



**REALIZZAZIONE DEL NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE  
DI SANTA TERESA VAL D'AGRO' DELL'AUTOSTRADA A18 MESSINA  
CATANIA E CORRISPONDENTI COLLEGAMENTI ALLA VIABILITA' ORDINARIA**  
CUP: F91B13000720001 CIG: 8059580FCD



**PROGETTAZIONE**

Mandataria:



**PROGER S.p.A.**  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI

Mandante:



**PROGIN S.p.A.**  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Lorenzo INFANTE



**DINAMICA s.r.l.**  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Antonino SUTERA

PROJECT MANAGER DELL'R.T.I.:	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Carlo LISTORTI	Dott. Ing. Antonio GRIMALDI
PROJECT MANAGER ASSISTANT:	Dott. Ing. Salvatore RUSSO
PROGETTAZIONE INFRASTRUTTURALE:	Dott. Ing. Lorenzo INFANTE
	Dott. Ing. Michele PIRRO
PROGETTAZIONE STRUTTURALE:	Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI
	Dott. Ing. Paolo IORIO
PROGETTAZIONE IMPIANTI TECNOLOGICI:	Dott. Ing. Enrico D'ARGENZIO
GEOLOGO:	Dott. Geol. Marco SANDRUCCI
RESPONSABILE GEOTECNICA:	Dott. Ing. Ylenia MASCARUCCI
ESPERTO IDROLOGIA ED IDRAULICA:	Dott. Ing. Umberto RICCI
COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:	Dott. Ing. Davide FERLAZZO
RESPONSABILE INTERFERENZE E ESPROPRI:	Geom. Antonino CHILLE'
RESPONSABILE DELLA QUALITA':	Dott. Ing. Jacopo BENEDETTI
GIOVANE PROFESSIONISTA:	Dott. Ing. Domenico DICUONZO

**PROGETTO DEFINITIVO**

**STUDI GENERALI  
IDROLOGIA E IDRAULICA  
Relazione idrologica ed idraulica**

Questo elaborato è di proprietà della Proger S.p.A. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

Commessa	Nome File	Codice Elaborato			Rev	Scala			
P20062	D0107-GRL01_01.dwg	D	01	07	G	RL	01	01	-

REVISIONI	REV.	DATA	MOTIVAZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	-	-	-	-	-	-
	01	10/05/2021	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI CAS	CUTRUPI	RUSSO	RUSSO
	00	25/01/2021	EMISSIONE	CUTRUPI	RUSSO	RUSSO

RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

R.U.P.: Dott. Ing. Onofrio CRISAFULLI  
Supp. R.U.P.: Dott. Ing. Adriano GRASSI

VISTI/APPROVAZIONI:

Mandataria



Mandante



---

Comune di Santa Teresa Di Riva

Realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Santa Teresa Val d'Agrò dell'autostrada A18 Messina - Catania e corrispondenti collegamenti alla viabilità ordinaria

## **RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

---

Comune di Santa Teresa Di Riva

Realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Santa Teresa Val d'Agrò dell'autostrada A18 Messina - Catania e corrispondenti collegamenti alla viabilità ordinaria

## RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>BACINO IDROGRAFICO FIUMARA AGRÒ .....</b>	<b>6</b>
	3.1 Inquadramento geografico .....	6
	3.2 Caratteristiche morfologiche e idrografiche.....	8
<b>4</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO.....</b>	<b>10</b>
	4.1 Analisi delle precipitazioni.....	10
	4.2 Tempo di corrivazione.....	12
	4.3 Coefficiente di deflusso.....	13
	4.4 Calcolo della portata mediante il metodo razionale.....	14
<b>5</b>	<b>STUDIO IDRAULICO .....</b>	<b>16</b>
	5.1 Condizioni di deflusso allo stato attuale .....	17
	5.2 Risultati della modellazione .....	18
<b>6</b>	<b>SISTEMA DI DRANAGGIO .....</b>	<b>27</b>

Mandataria



Mandante





## RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

### 1 INTRODUZIONE

Nel presente elaborato si riportano lo studio idrologico e lo studio idraulico condotti nell'ambito del progetto avente ad oggetto *“Realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Santa Teresa Val d'Agrò dell'autostrada A18 Messina - Catania e corrispondenti collegamenti alla viabilità ordinaria - CUP: F91B13000720001 - CIG: 8059580FCD”*.

Il seguente studio è stato redatto in accordo agli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolar modo rispetto al P.A.I., Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana (dicembre 2004 e successivi aggiornamenti).

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) costituisce un importante strumento conoscitivo, normativo e tecnico mediante il quale sono programmate e pianificate azioni, norme d'uso ed interventi riguardanti l'assetto idrogeologico.

Il P.A.I. rappresenta, nel territorio della Regione Siciliana, i livelli di pericolosità e rischio derivanti dal dissesto idrogeologico relativamente alla dinamica dei versanti, alla pericolosità geomorfologica, alla dinamica dei corsi d'acqua, alla pericolosità idraulica e d'inondazione.

Lo studio idrologico è finalizzato alla determinazione della portata al colmo di piena che transita in corrispondenza della sezione di chiusura per un assegnato tempo di ritorno.

La stima della portata di piena per un assegnato tempo di ritorno può essere effettuata attraverso metodi diretti, elaborando cioè le misure di portata disponibili per il bacino in esame o per bacini idrologicamente simili, o metodi indiretti, facendo ricorso ad equazioni che permettono di ottenere la sola portata al colmo (formule empiriche, formula razionale) o a modelli di trasformazione afflussi-deflussi che individuano l'idrogramma di piena corrispondente ad un evento meteorico di assegnata durata e tempo di ritorno. I metodi indiretti, a loro volta, si classificano in empirici (consentono la valutazione della portata di massima piena sulla base dei soli parametri morfometrici del bacino, che generalmente si riducono all'area, prescindendo da qualsiasi osservazione idro-meteorologica diretta) ed analitici (utilizzano relazioni che tengono conto delle precipitazioni ed effettuano un bilancio idrologico anche se semplificato).

Ai metodi indiretti appartengono i modelli di piena che, attraverso la modellazione della trasformazione afflussi-deflussi, individuano l'idrogramma di piena corrispondente ad un evento meteorico di assegnata durata e tempo di ritorno, tenuto conto delle perdite per infiltrazione.

Il metodo utilizzato nel caso in esame, non avendo a disposizione un campione di dati storici su cui effettuare un'analisi diretta, è un metodo indiretto di tipo analitico il quale fornisce, sulla base di uno schema di bilancio idrologico in regime di piena, in cui figura la precipitazione di assegnato tempo di ritorno che determina l'evento di piena, la portata di frequenza probabile.

I tempi di ritorno considerati nel presente studio idrologico è di 50, 100 e 300 anni e la trattazione che segue può essere sinteticamente riassunta nelle seguenti fasi:

- 1) studio della piovosità al fine di condurre il calcolo dei parametri statistici necessari per la costruzione della curva di probabilità pluviometrica;
- 2) modellazione delle perdite idrologiche e determinazione della pioggia netta;
- 3) modellazione del trasferimento della pioggia netta alla sezione di chiusura del bacino e determinazione della portata al colmo di piena per assegnata frequenza.

Lo studio idraulico, partendo dai risultati ottenuti nell'ambito dello studio idrologico del bacino imbrifero della Fiumara Agrò, si prefigge lo scopo di verificare che nelle zone limitrofe alle opere previste in progetto non vi siano eventuali problematiche idrauliche.



## 2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

L'analisi condotta nel presente studio ha preso in considerazione gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore. Il principale è sicuramente il P.A.I., Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana che individua le aree a rischio idraulico ed idrogeologico.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Obiettivo principale del P.A.I. è infatti il perseguimento di un assetto territoriale che, in parallelo con le aspettative di sviluppo economico, minimizzi i possibili danni connessi al rischio idrogeologico.

La definizione di norme d'uso e di salvaguardia è finalizzata alla difesa idrogeologica, al miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, al recupero di situazioni di degrado e di dissesto, al ripristino e/o alla conservazione della naturalità dei luoghi, alla regolamentazione del territorio interessato dalle piene.

Il P.A.I. della Sicilia quindi tende ad ottimizzare la compatibilità tra la domanda di uso del suolo per uno sviluppo sostenibile del territorio e la naturale evoluzione geomorfologica dei bacini, nel quadro di una politica di governo del territorio rispettosa delle condizioni ambientali.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- 1) *conoscitiva*, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- 2) *normativa e prescrittiva*, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- 3) *programmatica*, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.



### 3 BACINO IDROGRAFICO FIUMARA AGRÒ

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona in esame è ubicata nel settore orientale della Sicilia, caratterizzato dalla presenza del sistema montuoso dei Monti Peloritani.

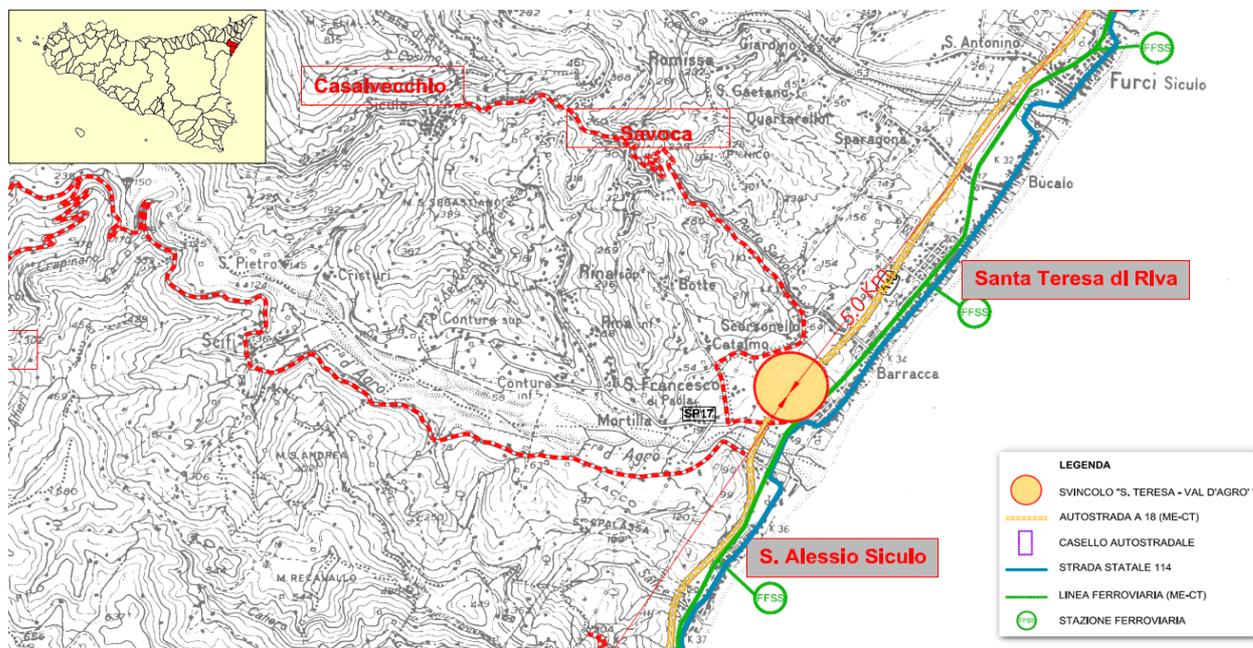


Figura 3.1 Inquadramento geografico

Il paesaggio dei Peloritani presenta una morfologia decisamente aspra, valli strette, con versanti scoscesi e accidentati, profondamente incise da numerosi torrenti dal bacino modesto e a notevole pendenza, alternati a rilievi che raggiungono quasi la quota massima di 1376 metri s.l.m., e modeste aree pianeggianti in corrispondenza della zona costiera e lungo il fondovalle alluvionale.

