

# Comune di MERCATO SAN SEVERINO

---

Provincia di Salerno

## SISTEMAZIONE IDRAULICA VALLONE DEL TRAINO

### PROGETTO DEFINITIVO

Elaborati di progetto:

**RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA**

**T2**

Febbraio 2021

---

Il Progettista  
Ing. Gianluca Fimiani

Il Sindaco  
Dott. Antonio Somma

Il RUP  
Ing. Gianluca Fimiani

## INDICE

1	Premessa.....	2
2	ANALISI STATO DI FATTO .....	3
2.1	ASSETTO GEOLOGICO – MORFOLOGICO.....	3
2.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	5
2.3	STUDIO IDROLOGICO.....	8
2.3.1	VALUTAZIONE MASSIME PORTATE DI PIENA NATURALI - METODO VAPI .....	10
2.4.1	LEGGI DI VARIAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CRESCITA CON IL PERIODO DI RITORNO.....	12
2.5.1	STIMA DEL VALOR MEDIO .....	13
2.6.1	LEGGE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA .....	13
2.7.1	STIMA DELLA PIENA INDICE (PIENA MEDIA ANNUA) - MODELLO GEOMORFOCLIMATICO .....	14
2.7.2.3	Tempo di ritardo $t_r$ .....	16
2.7.2.4	FATTORE DI CRESCITA $K_T$ .....	16
3	ANALISI STATO DI FATTO .....	19

## 1 Premessa

La presente relazione è redatta al fine di fornire uno studio idraulico legato alla determinazione dei volumi che interessano l'area sita in Mercato San Severino (SA) e finalizzata al dimensionamento della Vasca di assorbimento a monte del Cimitero comunale, recapito futuro del Vallone del Traino e pertanto, ha lo scopo di valutare le caratteristiche idrologiche del Vallone Traino per quanto attiene le portate di massima piena al colmo, definendo le portate di progetto, e quindi di definire i parametri idraulici permettendo pertanto la corretta progettazione dell'opera. Per le elaborazioni idrologiche si è fatto riferimento alle direttive contenute nelle "Norme di attuazione e misure di salvaguardia" che prescrive di assumere come valore della portata di piena per il dimensionamento delle opere quella pari al tempo di ritorno di 100 anni.

L'intervento che si intende realizzare interessa un'asta montana denominata Vallone del Traino, la cui parte terminale, ad ovest del cimitero comunale, ha assunto il ruolo di strada carrabile incrementando il rischio alluvione dell'area.

L'attuale recapito del vallone, di fatto, è individuabile nella ex SS 266 – Nocerina, che morfologicamente degrada verso il territorio comunale di Castel San Giorgio (SA).

Questa configurazione rappresenta sicuramente la maggiore criticità del sistema, in quanto con frequenza di più di un evento all'anno, il flusso idrico contenente quantità ingenti di materiale in sospensione ingombra la carreggiata stradale della ex SS 266 e di sovente raggiunge l'abitato di Aiello (in particolare interessando via T.B. Lombardi, via Tufara e via S.Salvatore).

