*37.4*	*30-01*	*53.0*	*30-01*	*73.6*
1992	*04-10*	*16.0*	*14-11*	*26.0*	*13-11*	*39.2*	*13-11*	*45.4*	*05-12*	*58.0*
1993	*22-10*	*15.2*	*04-01*	*23.6*	*04-01*	*37.8*	*04-01*	*67.2*	*04-01*	*90.8*
1994	*24-10*	*32.2*	*24-10*	*42.6*	*24-10*	*48.2*	*24-10*	*48.8*	*11-11*	*67.4*
1995	*03-08*	*15.4*	*14-11*	*29.6*	*14-11*	*55.8*	*14-11*	*70.2*	*14-11*	*92.0*
1996	*15-03*	*11.4*	*20-11*	*21.8*	*30-11*	*34.4*	*30-11*	*49.4*	*27-03*	*77.2*
1997	*21-08*	*33.2*	*21-08*	*39.4*	*21-08*	*40.0*	*23-11*	*45.2*	*24-10*	*58.6*
1998	*09-08*	*24.2*	*09-08*	*28.2*	*04-05*	*38.4*	*19-01*	*54.6*	*19-01*	*77.8*
1999	*19-10*	*18.6*	*19-10*	*30.4*	*18-10*	*31.2*	*18-10*	*37.2*	*20-12*	*56.2*
2000	*07-10*	*20.2*	*07-10*	*30.4*	*19-02*	*46.4*	*19-02*	*53.4*	*27-12*	*70.2*
2003	*01-08*	*23.8*	*08-09*	*33.6*	*18-10*	*39.0*	*26-11*	*41.2*	*18-10*	*50.6*
2004	*12-11*	*45.0*	*12-11*	*70.6*	*12-11*	*74.4*	*12-11*	*102.6*	*12-11*	*102.8*
2005	*31-08*	*20.6*	*16-06*	*23.2*	*19-09*	*23.6*	*17-04*	*37.6*	*30-08*	*45.6*
2009	*30-06*	*26.6*	*16-09*	*32.0*	*16-09*	*35.2*	*23-10*	*45.4*	*24-01*	*62.6*
2010	*02-11*	*27.6*	*02-11*	*46.0*	*02-11*	*53.0*	*02-11*	*57.4*	*21-06*	*72.4*
2011	*02-06*	*22.6*	*01-03*	*42.0*	*01-03*	*64.6*	*01-03*	*89.4*	*28-02*	*95.6*
2012	*14-09*	*16.0*	*14-09*	*27.4*	*14-04*	*40.4*	*14-04*	*61.8*	*13-04*	*75.0*
2013	*12-09*	*25.0*	*12-09*	*27.2*	*12-09*	*39.2*	*11-11*	*45.8*	*16-01*	*54.8*
2015	*10-09*	*19.6*	*10-09*	*30.2*	*10-09*	*48.0*	*21-10*	*49.8*	*09-09*	*79.0*
2016	*07-08*	*30.2*	*07-08*	*31.4*	*13-02*	*46.4*	*13-02*	*58.2*	*13-02*	*80.4*
2017	*11-09*	*16.6*	*11-09*	*24.0*	*23-01*	*40.8*	*23-01*	*68.0*	*23-01*	*82.2*
2018	*29-10*	*25.6*	*04-10*	*32.6*	*04-10*	*56.2*	*04-10*	*64.0*	*04-10*	*64.2*
2019	*24-11*	*22.8*	*24-11*	*42.6*	*24-11*	*63.2*	*24-11*	*78.0*	*24-11*	*82.8*
2020	*11-09*	*58.8*	*11-09*	*70.8*	*11-09*	*70.8*	*11-09*	*70.8*	*11-09*	*95.8*
2021	*18-07*	*25.4*	*01-11*	*32.0*	*01-11*	*48.6*	*01-11*	*54.2*	*24-01*	*63.2*

Elaborazione statistico-probabilistica dei dati di pioggia

Il primo passo relativo alla determinazione della portata idrica con prefissato tempo di ritorno risulta l'identificazione di una funzione di probabilità cumulata FX(x) che interpreti adeguatamente la variabile casuale in esame, in questo caso le altezze di pioggia h, e la stima dei parametri che la caratterizzano.