L'elevata pendenza media dei versanti rappresenta un ostacolo per lo sviluppo pedoagronomico del territorio e un fattore accelerante dei processi di erosione dei terreni e di formazione dei fenomeni di dissesto.

Nell'ambito territoriale del bacino è possibile distinguere tre settori con caratteristiche morfologiche differenti. I tratti morfologici più significativi che caratterizzano le tre fasce nell'area esaminata possono essere così individuati:

La **fascia montana** interessante quasi tutto il settore idrografico in studio, è caratterizzata da una morfologia tipicamente montuosa, aspra e accidentata con un paesaggio fortemente acclive. L'assetto morfologico è quello tipico dell'entroterra dei monti Peloritani in cui le pendici collinari presentano un aspetto piuttosto frastagliato a causa delle frequenti variazioni di pendenza dei terreni, della presenza di ripidi costoni e di un reticolo idrografico piuttosto fitto.

I rilievi sono solcati da incisioni vallive profonde e ramificate, articolate in vari tronchi collegati fra loro che, in occasione di piogge intense e copiose, danno luogo a piene dirompenti.

Nelle fasce collinari e medio-montane il manto vegetazionale contribuisce a mitigare le forme.

La **fascia intermedia**, di raccordo tra la zona costiera e quella montana, risulta interessata prevalentemente da un sistema collinare caratterizzato da acclività variabili con rilievi via via più aspri procedendo verso monte, e condizionato dalle coltri detritiche sedimentarie, con instabilità diffusa e resistenza all'erosione da moderata a bassa, oltreché da brusche rotture di pendenza in relazione all'accostamento di litologie estremamente varie. Prevalgono le conformazioni suborizzontali, meno accidentate dovute al livellamento nel fondovalle del substrato sedimentario da parte della Fiumara.



La **fascia costiera**, ad andamento pianeggiante, caratterizzata da una stretta fascia litoranea che si estende in direzione sud-ovest nord-est dai centri abitati di Giardini Naxos a Santa Teresa di Riva, interrotta dalla presenza di ripidi costoni.

La circolazione idrica superficiale si esplica con modalità diverse in funzione dei diversi litotipi affioranti e delle diverse condizioni morfologiche.

Nel quadro morfologico dell'area peloritana fanno spicco elementi idrografici particolari, tipici dell'arco calabro-peloritano, denominati "Fiumare", contraddistinte da corsi d'acqua di ridotta lunghezza e pendenza notevole, soprattutto nella parte medio-alta del bacino, dove l'elevato trasporto solido è tale da assumere, in alcune porzioni del corso principale e nelle aste secondarie, il carattere di debris-flow (colata di detrito); di contro, nel tratto medio-terminale delle Fiumare si registrano pendenze relativamente basse e il letto ghiaioso-ciottoloso, molto ampio e apparentemente sproporzionato, testimonia impetuosità delle portate di piena. Inoltre esse sono caratterizzate da un regime idrologico marcatamente torrentizio, strettamente dipendente dalla distribuzione delle precipitazioni.

In corrispondenza degli affioramenti calcarei la circolazione idrica è caratterizzata dalla quasi totale assenza di reticolo idrografico, le acque di precipitazione in parte permeano la copertura detritica o le rocce fratturate, in parte defluiscono verso valle in modo disordinato e caotico, esplicando una intensa azione erosiva.

Dal punto di vista idrografico, secondo quanto indicato dal P.A.I., l'area di studio ricade all'interno di un territorio che ha un'estensione di 85,35 Km<sup>2</sup>, che risulta essere ricompreso tra il Bacino della Fiumara d'Agrò e l'area tra Fiumara d'Agrò - Torrente Savoca.

La Fiumara d'Agrò, che costituisce una delle aste principali che caratterizzano l'area, ha origini lungo le pendici di Montagna Grande (1.374 m s.l.m.). La direzione di scorrimento NW-SW e ha uno sviluppo lineare di circa 22 chilometri e sfocia nel Mar Ionio a nord dell'abitato di Sant'Alessio Siculo.

Il reticolo idrografico secondario è costituito da una serie di torrenti e valloni, a regime tipicamente torrentizio, confluenti a pettine nella Fiumara stessa.

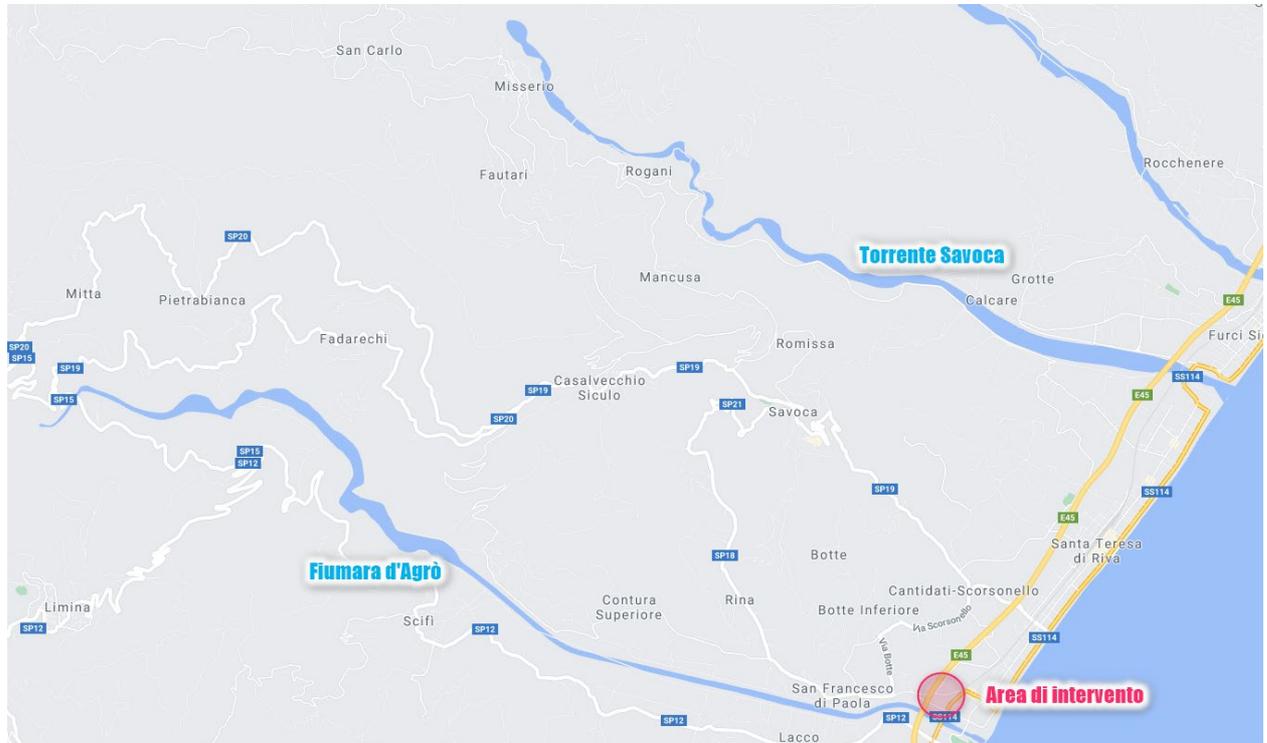


Figura 3.2 Reticolo idrografico



### 3.2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E IDROGRAFICHE

La fiumara d'Agrò ha un bacino imbrifero contraddistinto da un consistente reticolo di affluenti laterali, con maggiore ampiezza nella parte medio alta e più ristretta nella parte terminale valliva.

I limiti di bacino sono rappresentati dal torrente Alcantara e dal torrente Letojanni a Sud, dal torrente Savoca a Nord e con un tratto del crinale principale dei Peloritani a ovest.

L'asta torrentizia principale ha origine ad una **quota** di m. **1374** (s.l.m.) ed uno suo **sviluppo** di circa km **22** con un andamento leggermente tortuoso nella parte montana e pedemontana, con incisioni strette ed incassate nella parte montana più rocciosa, e andamento più rettilineo, quasi ortogonale alla costa, nella parte valliva caratterizzata anche da una sezione dell'alveo più ampia e sovralluvionata.

La **pendenza media** dell'asta torrentizia è di circa il **6%** e i suoi affluenti principali sono i torrenti Girasia, Crapinaro e Antillo.

Come si può notare dalla cartografia e dal rilievo topografico a supporto della progettazione, la sezione dell'alveo è di diverse decine di metri già a vari chilometri dalla linea di costa e raggiunge i m 250 nella zona di foce.

I deflussi sono moderati per gran parte dell'anno e si manifestano in occasione dei periodi di pioggia; in tali occasioni si possono avere anche fenomeni di forti piene in relazione ad eventi di pioggia brevi ma intensi. Durante il periodo di magra il deflusso superficiale si riduce fino a scomparire nei mesi caldi.

L'area del bacino interessa il territorio comunale di 8 comuni, al suo interno ricadono i centri abitati di Antillo, Limina, Savoca e Casalvecchio e la frazione di Scifi.

Si riportano sinteticamente tutti i dati principali riguardanti il bacino idrografico dell'Agrò:

- **Versante:** orientale (Ionico);
- **Provincia:** Messina;
- **Compartimento idrografico:** Palermo;
- **Bacino idrografico principale:** Fiumara d'Agrò;
- **Recapito del corso d'acqua:** Mare Ionio;
- **Superficie totale del bacino imbrifero (Kmq):** 88,35;
- **Affluenti:** Antillo, Scifi, Brise, V.ne Licastro;
- **Serbatoi ricadenti nel bacino:** nessuno
- **Altitudine minima (m.s.m.):** 0,00;
- **Altitudine massima (m.s.m.):** 1.374;
- **Lunghezza dell'asta principale (Km):** 22;
- **Utilizzazione prevalente del suolo:** Seminativo 38%; Prato e pascolo 11%; Colture arboree 34%.
- **Comuni ricadenti nel bacino:** Antillo, Casalvecchio Siculo, Castelmola, Forza d'Agrò, Giardini Naxos, Limina, Roccafiorita, S. Alessio Siculo, S. Teresa Riva, Savoca.