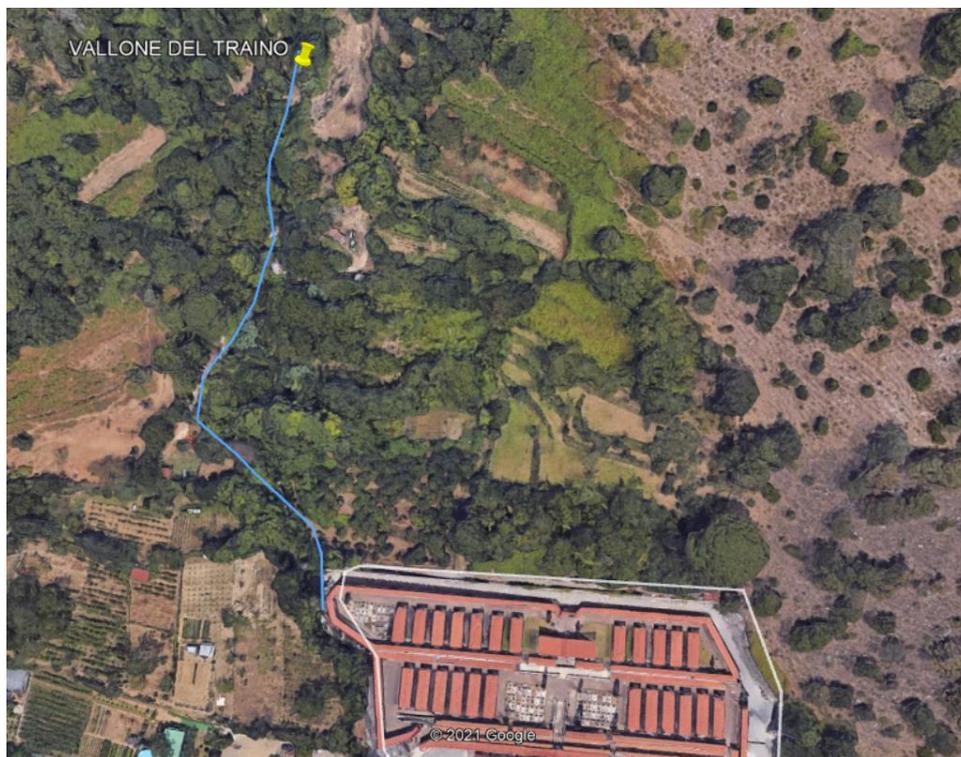


Fig.1: Aree oggetto d'intervento con individuazione del vallone Traino

## 2 ANALISI STATO DI FATTO

### 2.1 ASSETTO GEOLOGICO – MORFOLOGICO

I terreni affioranti nell'ambito della valle del T. Solofrana possono essere raggruppati in quattro principali complessi idrogeologici con differenti caratteristiche di permeabilità. I terreni che bordano la valle costituiscono:

- ✓ Complesso dolomitico: permeabilità medio-alta per fratturazione;
- ✓ Complesso calcareo: permeabilità molto elevata per fratturazione e carsismo;
- ✓ Complesso argilloso-sabbioso-conglomeratico: permeabilità da bassa a media per porosità;

Nel fondo valle è presente il complesso piroclastico-detritico-alluvionale, permeabile prevalentemente per porosità e subordinatamente anche per fessurazione (nel tufo grigio), il suo grado di permeabilità varia da basso a medio e, grazie alla presenza di depositi lentiformi, a piccola scala, può aversi una circolazione idrica per falde sovrapposte. È in quest'ultimo complesso che ha sede la circolazione idrica sotterranea più superficiale.