Una ottima interpretazione probabilistica della serie di eventi si ha con il modello a doppia componente denominato TCEV (Two Component Estreme Value), utilizzato nelle direttive del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Calabria. Tale legge di distribuzione probabilistica parte dall'interpretazione del processo dei valori superiori ad una soglia mediante due sequenze di variabili casuali indipendenti

identicamente distribuite, ciascuna delle quali definisce un processo poissoniano con eccedenze distribuite con legge esponenziale. Essa è rappresentata da una funzione di probabilità cumulata del tipo:

$$F_X(x) = \exp[-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_2 \exp(-x/\theta_2)]$$

La distribuzione TCEV permette di interpretare fisicamente il processo dei massimi annuali tramite due popolazioni distinte: una componente base (pedice 1), relativa agli eventi normali e più frequenti, ed una componente straordinaria (pedice 2), relativa agli eventi più gravosi e rari.

I quattro parametri del modello TCEV, presenti nell'espressione precedente, hanno un chiaro significato fisico dal momento che Λ_1 e Λ_2 esprimono il numero medio annuo di eventi superiori ad una soglia delle due componenti, e θ_1 e θ_2 esprimono il valori medio di tali eventi. La funzione di probabilità cumulata è esprimibile in altra forma effettuando la trasformazione di variabili: $\theta_* = \theta_1/\theta_2$ e $\Lambda_* = \Lambda_2/\Lambda_1^{1/\theta_*}$. In questo caso, i quattro parametri che caratterizzano il modello sono θ_*, Λ_*, Λ_1 e θ_1.

Nell'ambito del "Rapporto sulla Valutazione delle Piene in Calabria" (VAPI), l'analisi delle piogge ha portato alla verifica dell'ipotesi che la Calabria sia una zona pluviometricamente omogenea, implicando la costanza dei parametri Λ_* e θ_*. Inoltre, per la Calabria, si sono individuate tre sottozone in cui si ritiene costante il coefficiente di variazione C_v e, di conseguenza, il parametro Λ_1. Infine, sono state delimitate 13 aree omogenee, in ciascuna delle quali si ritiene valido un legame di correlazione fra la media delle altezze di pioggia giornaliere massime annuali e la quota sul mare. Ritenendo valida la divisione in sottozone e aree omogenee redatta dal VAPI per le piogge di breve durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, sono stati valutati, con il metodo della massima verosimiglianza, i parametri Λ_* e θ_* relativi alla Calabria e il parametro Λ_1 per la sottozona omogenea calabrese tirrenica, essendo la stazione pluviometrica di Rogliano ricadente in essa.

Durata (ore)	Λ_*	Θ_* (mm)	Λ_1
1	0.1997	2.0735	13.03
3	0.2614	2.4100	21.26
6	0.2834	2.3103	25.17
12	0.2915	2.2148	31.85
24	0.3610	1.9420	31.54

Il quarto parametro, θ_1, che permette di definire interamente la funzione di distribuzione di probabilità FX(x), è stato valutato utilizzando il software TCEV prodotto dal Laboratorio di Cartografia Automatica e Modellistica Idrogeologica (CAMILAB) del Dipartimento di Difesa del Suolo dell'Università della Calabria. Nella valutazione dei valori di θ_1 relativi alle piogge orarie, si è fatto riferimento alla tecnica di analisi legata al 2° livello di regionalizzazione, in cui sono noti, per le ipotesi precedentemente illustrate, i parametri Λ_*, θ_* e Λ_1.

I valori di θ_1 sono osservabili nella seguente tabella per le diverse durate orarie:

Durata (ore)	Θ_1 (mm)
1	7.243
3	9.124
6	11.514

12	13.994
24	17.609

Per poter definire esplicitamente le funzioni di distribuzione probabilistica relative alle diverse piogge orarie, si sono calcolati, noti i 4 parametri θ_*, θ_1, Λ_* e Λ_1, i valori relativi a $\theta_2 = \theta_* \cdot \theta_1$ e $\Lambda_2 = \Lambda_* \cdot \Lambda_1^{1/\theta^*}$, come riportato in tabella.

Durata (ore)	Θ_2 (mm)	Λ_2
1	15.0184	0.6888
3	21.9888	0.9293
6	26.6008	1.1449
12	30.9939	1.3909
24	34.1967	2.1346

Pertanto, sono definiti i 4 parametri che caratterizzano la distribuzione TCEV (Λ_1, Λ_2, θ_1 e θ_2) per le piogge relative a 1, 3, 6, 12 e 24 ore, dove la variabile x è rappresentata da h (altezza di pioggia), espressa in mm.