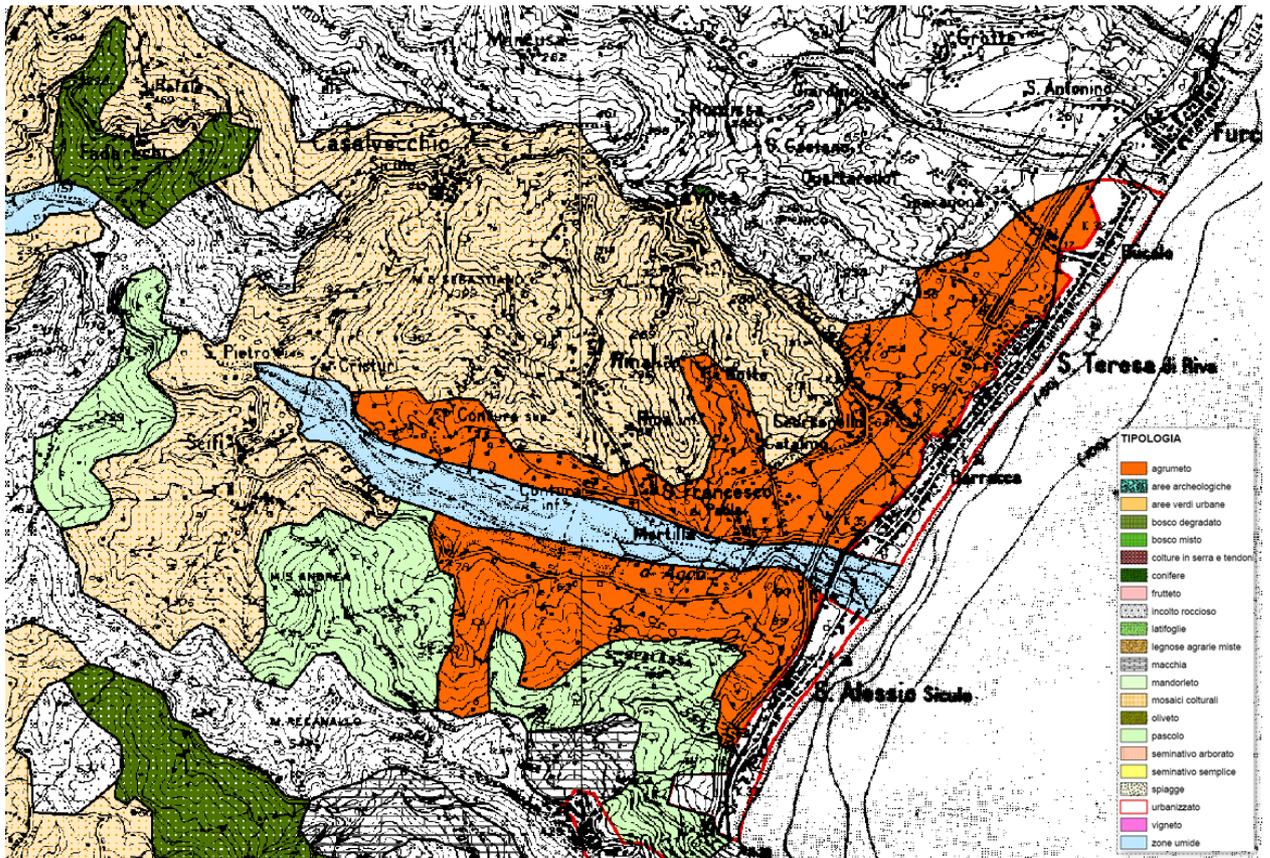


Figura 3.3 Stralcio PAI - Carta uso suolo

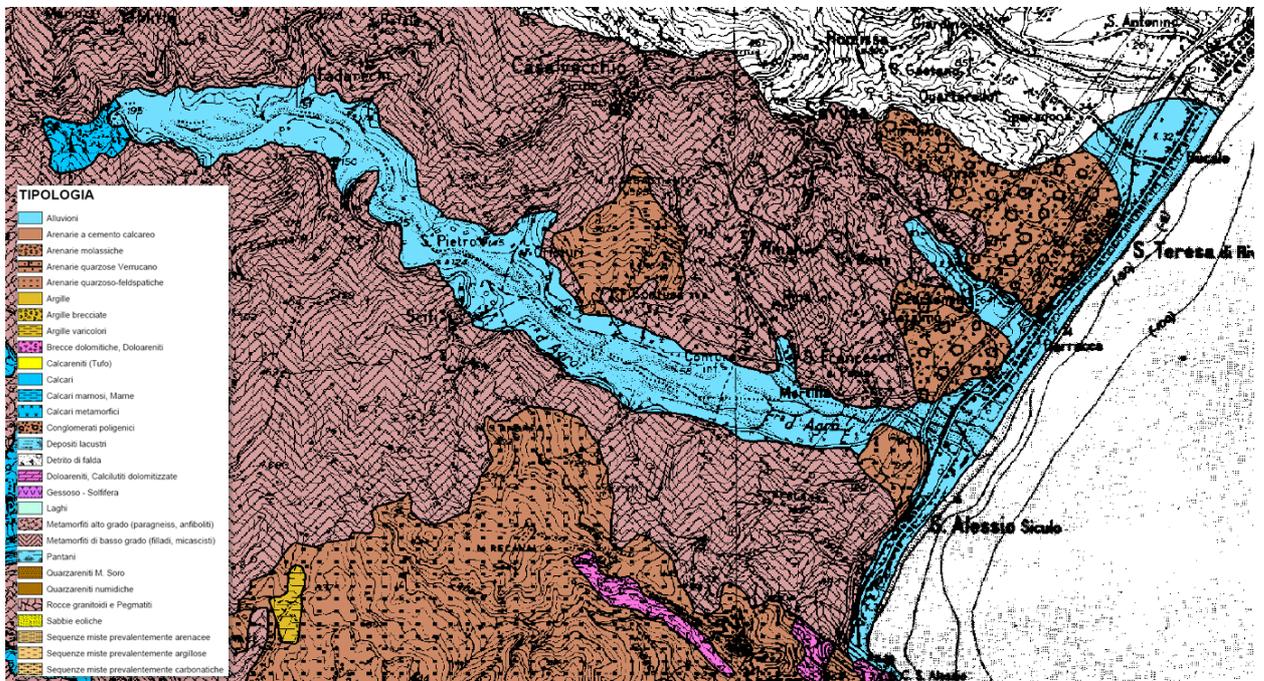


Figura 3.4 Stralcio PAI - Carta litologica



Figura 3.5 Perimetrazione bacino imbrifero Agrò

## 4 STUDIO IDROLOGICO

### 4.1 ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI

L'analisi delle precipitazioni è stata condotta facendo riferimento ai dati raccolti dalle stazioni pluviometrica denominata Casalvecchio Siculo, Ali Terme e Antillo, altitudine 54 m s.l.m., per le quale vengono prese in considerazione le massime altezze di pioggia annuali (*Annual Maxima Series*) di durata pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore, nel periodo compreso tra il 1961 ed il 1996.

Tabella 4.1 Dati pluviometrici

Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
<b>1961</b>	22,4	36,8	53,2	76,4	79,2
<b>1962</b>	24,8	51,6	52,4	52,8	52,8
<b>1963</b>	30,8	50,6	55,4	65	70,6
<b>1964</b>	64,6	154,2	165,2	166,4	166,4
<b>1965</b>	46,4	52,8	72,8	78,2	83,6
<b>1967</b>	33,2	38,2	43,4	60,4	75,2
<b>1968</b>	17,6	13	22	27,6	37,6
<b>1969</b>	16,8	34,2	35,8	43,2	62,6
<b>1970</b>	17,8	27,6	37,8	54,2	54,2
<b>1972</b>	63,6	92,8	94,6	99,4	109,2
<b>1973</b>	20,8	40,2	44,8	54	58,2
<b>1975</b>	16,6	27,6	37	37	37
<b>1976</b>	48	57,8	65	78	105
<b>1978</b>	36,2	71,2	74,0	85,6	92,4
<b>1979</b>	24,4	45,6	46,8	48,8	100,4



<b>1980</b>	21,4	25,8	30,0	42,8	63,4
<b>1981</b>	17,8	31,0	38,8	58,8	81,8
<b>1982</b>	38,6	45,8	52,2	52,2	61,8
<b>1984</b>	73,0	104,6	201,0	201,0	201,0
<b>1985</b>	112,8	207,2	240,2	240,2	140,2
<b>1986</b>	22,6	29,4	32,6	33,4	34,8
<b>1987</b>	75,0	118,2	118,2	118,2	118,2
<b>1988</b>	23,2	29,8	41,6	41,6	41,6
<b>1989</b>	23,4	24,2	40,0	40,0	40,0
<b>1991</b>	58,0	72,6	87,0	87,0	87,0
<b>1992</b>	19,8	27,4	33,0	33,0	33,0
<b>1994</b>	37,0	47,6	59,6	64,0	64,2
<b>1995</b>	37,0	52,4	60,4	73,0	90,4
<b>1996</b>	61,0	85,2	104,0	143,4	199,6

L'insieme delle osservazioni relative all'altezza massima di precipitazione di assegnata durata rilevata in una stazione pluviometrica costituisce un campione di dati che, considerato come estratto da una popolazione, è suscettibile di essere interpretato per mezzo di un modello probabilistico.

In genere, le piogge di massima intensità seguono abbastanza bene la legge di distribuzione di probabilità di GUMBEL, pertanto, si può ipotizzare che essa si adatti bene al campione di dati.

La legge di probabilità di GUMBEL è espressa attraverso la seguente formula:

$$P(x) = e^{-e^{-\alpha(x-x_0)}}$$

che esplicitata rispetto alla variabile  $x$  si scrive:

$$x = x_0 - \ln [-\ln P(x)]/\alpha$$

dove:

- $P(x)$  è la probabilità di non superamento, legata al tempo di ritorno ( $T_R$ ) dalla relazione

$$P(x) = \frac{T_R - 1}{T_R}$$

- $\alpha$  è il primo dei due parametri della distribuzione di probabilità valutato tramite il metodo dei momenti:

$$\alpha = \frac{1,283}{s}$$

- $x_0$  è il secondo parametro della distribuzione di probabilità, anch'esso valutato tramite il metodo dei momenti:

$$x_0 = \mu(x) - \frac{0,57721}{\alpha}$$

- $\mu(x)$  è la media dei valori di altezze di pioggia relativi alla generica durata;
- $s$  è lo scarto quadratico medio dei valori di altezze di pioggia relativi alla generica durata.

I parametri della distribuzione di probabilità vengono calcolati per ciascuna durata di pioggia ( $1, 3, 6, 12$  e  $24$  ore) e, successivamente, vengono utilizzati per determinare la curva di probabilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno attraverso l'equazione:

$$h(t) = a \cdot t^n$$

nella quale i coefficienti  $a$  ed  $n$  si ricavano con l'ausilio delle formule di approssimazione ai minimi quadrati:

$$n = \frac{\sum_i (t_i' - \mu(t_i')) \times (h_i' - \mu(h_i'))}{\sum_i (t_i' - \mu(t_i'))^2}$$

$$a = e^{(\mu(h') - n \cdot \mu(t'))}$$

con

- $t'_i = \ln(t_i)$
- $h'_i = \ln(h_i)$

Si riportano di seguito i valori dei parametri caratteristici delle distribuzioni di probabilità relative alle diverse durate (1, 3, 6, 12 e 24 ore) e al tempo di ritorno considerato (5, 10, 25, 30, 40, 50, 100, 200, 500 anni), necessari per il tracciamento della curva di probabilità pluviometrica.

Tale curva si ottiene riportando su un diagramma cartesiano i punti corrispondenti alle altezze di pioggia valutate per un intervallo temporale che comprende le durate di riferimento della stazione pluviometrica.

Curve pluviometriche al variare dei tempi di ritorno

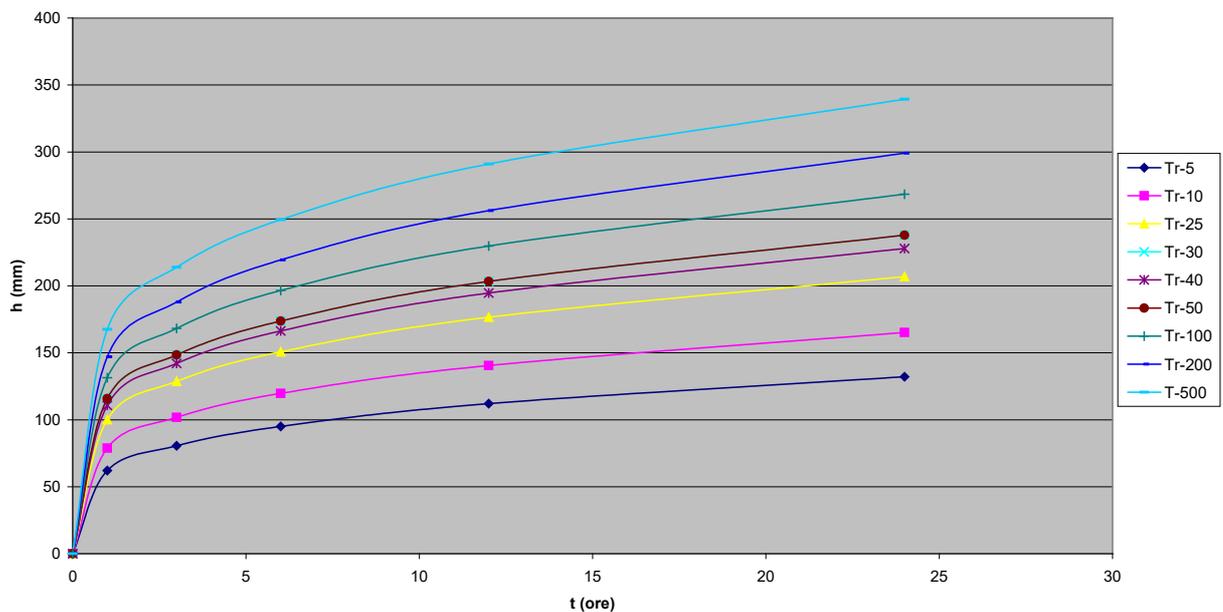


Figura 4.1 Curve di probabilità pluviometrica in funzione di Tr

## 4.2 TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione di un bacino rappresenta il tempo necessario affinché una particella d'acqua, caduta nel punto idraulicamente più lontano, raggiunga la sezione di chiusura.