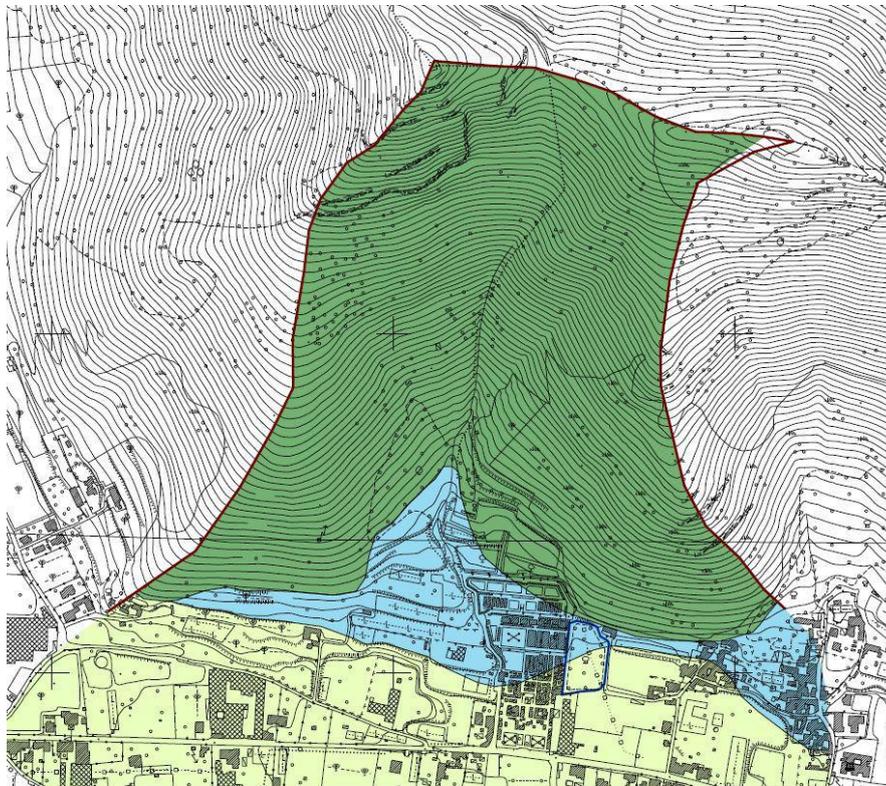


Figura 2: Stralcio Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100000. Foglio 185-Salerno.

SISTEMAZIONE IDRAULICA DLE VALLONE DEL TRAINO ALLA FRAZIONE COSTA  
Committente: Comune di Mercato San Severino (SA)



Figura 3: legenda della Carta Geologica riportata in figura 2.

Le opere che dovranno essere realizzate, ricadono secondo il P.S.A.I. dell'AdB Campania Centrale - Cartografia n. 467011 una pericolosità che un rischio Frana da elevato a molto elevato per buona parte del territorio d'intervento (vedasi allegato n.11).

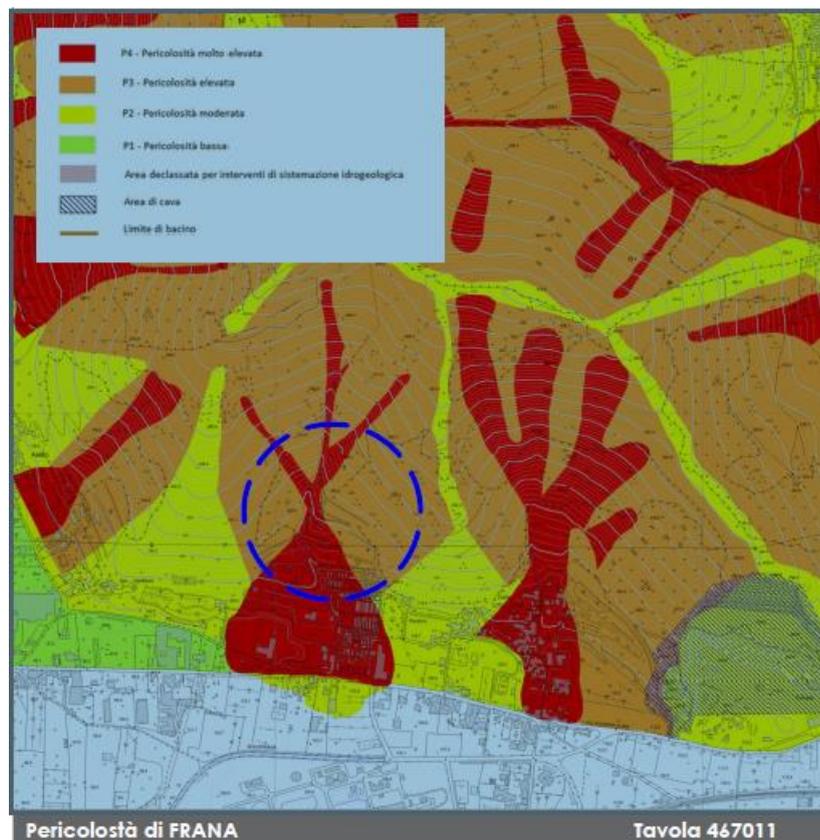


Figura 4: Piano di Stralcio per l'assetto idrogeologico Appennino Centrale Merdionale – Pericolosità Frane