Distribuzione probabilistica TCEV per piogge di durata 1 ora:

Fh(h) = exp[-13,03·exp(-h/7.243)- 0.6888·exp(-h/15.0184)]

Distribuzione probabilistica TCEV per piogge di durata 3 ore:

Fh(h) = exp[-21.26·exp(-h/9.124)- 0.9293·exp(-h/21.9888)]

Distribuzione probabilistica TCEV per piogge di durata 6 ore:

Fh(h) = exp[-25.17·exp(-h/11.514)- 1.1449·exp(-h/26.6008)]

Distribuzione probabilistica TCEV per piogge di durata 12 ore

Fh(h) = exp[-31.85·exp(-h/13.994)- 1.3909·exp(-h/30.9939)]

Distribuzione probabilistica TCEV per piogge di durata 24 ore:

Fh(h) = exp[-31.54·exp(-h/17.609)- 2.1346·exp(-h/34.1967)]

Determinazione della curva di probabilità pluviometrica

Nota la distribuzione probabilistica per le piogge orarie si sono definiti i valori di altezza h riferiti ad un tempo di ritorno di 10-20-50-100-200-500 anni. I valori ht,T vengono determinati esplicitando la distribuzione di probabilità cumulata, considerando che Fh(h) = Φ (probabilità di non superamento) è correlata al tempo di ritorno T dalla relazione:

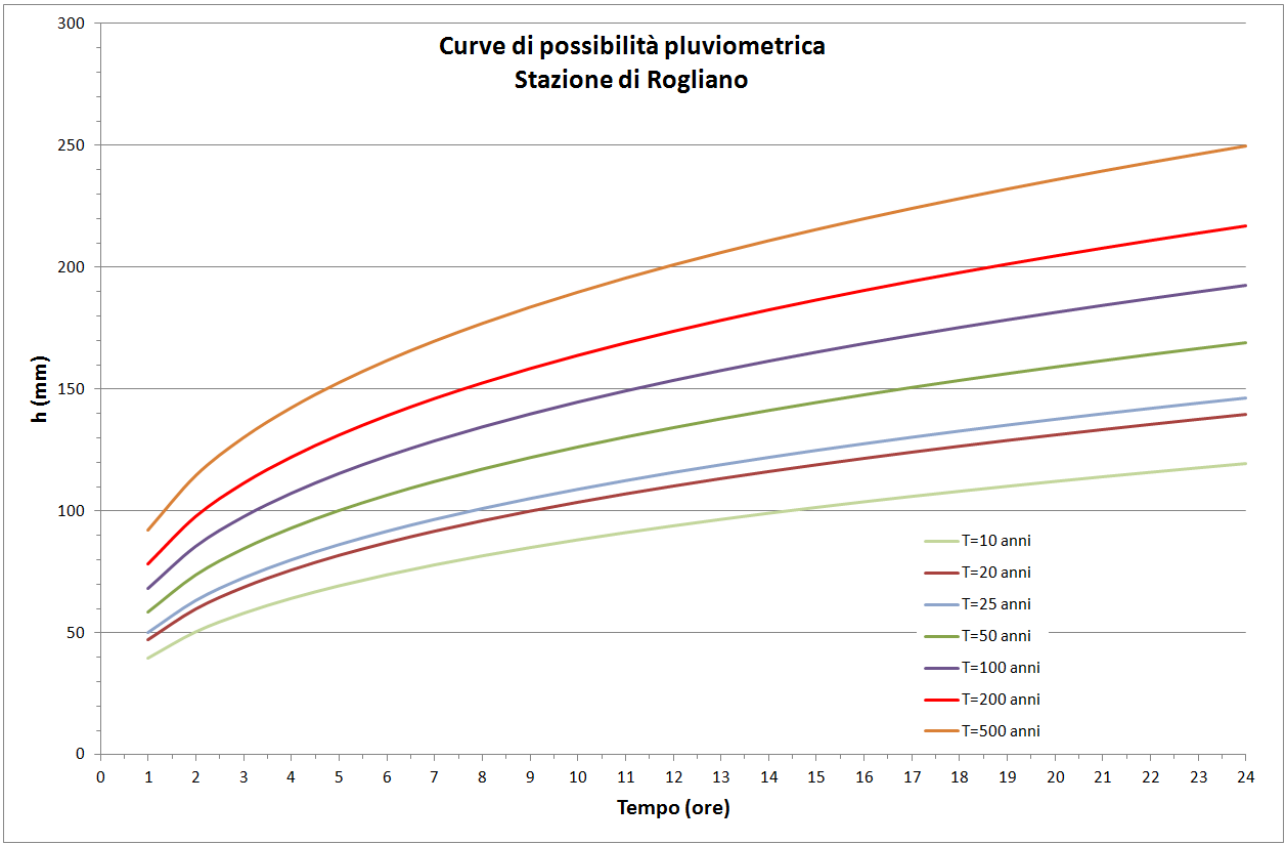
$$\Phi = 1\text{-}1/T$$

T (tempo ritorno)	Φ	h_T 1 ora (mm)	h_T 3 ore (mm)	h_T 6 ore (mm)	h_T 12 ore (mm)	h_T 24 ore (mm)
10	0.9	39.51	57.72	75.04	94.04	118.27
20	0.95	46.72	69.02	89.04	110.46	137.4
25	0.96	49.15	72.96	93.88	116.08	143.79
50	0.98	57.15	86.11	109.88	134.6	164.42
100	0.99	65.86	100.33	127.06	154.43	186.12
200	0.995	75.2	115.15	144.93	175.1	208.61
500	0.998	88.23	135.11	169.02	203.05	239.09

Interpolando i valori delle altezze di pioggia $h_{1,T}$, $h_{3,T}$, $h_{6,T}$ $h_{12,T}$ e $h_{24,T}$ ottenuti dalla legge TCEV, sono state ricavate, per T pari a 10, 20, 25, 50, 100, 200 e 500 anni, le curve di probabilità pluviometrica, rappresentate da un formula di tipo monomio del tipo:

$$h_{t,T} = a \cdot t^n$$

T (anni)	a	n
10	39.667	0.3466
20	47.315	0.3403
25	49.942	0.3385
50	58.675	0.3327
100	68.203	0.3267
200	78.331	0.3208
500	92.289	0.3135



La curva di probabilità pluviometrica rappresenta il principale dato d'ingresso dei modelli afflusso-deflusso. Per quanto concerne gli eventi di durata minore a due ore è stato dimostrato esistere un legame funzionale tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ e quella di durata 60 minuti $h_{60,T}$ così esprimibile:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{s};$$

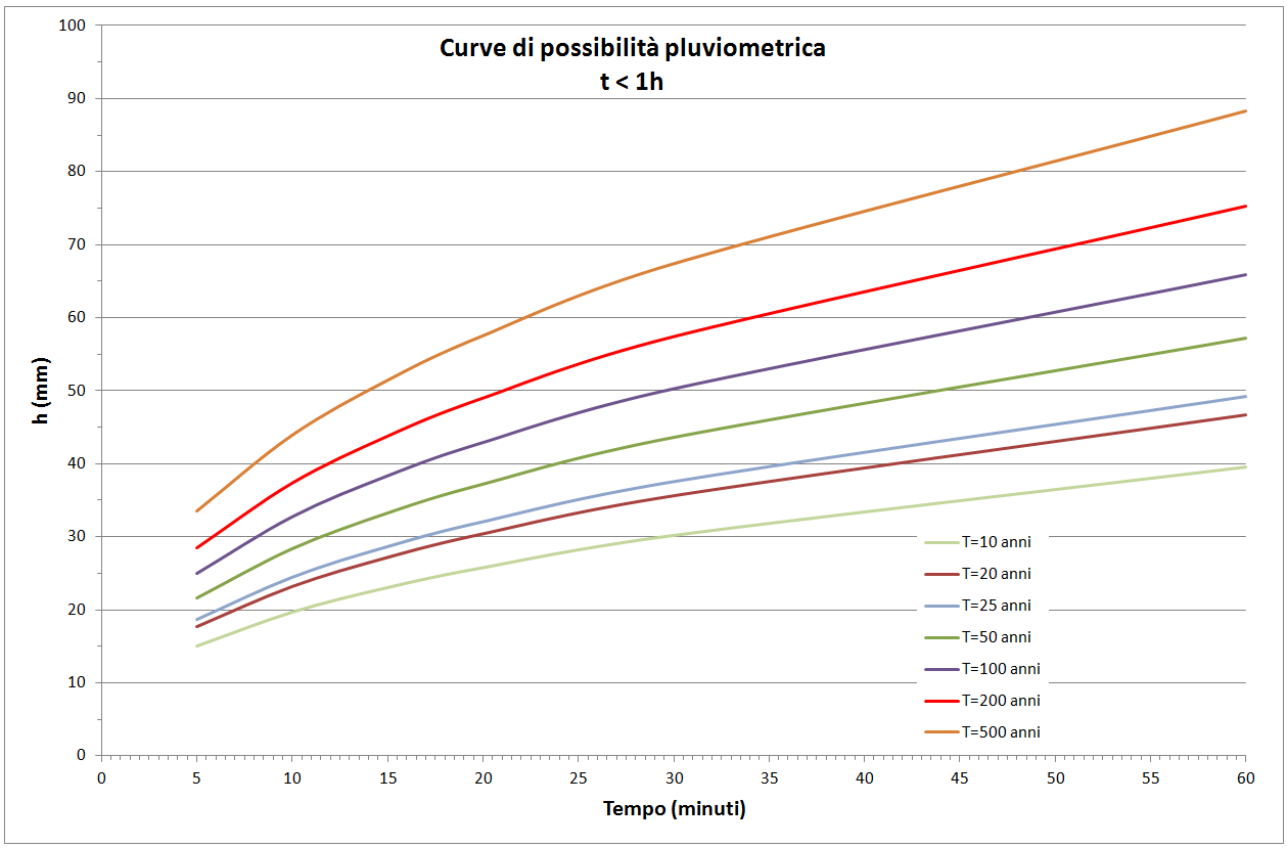
in cui s è un coefficiente che assume un diverso valore numerico in dipendenza della regione in esame.