Nel caso in esame, il calcolo del tempo di corrivazione è stato effettuato utilizzando la formula di GIANDOTTI e presenta la seguente espressione:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{\Delta H}}$$

in cui

- $t_c$  è il tempo di corrivazione misurato in ore;
- $S$  è l'area del bacino misurata in kmq;
- $L$  è la lunghezza dell'asta principale misurata in km;
- $\Delta H = H_m - h_0$ ;
- $H_m$  è l'altitudine media del bacino misurata in metri;
- $h_0$  è la quota della sezione di chiusura.

I valori del tempo di corrivazione ottenuti per il bacino applicando la suddetta formula di GIANDOTTI è pari a **3,05 ore**.



### 4.3 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso tiene conto della riduzione di afflusso meteorico per effetto delle caratteristiche di permeabilità dei suoli ricadenti nel bacino e della copertura vegetale presente e rappresenta la quota di precipitazione efficace ai fini della formazione delle portate.

Ovviamente, il coefficiente risulta altresì dipendente dall'entità della pioggia, potendosi ritenere che per piogge di lieve consistenza l'influenza dei parametri sopra descritti sia molto maggiore, e vada invece diminuendo man mano che le caratteristiche dell'evento meteorico aumentano; questa dipendenza viene ad essere quindi direttamente correlabile al valore del periodo di ritorno  $T_R$ .

In particolare, il coefficiente di deflusso:

- cresce considerevolmente con il tempo di ritorno, perché le piogge più forti provocano la completa imbibizione del terreno;
- cresce con la pendenza del terreno che, riducendo le altezze idriche e i tempi di scorrimento, comporta anche una diminuzione dei volumi filtrati e di quelli trattenuti nelle depressioni;
- cresce al ridursi della copertura erbosa, che esplica un considerevole effetto di trattenuta.

Per la determinazione del coefficiente di deflusso si utilizza la formula empirica di *Aureli A. (1982)* che relaziona il coefficiente di permeabilità **K** (che tiene conto della permeabilità intrinseca dei terreni, nonché dell'effetto su tale parametro determinato dalla vegetazione presente nel bacino) con **Cd**:

$$Cd = 0.2136 + 0.7514 \times K$$

con

- $K = M \cdot \delta$ ;
- M parametro introdotto da Aronica a Paltrinieri che tiene conto della coltura presente nell'area;
- $\delta$  coefficiente introdotto da Aureli e Musarra che tiene conto dei tipi litologici individuati e classificati secondo un criterio semplificativo, che tiene conto della loro permeabilità secondo la seguente classificazione:
  - impermeabili = argille; filladi;
  - semi impermeabili = marne; trubi; gessi; gneiss; tufi
  - mediamente permeabili = arenarie; detriti; puddinghe;
  - molto permeabili = lave recenti.

Nella tabella seguente si riportano i dati dei coefficienti summenzionati.

*Tabella 4.2 tabella riepilogativa dei coefficienti M e  $\delta$*

Coefficiente M		Coefficiente $\delta$	
		1,27	Terreni impermeabili
0,667	Terreni nudi	1,12	Terreni semi permeabili
0,250	Terreni coperti da erbe rade	0,96	Terreni poco permeabili
0,200	Terreni coperti da bosco	0,81	Terreni mediamente permeabili
0,167	Terreni coperti da prati permanenti	0,69	Terreni molto permeabili

Volendo effettuare una valutazione molto cautelativa, si è adottato per M il valore 0,51 e per  $\delta$  un valore di 1,27, ottenendo così per K il valore di 0,70.

Il coefficiente di deflusso è risultato essere pari a:

$$Cd = 0.2136 + 0.7514 \times K = 0.7$$



#### 4.4 CALCOLO DELLA PORTATA MEDIANTE IL METODO RAZIONALE

Il fenomeno di piena è dovuto a quella parte di precipitazione (pioggia netta) che, non essendo stata intercettata dalla vegetazione, non essendosi invasata in piccoli volumi nel bacino e non essendo riuscita a infiltrarsi nel terreno, forma un velo d'acqua superficiale (deflusso) che, scorrendo sui versanti e lungo il reticolo idrografico, raggiunge la sezione di chiusura del bacino imbrifero.

La stima della portata di piena per un assegnato tempo di ritorno può essere effettuata attraverso metodi diretti, elaborando cioè le misure di portata disponibili per il bacino in esame o per bacini idrologicamente simili, o metodi indiretti, facendo ricorso ad equazioni che permettono di ottenere la sola portata al colmo (formule empiriche, formula razionale) o a modelli di trasformazione afflussi-deflussi che individuano l'idrogramma di piena corrispondente ad un evento meteorico di assegnata durata e tempo di ritorno. I metodi indiretti, a loro volta, si classificano in empirici (consentono la valutazione della portata di massima piena sulla base dei soli parametri morfometrici del bacino, che generalmente si riducono all'area, prescindendo da qualsiasi osservazione idro-meteorologica diretta) ed analitici (utilizzano relazioni che tengono conto delle precipitazioni ed effettuano un bilancio idrologico anche se semplificato).

Ai metodi indiretti appartengono i modelli di piena che, attraverso la modellazione della trasformazione afflussi-deflussi, individuano l'idrogramma di piena corrispondente ad un evento meteorico di assegnata durata e tempo di ritorno, tenuto conto delle perdite per infiltrazione.

Il metodo utilizzato nel caso in esame, non avendo a disposizione un campione di dati storici su cui effettuare un'analisi diretta, è un metodo indiretto di tipo analitico il quale fornisce, sulla base di uno schema di bilancio idrologico in regime di piena, in cui figura la precipitazione di assegnato tempo di ritorno che determina l'evento di piena, la portata di frequenza probabile.

In particolare, si è utilizzato il metodo razionale che è un procedimento particolarmente semplice ed efficace per calcolare la portata al colmo di piena  $Q$  con un tempo di ritorno  $T_R$  assegnato alla sezione di chiusura di un bacino.

Il metodo assume la precipitazione uniformemente distribuita nello spazio e nel tempo e si fonda sull'utilizzo della curva di possibilità climatica della pioggia ragguagliata e sulle seguenti ipotesi:

- la portata al colmo di piena  $Q$  con assegnato tempo di ritorno è la maggiore, tra le portate al colmo di tutti gli eventi di piena a intensità costante ricavati dalla curva di possibilità climatica con tempo di ritorno  $T_R$ ;
- a parità di tempo di ritorno, la portata al colmo maggiore è prodotta dall'evento la cui durata è identica al tempo di corrvazione;
- la portata al colmo dell'evento di piena causato da una precipitazione ragguagliata rappresentata da un ietogramma a intensità costante di durata  $t_c$  è proporzionale al prodotto fra l'intensità di pioggia ragguagliata e l'area del bacino.

La portata  $Q$  per un tempo di ritorno  $T$  si esprime con la relazione:

$$Q_{(T)} = \frac{Cd h_{t_c, T} S}{t_c}$$

nella quale

- $Cd=0.7$  è il coefficiente di deflusso;
- $\frac{h_{t_c, T}}{t_c}$  è l'intensità media di pioggia ricavata dalla curva di possibilità climatica con tempo di ritorno  $T$  per una durata uguale al tempo di corrvazione  $t_c$ ;
- $S$  è l'area del bacino.

I valori delle portate ottenuti applicando il metodo razionale, utilizzando il tempo di corrvazione calcolato precedentemente, sono riportati nella tabella che segue.


*Tab. 4.1 - Valori delle portate*

		<b>Tr 50</b>	<b>Tr 100</b>	<b>Tr 300</b>
<b>Superficie bacino</b>	<b>S (Kmq)</b>	85,35	85,35	85,35
<b>Coeff. di deflusso</b>	<b>c</b>	0,70	0,70	0,70
<b>Tempo di corrivazione</b>	<b>tc (ore)</b>	3,05	3,05	3,05
<b>Altezza di pioggia (<i>Gumbel</i>)</b>	<b><math>h_{(tc,Tr)}</math> (mm)</b>	149,07	168,87	62,776
<b>Portata</b>	<b>Q (mc/s)</b>	<b>811.47</b>	<b>919.22</b>	<b>1089.26</b>



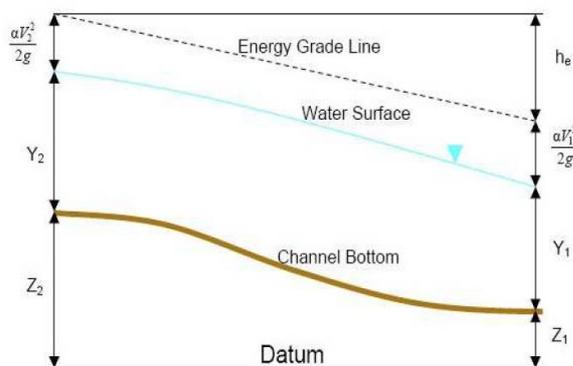
## 5 STUDIO IDRAULICO

Lo studio idraulico dell'asta torrentizia, partendo dai risultati ottenuti nell'ambito dello studio idrologico, analizza il comportamento idraulico del corso d'acqua in funzione della portata immessa in funzione dei tre tempi di Tr indicati nel P.A.I. (Tr=50, 100 e 300 anni).

La modellazione numerica è stata impostata sulla base delle sezioni trasversali dell'alveo, desunte dal rilievo topografico effettuato nell'ambito del presente progetto.

L'analisi delle condizioni di deflusso delle portate in alveo è stata svolta con l'ausilio del codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System), sviluppato dall'Hydrology Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers.

Tale modello risolve, attraverso il metodo delle differenze finite, l'equazione differenziale del moto permanente unidimensionale gradualmente vario, ed è in grado di mettere in conto fenomeni localizzati come variazioni di pendenza, di forma della sezione e delle caratteristiche di scabrezza dell'alveo e delle aree golenali, la presenza di ostacoli, etc.



Equazione di conservazione dell'energia:

$$y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot U_1^2}{2g} = y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot U_2^2}{2g} + h_e, \text{ con: } h_e = S_f \cdot L + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 \cdot U_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 \cdot U_1^2}{2g} \right|$$

Equazione di conservazione della quantità di moto:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = \rho \cdot Q \cdot (\beta_1 \cdot U_1 - \beta_2 \cdot U_2)$$

Figura 5.1 Modello impiegato dal codice di calcolo HEC-RAS

Il calcolo delle perdite energetiche viene svolto in base alle componenti dovute all'attrito (mediante l'equazione di Manning) ed agli effetti di contrazione/espansione del flusso (attraverso coefficienti applicati al cambio di velocità media della corrente fra due sezioni successive), con l'eccezione dei casi di repentino cambiamento della superficie liquida, in cui il programma passa automaticamente all'equazione dei momenti (condizioni di risalto, ma anche modellazione dell'attraversamento di ponti e tombini, etc.).