Figura 5: Piano di Stralcio per l'assetto idrogeologico Appennino Centrale Merdionale – Rischio Frane

## 2.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Torrente Traino è un corso d'acqua che, similamente ad altri corsi d'acqua presenti nella valle, presenta un carattere essenzialmente torrentizio ed è caratterizzato da portate irregolari, con valori alti nei periodi invernali ed anche molto bassi nei periodi estivi. Le sue caratteristiche idrografiche dipendono tuttavia anche dalla quantità di precipitazioni meteoriche annuali.

Il regime marcatamente stagionale del torrente condiziona la qualità delle acque. Nei periodi di piena del torrente, infatti, gli scarichi adottati non influenzano eccessivamente la qualità delle acque che, invece, peggiora con la stagione estiva, quando il torrente si prosciuga per ampi tratti non ci sono apporti.

SISTEMAZIONE IDRAULICA DLE VALLONE DEL TRAINO ALLA FRAZIONE COSTA  
Committente: Comune di Mercato San Severino (SA)



*Figura 6: Stato di Fatto Torrente Traino -*



*Figura 6: Stato di Fatto Torrente Traino -L'alveo del torrente è rappresentato dalla sede stradale*

L'eterogeneità litologica e strutturale dell'area si riflette sulla circolazione idrica sotterranea, in quanto i litotipi carbonatici sono interessati da una circolazione idrica profonda, mentre le zone vallive e sub-pianeggianti presentano una circolazione superficiale; quest'ultima è modesta ed avviene maggiormente lungo gli impluvi, mentre si ha una certa infiltrazione lungo le fratture e i giunti di stratificazione nella coltre alterata superficiale. All'interno del complesso alluvionale si possono instaurare delle falde sovrapposte, con deflusso preferenziale nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa.

La permeabilità è localmente variabile ma nel complesso media, mentre il sottostante complesso calcareo è caratterizzato da una alta permeabilità per fratturazione.

## 2.3 STUDIO IDROLOGICO

La metodologia idrologica di riferimento, adottata per il presente studio, è definita nel rapporto regionale sulla “Valutazione delle Piene in Campania”, redatto, a cura di Rossi e Villani (1995), nell’ambito del più ampio progetto nazionale VAPI, coordinato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I) del C.N.R.

### Bacino idrografico

Il bacino idrografico oggetto di analisi, sotteso dall’area dal vallone Traino, in cui vanno ad inserirsi le opere di sistemazione idrogeologiche, presenta un’altitudine compresa tra i 450m ai circa 130m slm. Per il dimensionamento delle portate si è ipotizzato una sezione di chiusura localizzata in prossimità del centro abitato della frazione Costa ad una quota intorno ai 130m s.l.m., al fine di mantenere l’abitato in una condizione di sicurezza rispetto ad eventi di piena con un periodo di ritorno di circa 100 anni.