Nel caso della Calabria s assume un valore pari a 0,39.

Pertanto le curve di probabilità pluviometrica per eventi di breve durata e prefissato tempo di ritorno possono essere formulate come segue:

$$h_{t,T} = a \cdot t^n$$

	$h = a \times t^n$	
T (anni)	a	n
10	39.51	0.39
20	46.72	0.39
25	49.15	0.39
50	57.15	0.39
100	65.86	0.39
200	75.2	0.39
500	88.23	0.39



5.2 ANALISI IDRAULICA

Stima delle massime portate al colmo di piena

La valutazione della portata massima per la verifica del dimensionamento delle opere idrauliche in progetto è stata eseguita con riferimento a modelli matematici di tipo puntuale, utilizzando il Metodo Razionale.

Tale metodo, considera i parametri geomorfologici del bacino assumendo che le Precipitazioni siano distribuite uniformemente su di esso, la portata stimata abbia lo stesso tempo di ritorno di quello dell'intensità di pioggia, il tempo di formazione del colmo di piena sia pari a quello della fase di riduzione, l'intensità di pioggia abbia una durata pari a quella del tempo di corrivazione.

La portata al colmo a prefissato tempo di ritorno, stimata con il metodo razionale, è espressa dalla relazione:

$$Q_{T,colmo} = \varphi \cdot i_c \cdot A/3{,}6 \quad (m^3/s)$$

dove:

φ: coefficiente di afflusso posto pari ad 0,8;

A: superficie scolante, espressa in km^2;

$i_c = h_{t,T} \cdot t_c^{-1}$ intensità della pioggia critica, espressa in mm/h e di durata pari al tempo di corrivazione t_c

La determinazione del tempo di corrivazione dei bacini imbriferi dei fossi naturali interferenti con infrastruttura viaria, è stata effettuata attraverso le formulazioni proposte da Pezzoli, Ventura, Kirpich, Pasini e Pugliesi, riportate di seguito.

Pezzoli

$$T_c = 0.055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i}}$$

dove:

- i è la pendenza media dellasta principale;
- L è la lunghezza dell'asta principale (km)

Ventura

$$T_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{i}}$$

dove:

- i è la pendenza media dell'asta principale (m/m)
- S è la superficie del bacino idrografico (kmq)

Kirpich

$$T_c = 0.066 \cdot L^{0.77} \cdot \left[1000 \cdot \frac{L}{(H_{max} - H_{min})}\right]^{0.385}$$

dove:

- H_{max} è la quota massima del bacino (m.slm)
- H_{min} è la quota massima del bacino (m.slm)
- L è la lunghezza dell'asta principale (km)

Pasini

$$T_c = 0.108 \cdot \frac{(S \cdot L)^{1/3}}{i^{0.5}}$$

dove:

- i è la pendenza media dell'asta principale (m/m)
- S è la superficie del bacino idrografico (kmq)
- L è la lunghezza dell'asta principale (km)