In virtù delle equazioni poste alla base del codice di calcolo, con specifico riferimento alla sussistenza della condizione di moto permanente, il codice di calcolo HEC-RAS si basa sulla validità delle seguenti ipotesi:

- 1) la portata è costante nel tempo nei vari tratti di canale/alveo (steady flow);
- 2) il moto della corrente idrica è monodimensionale;
- 3) il canale/alveo ha una pendenza sufficientemente piccola da poter ritenere che tiranti idrici siano misurabili secondo una direzione verticale, piuttosto che ortogonalmente alla linea di fondo;
- 4) la corrente è gradualmente variata.

Per tener conto delle perdite di energia dovute alla scabrezza superficiale si impiega la formula di Manning ed il relativo coefficiente  $n$ .

La selezione di un valore adeguato di coefficiente di scabrezza  $n$  riveste grande importanza per la corretta valutazione delle perdite di carico e di conseguenza riguarda tutto il calcolo. L'importanza di questo parametro è dovuta al fatto che risulta estremamente variabile e dipendente da un gran numero di fattori,



quali scabrezza delle superfici, forma e ampiezza del canale (rapporto tra profondità e larghezza della corrente), portate, livello del tirante idrico, vegetazione (con conseguenti possibili variazioni stagionali).

Le condizioni al contorno sono fondamentali per risolvere il problema del calcolo del profilo del pelo libero.

Le correnti lente necessitano di una condizione al contorno nell'ultima sezione di valle; mentre, quelle veloci, nella prima sezione di monte. Se la corrente è mista, le condizioni al contorno devono essere imposte sia a monte che a valle.

Il tracciamento dei profili parte dal valore di tirante liquido immesso dall'utente come condizione al contorno agli estremi del tratto considerato, e procede da monte verso valle o viceversa in funzione della tipologia di moto individuato nel calcolo (supercritico o subcritico rispettivamente).

Dal punto di vista numerico, per determinare l'elevazione (in termini assoluti) della superficie libera in una data sezione, il codice utilizza la seguente procedura, nell'ipotesi di corrente supercritica (nel caso di corrente subcritica il calcolo procede analogamente ma, come è noto, da valle verso monte):

- 1) viene assunta una data elevazione alla sezione a valle (downstream cross section) rispetto a quella nota (fornita dall'utente come condizione al contorno o calcolata al passo precedente);
- 2) sulla base del valore dell'elevazione di cui al punto 1, si determina il valore della portata e della velocità corrispondente;
- 3) sulla base dei valori di cui al punto 2, si calcola l'equazione del moto esplicitando l'ammontare delle perdite;
- 4) sulla base dei valori di cui ai punti 2 e 3, si risolve l'equazione del moto, ma questa volta in termini di elevazione della superficie liquida;
- 5) si confronta il valore ottenuto al passo 4 (WS, water surface elevation) con il valore assunto al passo 1; si ripete quindi l'intera procedura fino al raggiungimento della soglia di tolleranza imposta dall'utente.

Una serie di accorgimenti è generalmente necessaria per una corretta modellazione idraulica, come ad esempio la definizione delle aree ove vi è presenza di liquido ma componente di velocità trascurabile (*ineffective areas*), o aree in cui non vi è deflusso pur sussistendo il perimetro bagnato (*blocked obstruction*), etc.; tali strumenti devono essere utilizzati dal modellatore in base all'esperienza ed alla casistica specifica di ogni singolo calcolo.

## 5.1 CONDIZIONI DI DEFLUSSO ALLO STATO ATTUALE

Allo stato attuale, il fondo alveo è contraddistinto dalla presenza di materiale detritico fine, mentre sulle sponde è leggermente vegetato. Pertanto si è considerato un coefficiente di scabrezza di Manning pari a  $n = 0,045 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ , caratteristico dei canali con questo tipo di morfologia.

*Tabella 5.1 Coefficiente di scabrezza di Manning (Chow "Open-Channel Hydraulics")*

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>A. Natural Streams</i>			
<b>1. Main Channels</b>			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150

L'asta è stata studiata dal punto di vista idraulico inserendo nel modello di calcolo n. 38 sezioni (1-38), procedendo da valle verso monte.



Le sezioni rilevanti per il progetto sono quelle che vanno dalla **5** alla **9**, tuttavia si è scelto di avere un dominio di calcolo maggiore per minimizzare gli “effetti di bordo” nel modello numerico che avrebbero potuto comportare degli errori di calcolo.

Le portate inserite nella modellazione HEC-RAS sono quelle determinate nello studio idrologico per il tempo di ritorno di 50-100-300 anni, come raccomandato dal P.A.I., che si riportano qui di seguito:

*Tabella 5.2 Portate inserite nel modello di calcolo*

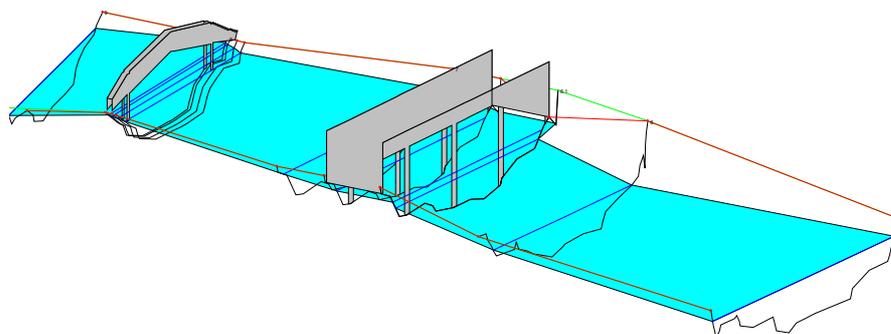
	Tr 50	Tr 100	Tr 300
Q (mc/s)	811.47	919.22	1089.26

## 5.2 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

Per il tratto compreso tra le sezioni 9 e 5, nei risultati della modellazione, **non si riscontrano fenomeni di allagamento**. Difatti, come si può notare nelle immagini seguenti, il tirante idrico per i tre diversi tempi di ritorno (linee blu) è sempre confinato all'interno delle sponde dell'asta fluviale. Tuttavia occorre evidenziare che nei tratti a valle dell'attraversamento della sede stradale della SS14, non oggetto di interesse nel caso in esame, si riscontrano dei potenziali fenomeni di allagamento (vedi sezione 4).