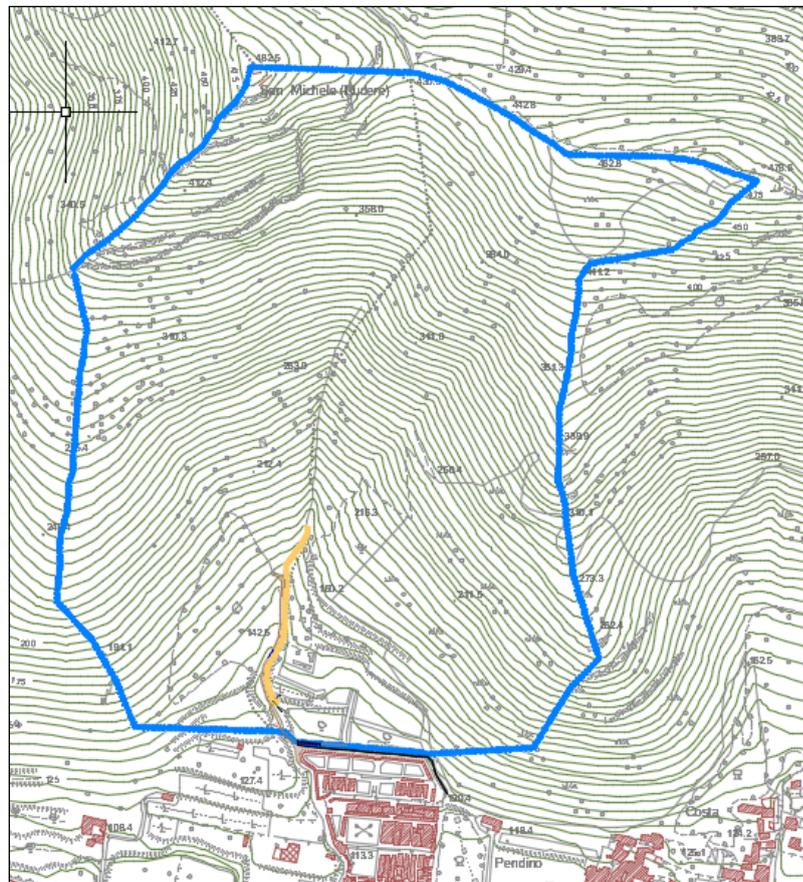


Fig.7: Bacino Imbrifero Vallone Traino con un a superficie di estensione 38ha

SISTEMAZIONE IDRAULICA DLE VALLONE DEL TRAINO ALLA FRAZIONE COSTA  
 Committente: Comune di Mercato San Severino (SA)

Tab. 1 - Coordinate UMTS della sezione di chiusura del bacino di analisi

Latitudine: 40°46'56.21"N  
 Longitudine: 14°43'0.42"E

Il bacino di analisi è stato delimitato in ambiente GIS, sulla base del modello di elevazione del terreno (DEM) avente risoluzione di cella di 20 m x 20 m, e presenta una estensione di circa 0.38 km<sup>2</sup>.

L'area del bacino è quella scolante all'interno del torrente a monte della "sezione di chiusura di progetto" considerata, e viene individuata sulla base dell'andamento topografico locale.

Di seguito sono indicati i dati di progetto relativi al bacino scolante del Vallone Traino:

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		
Superficie del Bacino	<b>S</b> =	0.38 Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico principale	<b>L</b> =	0.30 Km
Altitudine max percorso idraulico	<b>H<sub>max</sub></b> =	160.00 m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	<b>H<sub>0</sub></b> =	130.00 m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	<b>P</b> =	0.10 (m/m)
Altitudine max bacino	<b>H<sub>max</sub></b> =	450.00 m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	<b>H<sub>0</sub></b> =	130.00 m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	<b>H<sub>m</sub></b> =	290.00 m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	<b>H<sub>m</sub> - H<sub>0</sub></b> =	160.00 m

Tab.2: Dati del Bacino Imbrifero Vallone Traino

Il modello idrologico che ha consentito, per il Torrente Traino, la valutazione delle massime portate di piena in riferimento a preassegnati periodi di ritorno, che nel caso in esame l' NTA(Normative Tecniche) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, pone per le opere suddette un Tr= 100 anni, è il metodo VAPI redatto a cura di Fabio Rossi e Paolo Villani dell'Unità Operativa 1.9 – Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Salerno del C.N.R./G.N.D.C.I., e proposto nel Rapporto Valutazione delle Piene in Campania. Lo studio è stato effettuato in

conformità con i contenuti del P.S.D.A. (Piano Stralcio Difesa Alluvioni).