						Tc Tempo di corrivazione				
Bacino	S	Hmax	Hmin	pendenza asta		Kirpich	Pezzoli	Ventura	Pasini	Media
n°	[m2]	[m slm]	[m slm]	[m/m]		[min]	[min]	[min]	[min]	[min]
1	558 997	580	157	0.276		9.0	9.6	10.9	11.7	10.3
2	406 007	580	143	0.241		10.8	12.2	9.9	11.9	11.2
3	22 059	215	133	0.304		2.3	1.6	2.1	2.1	2.0
4	73 121	310	122	0.342		3.8	3.1	3.5	3.8	3.5
5	373 171	516	119	0.263		9.1	9.7	9.1	10.4	9.6
6	93 092	260	106	0.262		4.4	3.8	4.6	4.8	4.4
7	590 511	450	68	0.237		9.9	10.9	12.0	13.1	11.5
8	106 750	210	77	0.347		2.8	2.1	4.2	3.8	3.3
9	236 075	310	57	0.222		7.8	8.0	7.9	8.9	8.2
10	1 062 418	575	55	0.206		14.8	18.3	17.3	19.8	17.6
11	136 631	400	62	0.303		6.8	6.7	5.1	6.3	6.2
12	163 886	400	62	0.310		6.6	6.5	5.5	6.6	6.3
13	407 390	425	63	0.294		7.4	7.5	9.0	9.5	8.3
14	292 183	350	58	0.327		5.6	5.1	7.2	7.2	6.3
15	200 908	310	56	0.403		3.9	3.3	5.4	5.1	4.4
16	350 522	255	51	0.385		3.5	2.8	7.3	6.0	4.9
17	69 621	195	36	0.293		4.0	3.3	3.7	4.0	3.8
18	82 180	185	33	0.273		4.2	3.5	4.2	4.4	4.1

	T=100 anni					T=200 anni			
Bacino	h_{60min}	h_{TC}	i	Q		h_{60min}	h_{TC}	i	Q
n°	[mm]	[mm]	[mm/h]	[m^3/s]		[mm]	[mm]	[mm/h]	[m^3/s]
1	65.86	33.14	192	24.0		75.20	37.84	220	27.35
2	65.86	34.24	183	16.5		75.20	39.09	209	18.88
3	65.86	17.56	520	2.6		75.20	20.05	595	2.91
4	65.86	21.85	369	6.0		75.20	24.95	422	6.86
5	65.86	32.18	201	16.7		75.20	36.75	230	19.11
6	65.86	23.75	324	6.7		75.20	27.12	371	7.67
7	65.86	34.57	180	23.7		75.20	39.47	206	27.04
8	65.86	21.13	389	9.2		75.20	24.12	445	10.56
9	65.86	30.24	222	11.7		75.20	34.53	254	13.33
10	65.86	40.79	139	32.9		75.20	46.57	159	37.57
11	65.86	27.22	262	8.0		75.20	31.08	299	9.09
12	65.86	27.35	260	9.5		75.20	31.23	297	10.83
11+12				17.4					19.92
13	65.86	30.52	219	19.9		75.20	34.84	250	22.68
14	65.86	27.33	260	16.9		75.20	31.21	298	19.32
15	65.86	23.84	322	14.4		75.20	27.22	369	16.46
16	65.86	24.78	303	23.7		75.20	28.29	347	27.03
17	65.86	22.35	357	5.5		75.20	25.52	408	6.31
16+17				29.2					33.33
18	65.86	23.07	339.66	6.2		75.20	26.35	388	7.08

Stima dei massimi livelli idrici

La verifica dell'altezza della lama d'acqua *h* defluente all'interno delle sezioni idrauliche di progetto e del conseguente franco di sicurezza è stata condotta risolvendo per tentativi l'equazione:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

in cui:

- A= superficie bagnata;
- R_H= raggio idraulico;
- K_s= coefficiente di scabrezza di Gauckler – Strickler pari a
  - $K_s = 75 \ m^{1/3} \cdot s^{-1}$ opere in cemento armato o calcestruzzo semplice
- i = pendenza longitudinale.

I risultati delle verifiche effettuate per le sezioni scatolari proposte sono riportati nelle tabelle seguenti.