*Figura 5.2 Area di studio della Modellazione Hec Ras*



*Figura 5.3 Risultati di calcolo - vista prospettica dalla sezione 9 alla 5*

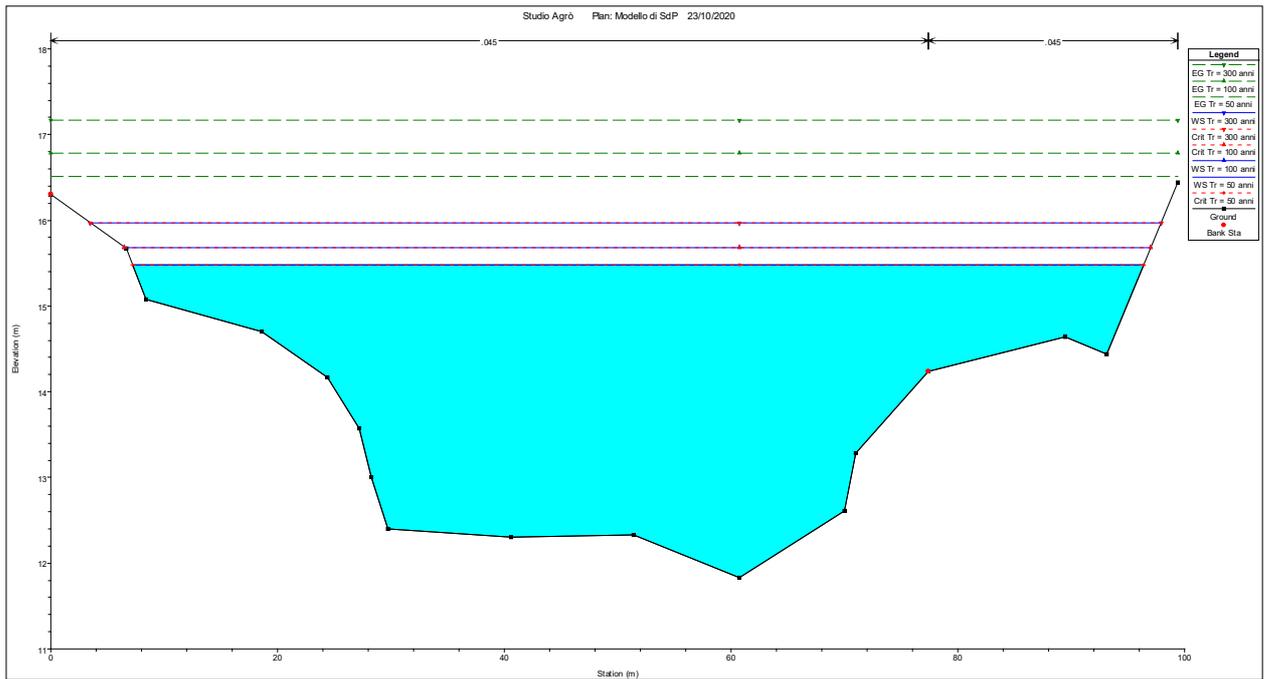


Figura 5.4 Sezione 9

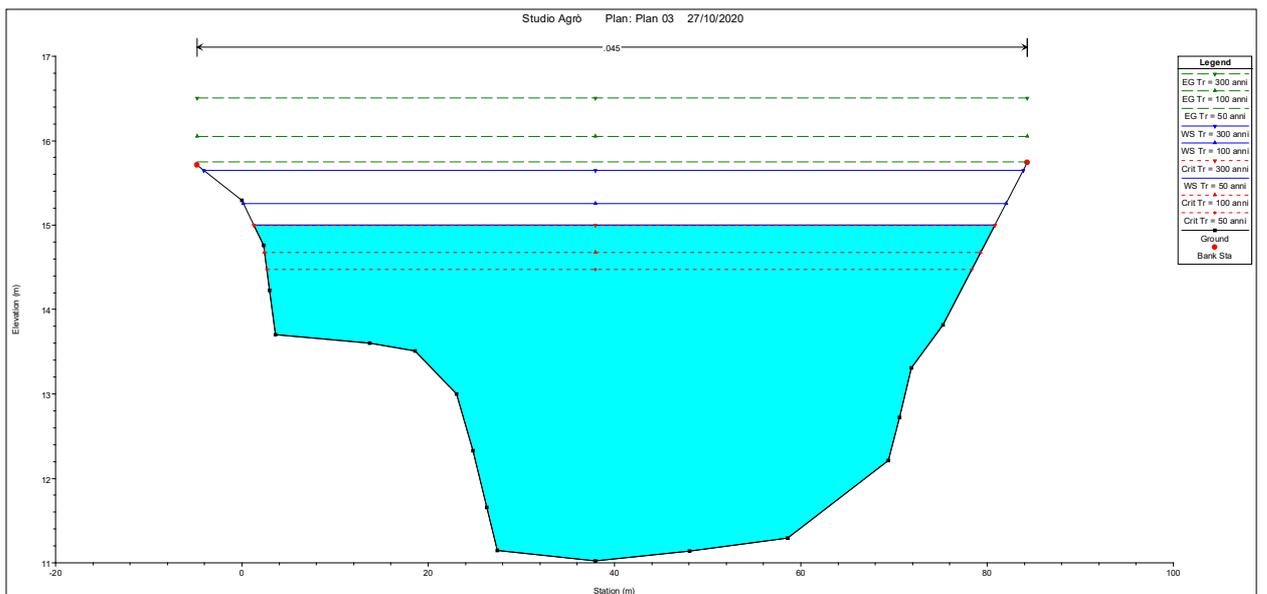


Figura 5.5 Sezione 8

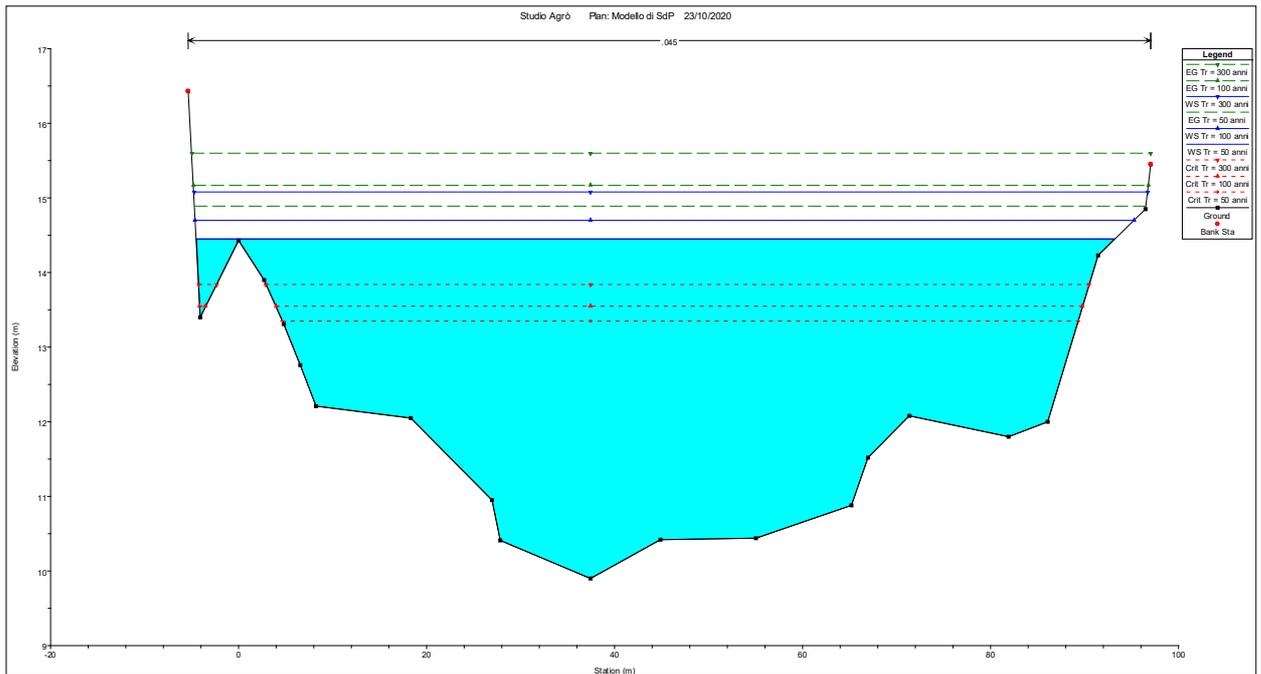


Figura 5.6 Sezione 7

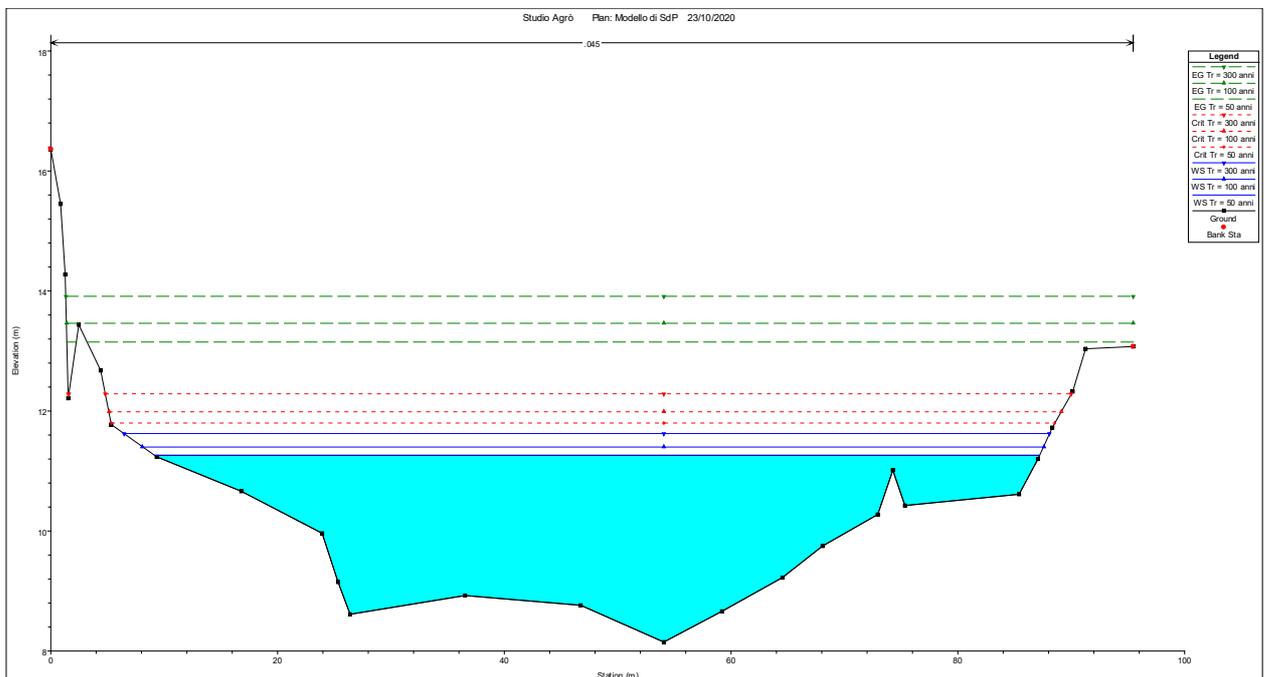


Figura 5.7 Sezione 6

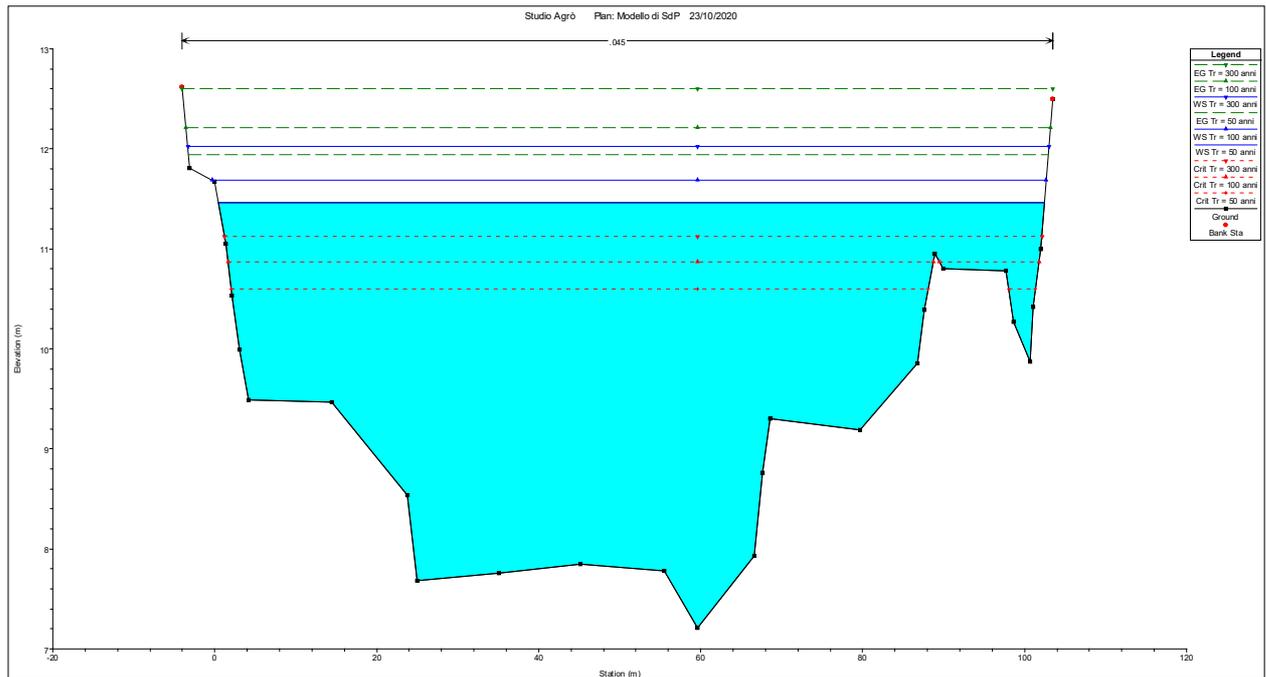


Figura 5.8 Sezione 5

A seguire, si riporta la tabella riassuntiva della modellazione idraulica HEC-RAS effettuata, dove sono indicate le principali caratteristiche idrauliche per ogni sezione di calcolo e per i diversi periodi di ritorno considerati.

Le sigle riportate nell'intestazione della tabella dei risultati hanno il seguente significato:

Tabella 5.3 Codifica sigle dei risultati di calcolo

River Station (river station)	Identificativo della sezione trasversale
Q Total (total flow)	Portata passante
Min. Ch. El. (minimum channel elevation)	Quota talweg
W.S. Elev (water surface elevation)	Quota superficie libera (assoluta)
Crit W.S. (critical water surface)	Quota altezza critica (assoluta)
E.G. Elev (energy grade elevation)	Quota linea dell'energia (assoluta)
E.G. Slope (energy grade slope)	Pendenza linea dell'energia
Vel. Chnl (velocity channel)	Velocità della corrente
Flow Area (flow area)	Area di deflusso
Top Width (top width)	Larghezza del pelo libero
Froude Chl (Froude channel)	Numero di Froude

Tabella 5.4 Risultati di calcolo

River Station	Profile (Tr)	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
38	Tr = 50 anni	811.47	128.5	129.54	130.76	136.9	0.486892	12.02	67.51	98.08	4.62
38	Tr = 100 anni	919.22	128.5	129.59	130.92	137.72	0.487205	12.63	72.77	98.08	4.68
38	Tr = 300 anni	1089.26	128.5	129.67	131.17	138.96	0.486385	13.5	80.66	98.08	4.75