### 2.3.1 VALUTAZIONE MASSIME PORTATE DI PIENA NATURALI - METODO VAPI

L'analisi idrologica dei valori estremi delle precipitazioni e delle piene in Campania è stata effettuata nel Rapporto VAPI Campania attraverso una metodologia di analisi regionale delle informazioni idrologiche, che si avvale di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni meteoriche, con un approccio di tipo probabilistico, che associa ad ogni valore della variabile idrologica di riferimento una probabilità che si verifichino eventi con valori superiori. La valutazione della massima portata di piena in una data sezione della rete idrografica viene quindi effettuata in un contesto probabilistico, riferendosi ad un assegnato rischio di superamento in N anni, o al periodo di ritorno di T anni. Per cui non esiste un massimo assoluto della variabile di interesse, ma ad ogni suo valore viene associata una probabilità di superamento in un anno e, quindi un periodo di ritorno, T, inteso come numero medio di anni fra due superamenti successivi della variabile idrologica di interesse. La metodologia probabilistica adottata nel rapporto VAPI è basata sull'uso della distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente TCEV (Two Component Extreme Value), che interpreta gli eventi massimi annuali come risultato di una combinazione di due popolazioni distinte, di cui la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma più intensi. I diversi parametri del modello probabilistico vengono valutati a scale regionali differenti, attraverso una procedura di regionalizzazione gerarchica, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso. Indicando con Q il massimo annuale della portata al colmo e con T il periodo di ritorno, cioè l'intervallo di tempo durante il quale si accetta che l'evento di piena possa verificarsi mediamente una volta, la massima portata di piena  $Q_T$  corrispondente al prefissato periodo di ritorno T, può essere valutata come:

$$Q_T = K_T * m(Q) \quad (1)$$

$m(Q)$  = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena (piena indice)

$K_T$  = fattore probabilistico di crescita, pari al rapporto tra  $Q_T$  e la piena indice

La legge di variazione di  $K_T$  con T si indica come legge di crescita con il periodo di ritorno.

Per quanto attiene alla valutazione del fattore probabilistico di crescita  $K_T$ , il rapporto VAPI propone la formulazione riportata al paragrafo che segue. Per la valutazione di  $m(Q)$ , vengono invece indicate quattro differenti metodologie, due di tipo diretto, basate su formule monomie in cui la

SISTEMAZIONE IDRAULICA DLE VALLONE DEL TRAINO ALLA FRAZIONE COSTA  
Committente: Comune di Mercato San Severino (SA)

portata dipende essenzialmente dall'area del bacino, e due di tipo indiretto (la formula razionale e il modello geomorfoclimatico) in cui la piena indice viene valutata a partire dalle piogge e dipende in maniera più articolata dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino (area, percentuale impermeabile, copertura boschiva). Nel caso studio per la valutazione del valore  $m(Q)$  sarà adottato il modello geomorfoclimatico.