Verifiche per T=100 anni

	Tipologia	Dim. interne	Qprog	base	altezza	altezza pelo libero	Per.tro bagnato	Area bagnata	Raggio Idraulico	coeff. Scabr. k	Pend enza	Qcalc	Velocità	Franco sicurezza
		[m]	[m^3/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m2]	[m]	[$m^{1/3}/s$]	[m/m]	[m3/s]	[m/s]	[m]
T0														
T1														
T2	Scatolare	4.00x4.00	6.0	4.0	4.0	0.2	4.3	0.6	0.1	75	0.240	6.0	9.9	3.85
T3	Scatolare	4.00x4.00	16.7	4.0	4.0	0.3	4.6	1.1	0.2	75	0.256	16.7	14.9	3.72
T4	Scatolare	2.50x2.50	6.7	2.5	2.5	0.2	3.0	0.6	0.2	75	0.222	6.7	11.8	2.27
T5	Scatolare	2.00x2.00	9.2	2.0	2.0	0.3	2.6	0.6	0.2	75	0.240	9.3	14.3	1.68
T6	Scatolare	4.00x4.00	11.7	4.0	4.0	0.3	4.6	1.2	0.3	75	0.094	11.7	9.5	3.69
T7	Scatolare	4.00x4.00	17.4	4.0	4.0	0.3	4.7	1.4	0.3	75	0.150	17.5	12.7	3.66
T8	Scatolare	4.00x4.00	19.9	4.0	4.0	0.5	4.9	1.8	0.4	75	0.081	19.9	10.9	3.55
T9	Scatolare	4.00x4.00	16.9	4.0	4.0	0.3	4.6	1.2	0.3	75	0.201	16.9	13.8	3.69
T10	Scatolare	2.50x2.50	14.4	2.5	2.5	0.7	3.8	1.7	0.4	75	0.040	14.4	8.6	1.83
T11	Scatolare	4.00x4.00	29.2	4.0	4.0	0.4	4.8	1.7	0.3	75	0.224	29.2	17.4	3.58
T12	Scatolare	2.50x2.50	6.2	2.5	2.5	0.3	3.1	0.7	0.2	75	0.096	6.2	8.7	2.22

Verifiche per T=200 anni

	Tipologia	Dim. interne	Qprog	base	altezza	altezza pelo libero	Per.tro bagnato	Area bagnata	Raggio Idraulico	coeff. Scabr. k	Pend enza	Qcalc	Velocità	Franco sicurezza
		[m]	[m^3/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m2]	[m]	[$m^{1/3}/s$]	[m/m]	[m3/s]	[m/s]	[m]
T0														
T1														
T2	Scatolare	4.00x4.00	6.9	4.0	4.0	0.2	4.3	0.7	0.2	75	0.240	6.9	10.4	3.84
T3	Scatolare	4.00x4.00	19.1	4.0	4.0	0.3	4.6	1.2	0.3	75	0.256	19.1	15.6	3.69
T4	Scatolare	2.50x2.50	7.7	2.5	2.5	0.2	3.0	0.6	0.2	75	0.222	7.7	12.3	2.25
T5	Scatolare	2.00x2.00	10.6	2.0	2.0	0.4	2.7	0.7	0.3	75	0.240	10.6	14.9	1.65
T6	Scatolare	4.00x4.00	13.3	4.0	4.0	0.3	4.7	1.3	0.3	75	0.094	13.3	10.0	3.67
T7	Scatolare	4.00x4.00	19.9	4.0	4.0	0.4	4.7	1.5	0.3	75	0.150	19.9	13.4	3.63
T8	Scatolare	4.00x4.00	22.7	4.0	4.0	0.5	5.0	2.0	0.4	75	0.081	22.7	11.5	3.51
T9	Scatolare	4.00x4.00	19.3	4.0	4.0	0.3	4.7	1.3	0.3	75	0.201	19.3	14.5	3.67
T10	Scatolare	2.50x2.50	16.5	2.5	2.5	0.7	4.0	1.8	0.5	75	0.040	16.5	8.9	1.76
T11	Scatolare	4.00x4.00	33.3	4.0	4.0	0.5	4.9	1.8	0.4	75	0.224	33.3	18.3	3.54
T12	Scatolare	2.50x2.50	7.1	2.5	2.5	0.3	3.1	0.8	0.2	75	0.096	7.1	9.1	2.19

Come si evince dalle tabelle di cui sopra, le portate centennali e duecentennali sono interamente contenute nelle sezioni scatolari previste con livelli idrici che garantiscono un ampio franco idraulico.