37	Tr = 50 anni	811.47	123.5	125.98	125.98	127.16	0.015847	4.86	169.3	72.02	1.01
37	Tr = 100 anni	919.22	123.5	126.18	126.18	127.47	0.015479	5.06	184.04	72.02	1.01
37	Tr = 300 anni	1089.26	123.5	126.49	126.49	127.93	0.014945	5.36	206.4	72.02	1.01
36	Tr = 50 anni	811.47	115.3	116.61	117.42	119.39	0.080752	7.39	109.87	86.21	2.09
36	Tr = 100 anni	919.22	115.3	116.71	117.61	119.78	0.081409	7.77	118.35	86.59	2.12
36	Tr = 300 anni	1089.26	115.3	116.86	117.88	120.38	0.082163	8.31	131.05	87.14	2.16
35	Tr = 50 anni	811.47	112.02	114.88	114.88	115.87	0.01618	4.39	184.97	94.12	1
35	Tr = 100 anni	919.22	112.02	115.05	115.05	116.12	0.015854	4.58	200.84	94.12	1
35	Tr = 300 anni	1089.26	112.02	115.31	115.31	116.5	0.015358	4.84	224.98	94.12	1
34	Tr = 50 anni	811.47	108.54	110.78	111.33	112.55	0.034313	5.89	137.68	79.21	1.43
34	Tr = 100 anni	919.22	108.54	110.94	111.5	112.83	0.03446	6.1	150.62	82.35	1.44
34	Tr = 300 anni	1089.26	108.54	111.15	111.76	113.29	0.03391	6.48	168.12	82.77	1.45
33	Tr = 50 anni	811.47	103.9	108.32	108.32	109.31	0.01661	4.4	184.44	94.1	1
33	Tr = 100 anni	919.22	103.9	108.5	108.5	109.56	0.016082	4.57	200.99	94.1	1
33	Tr = 300 anni	1089.26	103.9	108.75	108.75	109.95	0.015591	4.84	225.09	94.1	1
32	Tr = 50 anni	811.47	102.1	104.38	104.4	105.38	0.017292	4.44	182.65	94.12	1.02
32	Tr = 100 anni	919.22	102.1	104.54	104.57	105.64	0.016896	4.63	198.49	94.12	1.02
32	Tr = 300 anni	1089.26	102.1	104.75	104.83	106.02	0.017401	4.99	218.21	94.12	1.05
31	Tr = 50 anni	811.47	98.61	101.46	101.51	102.49	0.017979	4.5	180.16	94.14	1.04
31	Tr = 100 anni	919.22	98.61	101.6	101.68	102.75	0.018334	4.76	193.24	94.14	1.06
31	Tr = 300 anni	1089.26	98.61	101.84	101.94	103.13	0.017856	5.04	216.08	94.14	1.06
30	Tr = 50 anni	811.47	92.75	95.59	96	97.15	0.035661	5.55	146.31	94.12	1.42
30	Tr = 100 anni	919.22	92.75	95.73	96.17	97.42	0.034549	5.77	159.36	94.12	1.42
30	Tr = 300 anni	1089.26	92.75	95.9	96.42	97.85	0.034929	6.18	176.12	94.12	1.44
29	Tr = 50 anni	811.47	88.75	92.32	92.32	93.7	0.01475	5.21	155.75	56.9	1.01
29	Tr = 100 anni	919.22	88.75	92.59	92.59	94.05	0.014433	5.36	171.35	58.9	1
29	Tr = 300 anni	1089.26	88.75	93.16	93.17	94.54	0.014779	5.2	209.61	77.07	1.01
28	Tr = 50 anni	811.47	84.31	87.92	88.33	89.59	0.030146	5.71	142.08	77.68	1.35
28	Tr = 100 anni	919.22	84.31	88.05	88.52	89.92	0.031318	6.06	151.81	78.18	1.39
28	Tr = 300 anni	1089.26	84.31	88.28	88.83	90.37	0.030654	6.41	170.04	79.1	1.39
27	Tr = 50 anni	811.47	81	85.29	85.29	86.39	0.015962	4.65	174.59	80	1


**PROGER**
**PROGIN** SpA  
 PROGETTAZIONE  
 GRANDI  
 INFRASTRUTTURE

**RELAZIONE IDROLOGICA E  
 IDRAULICA**

27	Tr = 100 anni	919.22	81	85.49	85.49	86.67	0.015557	4.83	190.42	80.79	1
27	Tr = 300 anni	1089.26	81	85.77	85.78	87.1	0.015172	5.1	213.73	81.93	1.01
26	Tr = 50 anni	811.47	78.35	81.27	81.49	82.62	0.022245	5.16	157.33	79.67	1.17
26	Tr = 100 anni	919.22	78.35	81.41	81.68	82.92	0.022673	5.43	169.13	80.26	1.2
26	Tr = 300 anni	1089.26	78.35	81.63	81.97	83.37	0.023213	5.83	186.83	81.13	1.23
25	Tr = 50 anni	811.47	74.32	77.65	77.67	78.77	0.016283	4.68	173.28	80.2	1.02
25	Tr = 100 anni	919.22	74.32	77.84	77.87	79.05	0.016005	4.88	188.48	80.96	1.02
25	Tr = 300 anni	1089.26	74.32	78.12	78.15	79.47	0.015689	5.16	211.2	82.07	1.03
24	Tr = 50 anni	811.47	70.25	73.66	73.87	75.01	0.021661	5.13	158.09	79.08	1.16
24	Tr = 100 anni	919.22	70.25	73.82	74.07	75.3	0.021907	5.4	170.38	79.7	1.18
24	Tr = 300 anni	1089.26	70.25	74.05	74.37	75.74	0.022098	5.76	189.12	80.63	1.2
23	Tr = 50 anni	811.47	65.31	68.52	68.88	70.07	0.028094	5.52	147.04	80.06	1.3
23	Tr = 100 anni	919.22	65.31	68.68	69.07	70.37	0.027749	5.76	159.6	80.69	1.31
23	Tr = 300 anni	1089.26	65.31	68.91	69.42	70.81	0.02745	6.11	178.16	81.6	1.32
22	Tr = 50 anni	811.47	61	65.29	65.29	66.39	0.01595	4.65	174.63	80	1
22	Tr = 100 anni	919.22	61	65.49	65.49	66.67	0.015508	4.82	190.61	80.8	1
22	Tr = 300 anni	1089.26	61	65.77	65.78	67.1	0.015172	5.1	213.73	81.93	1.01
21	Tr = 50 anni	811.47	58.35	61.26	61.49	62.62	0.022331	5.16	157.14	79.66	1.17
21	Tr = 100 anni	919.22	58.35	61.41	61.68	62.92	0.022771	5.44	168.9	80.24	1.2
21	Tr = 300 anni	1089.26	58.35	61.64	61.97	63.36	0.023146	5.82	187	81.14	1.22
20	Tr = 50 anni	811.47	54.32	57.65	57.67	58.77	0.016217	4.68	173.5	80.21	1.02
20	Tr = 100 anni	919.22	54.32	57.84	57.87	59.05	0.015943	4.87	188.71	80.97	1.02
20	Tr = 300 anni	1089.26	54.32	58.12	58.15	59.47	0.01573	5.16	211.03	82.06	1.03
19	Tr = 50 anni	811.47	50.25	53.66	53.87	55.01	0.021762	5.14	157.86	79.07	1.16
19	Tr = 100 anni	919.22	50.25	53.82	54.07	55.3	0.021984	5.4	170.19	79.69	1.18
19	Tr = 300 anni	1089.26	50.25	54.05	54.37	55.74	0.022048	5.76	189.25	80.64	1.2
18	Tr = 50 anni	811.47	45.31	48.52	48.88	50.07	0.027987	5.51	147.22	80.07	1.3
18	Tr = 100 anni	919.22	45.31	48.68	49.07	50.37	0.027671	5.75	159.74	80.7	1.31
18	Tr = 300 anni	1089.26	45.31	48.91	49.42	50.81	0.027495	6.12	178.07	81.6	1.32
17	Tr = 50 anni	811.47	41	45.29	45.29	46.39	0.01595	4.65	174.63	80	1
17	Tr = 100 anni	919.22	41	45.49	45.49	46.67	0.015508	4.82	190.61	80.8	1
17	Tr = 300 anni	1089.26	41	45.77	45.78	47.1	0.015172	5.1	213.73	81.93	1.01



16	Tr = 50 anni	811.47	38.35	41.26	41.49	42.62	0.02233	5.16	157.14	79.66	1.17
16	Tr = 100 anni	919.22	38.35	41.41	41.68	42.92	0.022771	5.44	168.9	80.24	1.2
16	Tr = 300 anni	1089.26	38.35	41.64	41.97	43.36	0.023146	5.82	187	81.14	1.22
15	Tr = 50 anni	811.47	34.32	37.65	37.67	38.77	0.016217	4.68	173.5	80.21	1.02
15	Tr = 100 anni	919.22	34.32	37.84	37.87	39.05	0.015943	4.87	188.71	80.97	1.02
15	Tr = 300 anni	1089.26	34.32	38.12	38.15	39.47	0.01573	5.16	211.03	82.06	1.03
14	Tr = 50 anni	811.47	30.25	33.66	33.87	35.01	0.021762	5.14	157.86	79.07	1.16
14	Tr = 100 anni	919.22	30.25	33.82	34.07	35.3	0.021985	5.4	170.19	79.69	1.18
14	Tr = 300 anni	1089.26	30.25	34.05	34.37	35.74	0.022049	5.76	189.25	80.64	1.2
13	Tr = 50 anni	811.47	25.31	28.52	28.88	30.07	0.027986	5.51	147.22	80.07	1.3
13	Tr = 100 anni	919.22	25.31	28.68	29.07	30.37	0.027671	5.75	159.74	80.7	1.31
13	Tr = 300 anni	1089.26	25.31	28.91	29.42	30.81	0.027495	6.12	178.07	81.6	1.32
12	Tr = 50 anni	811.47	21	25.91	25.29	26.57	0.007142	3.6	225.22	82.49	0.7
12	Tr = 100 anni	919.22	21	26.16	25.49	26.87	0.007004	3.75	245.39	83.46	0.7
12	Tr = 300 anni	1089.26	21	26.76	25.78	27.42	0.006145	3.6	302.48	98.4	0.66
11.2		Bridge									
11.1	Tr = 50 anni	811.47	21	24.98	25.29	26.47	0.02595	5.41	149.88	78.75	1.25
11.1	Tr = 100 anni	919.22	21	25.14	25.49	26.77	0.025842	5.66	162.28	79.38	1.26
11.1	Tr = 300 anni	1089.26	21	25.4	25.77	27.19	0.024456	5.93	183.75	80.46	1.25
11	Tr = 50 anni	811.47	18.35	21.47	21.49	22.58	0.016344	4.68	173.33	80.46	1.02
11	Tr = 100 anni	919.22	18.35	21.67	21.68	22.86	0.015745	4.84	189.73	81.28	1.01
11	Tr = 300 anni	1089.26	18.35	21.89	21.97	23.29	0.016553	5.24	207.93	82.17	1.05
10	Tr = 50 anni	811.47	13.5	17.37	16.48	17.94	0.005276	3.35	242.35	79.32	0.61
10	Tr = 100 anni	919.22	13.5	17.61	16.68	18.24	0.005292	3.51	261.92	79.92	0.62
10	Tr = 300 anni	1089.26	13.5	17.98	16.97	18.69	0.005308	3.74	291.36	80.8	0.63
9.2		Bridge									
9.1	Tr = 50 anni	811.47	13.5	16.24	16.48	17.65	0.022381	5.26	154.31	76.6	1.18
9.1	Tr = 100 anni	919.22	13.5	16.4	16.67	17.95	0.022468	5.52	166.53	76.98	1.2
9.1	Tr = 300 anni	1089.26	13.5	16.64	16.97	18.4	0.022446	5.88	185.15	77.56	1.22
9	Tr = 50 anni	811.47	11.83	15.48	15.48	16.52	0.013647	4.6	184.8	89.17	0.95



9	Tr = 100 anni	919.22	11.83	15.68	15.68	16.78	0.01322	4.74	203.03	90.52	0.95
9	Tr = 300 anni	1089.26	11.83	15.97	15.97	17.17	0.013275	4.97	229.54	94.44	0.96
8	Tr = 50 anni	811.47	11.02	15.02	14.54	15.78	0.008546	3.86	210.36	80.47	0.76
8	Tr = 100 anni	919.22	11.02	15.25	14.74	16.07	0.008587	4.02	228.83	82.65	0.77
8	Tr = 300 anni	1089.26	11.02	15.62	15.06	16.51	0.00815	4.2	259.63	84.02	0.76
7.2		Bridge									
7.1	Tr = 50 anni	811.47	11.02	14.53	14.53	15.66	0.015585	4.72	172.01	76.43	1
7.1	Tr = 100 anni	919.22	11.02	14.74	14.74	15.96	0.015159	4.88	188.34	77.83	1
7.1	Tr = 300 anni	1089.26	11.02	15.06	15.06	16.39	0.014757	5.1	213.46	80.84	1
7	Tr = 50 anni	811.47	9.9	14.45	13.35	14.89	0.004444	2.93	277.15	97.72	0.55
7	Tr = 100 anni	919.22	9.9	14.7	13.55	15.17	0.004402	3.04	302.36	99.91	0.56
7	Tr = 300 anni	1089.26	9.9	15.08	13.84	15.6	0.00429	3.21	339.85	101.44	0.56
6.2		Bridge									
6.1	Tr = 50 anni	811.47	9.9	12.9	13.35	14.61	0.033731	5.79	140.08	82.13	1.42
6.1	Tr = 100 anni	919.22	9.9	13.06	13.54	14.89	0.032597	6	153.21	83.02	1.41
6.1	Tr = 300 anni	1089.26	9.9	13.3	13.84	15.31	0.031014	6.28	173.36	84.36	1.4
6	Tr = 50 anni	811.47	8.15	11.26	11.8	13.15	0.037626	6.1	133.06	78.05	1.49
6	Tr = 100 anni	919.22	8.15	11.41	11.99	13.46	0.037386	6.35	144.74	79.49	1.5
6	Tr = 300 anni	1089.26	8.15	11.63	12.28	13.92	0.037033	6.71	162.44	81.62	1.52
5	Tr = 50 anni	811.47	7.21	11.46	10.6	11.95	0.005559	3.07	264	102.02	0.61
5	Tr = 100 anni	919.22	7.21	11.69	10.87	12.21	0.005501	3.21	286.66	103.03	0.61
5	Tr = 300 anni	1089.26	7.21	12.02	11.13	12.61	0.005453	3.38	322.46	106.35	0.62
4.2		Bridge									
4.1	Tr = 50 anni	811.47	7.21	10.38	10.6	11.7	0.02411	5.08	159.69	87.77	1.2
4.1	Tr = 100 anni	919.22	7.21	10.56	10.87	11.96	0.023264	5.25	175.07	89.04	1.2
4.1	Tr = 300 anni	1089.26	7.21	10.82	11.12	12.35	0.024541	5.48	198.9	98.78	1.23
4	Tr = 50 anni	811.47	5.74	9.93	9.19	10.49	0.006325	3.3	245.65	94.72	0.65
4	Tr = 100 anni	919.22	5.74	10.22	9.43	10.8	0.005806	3.37	272.86	95.42	0.64
4	Tr = 300 anni	1089.26	5.74	10.66	9.7	11.27	0.005127	3.46	314.71	95.42	0.61
3	Tr = 50 anni	811.47	5.2	9.14	8.7	10.05	0.009813	4.24	191.17	69.51	0.82



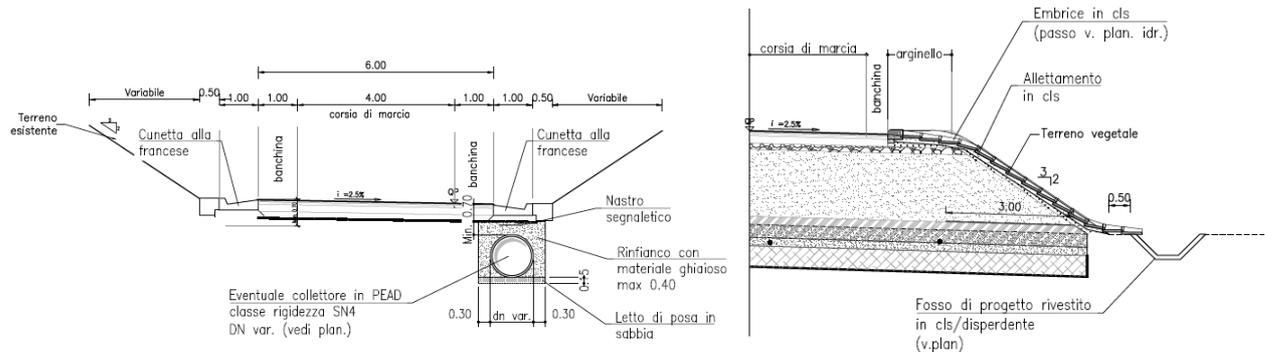
3	Tr = 100 anni	919.22	5.2	9.43	8.96	10.39	0.009063	4.34	211.95	70	0.8
3	Tr = 300 anni	1089.26	5.2	9.87	9.3	10.9	0.008318	4.49	242.67	71.05	0.78
2	Tr = 50 anni	811.47	4.83	8.29	8.29	9.65	0.014874	5.17	156.88	57.86	1
2	Tr = 100 anni	919.22	4.83	8.54	8.54	10	0.014528	5.36	171.49	59.42	1
2	Tr = 300 anni	1089.26	4.83	8.92	8.92	10.52	0.013969	5.61	194.69	62.39	1
1	Tr = 50 anni	811.47	2.58	5.96	6.36	7.58	0.02289	5.65	143.65	65.12	1.21
1	Tr = 100 anni	919.22	2.58	6.15	6.6	7.91	0.024216	5.88	156.39	69.72	1.25
1	Tr = 300 anni	1089.26	2.58	6.39	6.94	8.38	0.026806	6.25	174.33	76.58	1.32



## 6 SISTEMA DI DRANAGGIO

Il sistema di drenaggio garantisce la raccolta delle acque meteoriche ricadenti sulla superficie pavimentata ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito.

Gli elementi per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche dalle nuove superfici sono costituiti da cunette alla francese collegate a condotte di PEAD o da embrici a bordo carreggiata che convergono in fossi disperdenti.



Le acque meteoriche provenienti dalla nuova infrastruttura, prima di arrivare al recapito finale, vengono conferite all'interno di un sistema di laminazione, dimensionato in modo da permettere di smaltire la portata conferita **senza alterare in modo significativo le caratteristiche idrauliche e le condizioni di sicurezza idraulica del territorio a valle dell'infrastruttura**.

Il sistema è costituito dai seguenti elementi, tutti di tipo prefabbricato:

- pozzetto separatore a cui afferisce il collettore terminale della rete di raccolta delle acque di piattaforma; in tale manufatto avviene la separazione tra le acque di prima pioggia, destinate al trattamento, e quelle di seconda pioggia, che vengono sfiorate e recapitate direttamente al ricettore finale;
- sistema di trattamento delle acque di prima pioggia, costituito da una vasca di sedimentazione e un comparto dove avviene la separazione a gravità degli olii liberi e delle sostanze sedimentabili contenute nelle acque di prima pioggia. Il sistema di trattamento è di **fondamentale importanza per la tutela del territorio**, poiché dal punto di vista qualitativo le acque drenate dalla pavimentazione stradale, specie nei primi minuti di precipitazione (prima pioggia), rimuovono, in quantità variabili con la combinazione di diversi fattori, le sostanze ivi depositate a causa di:
  - esercizio della strada (carburanti incombusti, detriti di pneumatici, gocciolamento di sostanze detergenti e anticongelanti, abrasione di conglomerato bituminoso, ecc.) e alla sua manutenzione (vernici per demarcazione segnaletica orizzontale, sostanze chimiche utilizzate per la pulizia dei segnali verticali);
  - eventi accidentali (dispersione sostanze solubili e insolubili in acqua, liquidi infiammabili, ecc);
  - altri fattori inquinanti: resti di materiali da costruzione (inerti, cementi, ecc.), depositi di componenti di vegetazione (fogliame, residui dello sfalcio dell'erba, pollini), resti di animali morti, ecc.
- bacino di laminazione, dove sono convogliate le acque di seconda pioggia e quelle trattate di prima pioggia.

Il sistema di raccolta delle acque di piattaforma a servizio dell'infrastruttura in progetto è stato, dunque, progettato in modo tale da raggiungere i seguenti obiettivi:

- garantire il trattamento delle acque di prima pioggia;
- utilizzare, quali recapiti finali, corsi d'acqua capaci di smaltire le portate conferite senza alterare in modo significativo le proprie caratteristiche idrauliche e le condizioni di sicurezza idraulica del

territorio a valle dell'infrastruttura, evitando così possibili interferenze con i processi geomorfologici in atto censiti dal P.A.I.

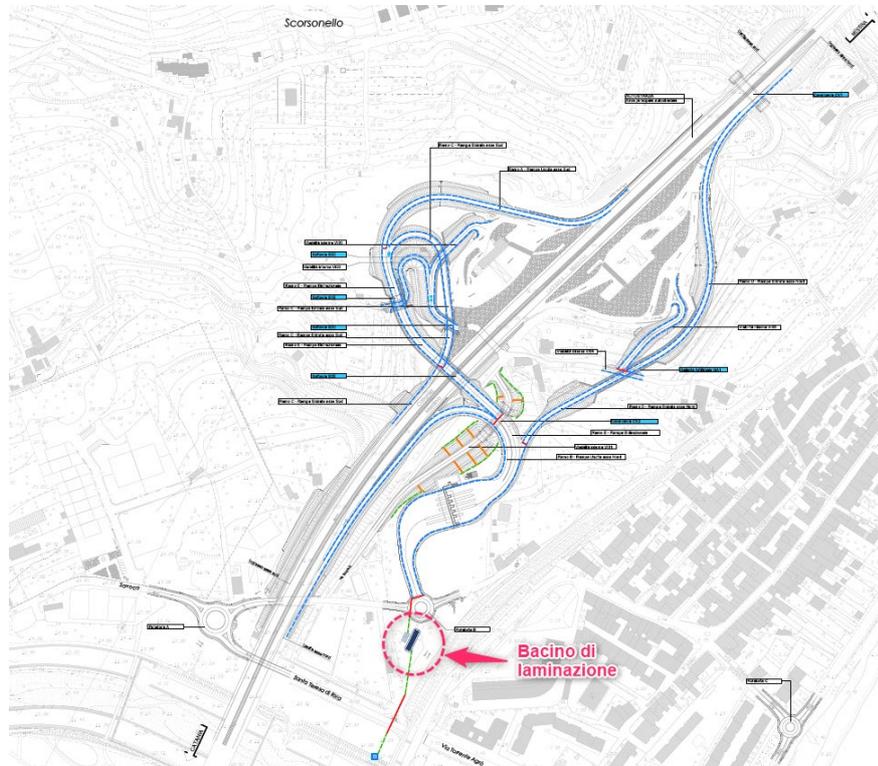


Figura 6.1 Stralcio planimetrico

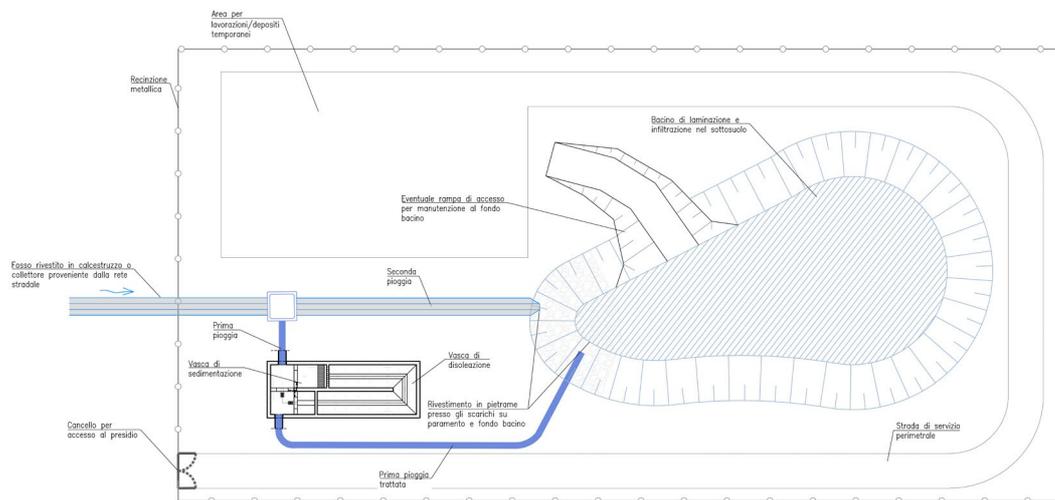


Figura 6.2 Bacino di laminazione

In considerazione della morfologia dei settori collinari, a monte dell'infrastruttura viaria in progetto, e delle aree vallive, il reticolo idrologico superficiale non risulta apprezzabilmente alterato e/o interferente.