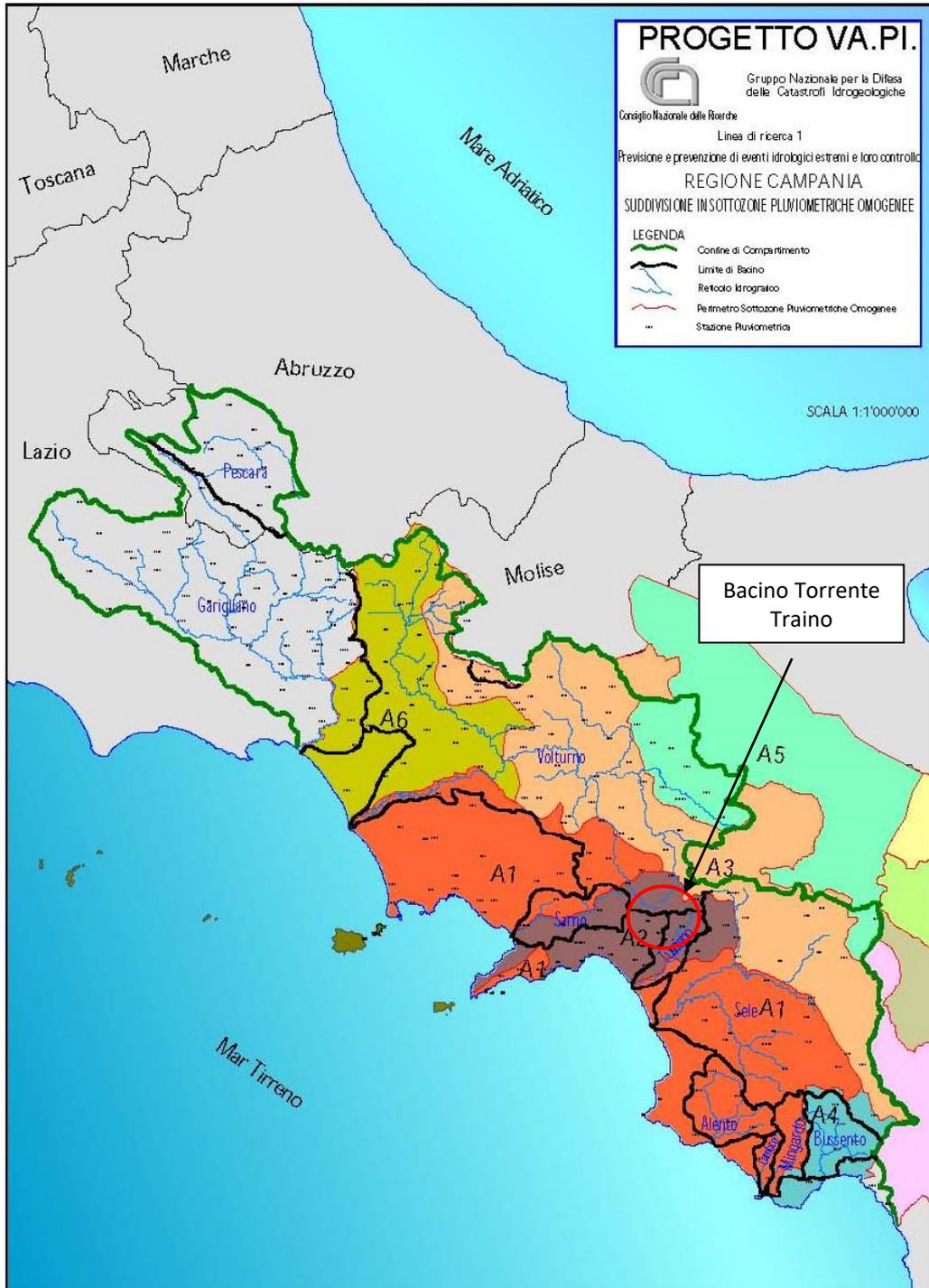


Fig. 8 – Progetto VAPI - Suddivisione in aree pluviometriche omogenee

## 2.4.1 LEGGI DI VARIAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CRESCITA CON IL PERIODO DI RITORNO

### 2.4.1.1 PLUVIOMETRIA

#### Piogge giornaliere

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della sottozona pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita  $K_T$ :

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k/\theta_*})}$$

I parametri ottenuti dal sito Gruppo Nazionale Per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche per la regione Campania sono riportati in Tab.2:

#### **Parametri regionali**

Piogge		$\theta^* = 2.136$		$\Lambda^* = 0.224$		$\Lambda 1 = 41$		$\eta = 4.688$			
T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
KT (piogge)	0.93	1.22	1.43	1.65	1.73	1.90	1.98	2.26	2.55	2.95	3.26

Tab.2: Valori teorici del coefficiente di crescita probabilistico  $K_T$  per le piogge in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno T

### 2.4.2.1 IDROMETRIA

#### Portate istantanee al colmo di piena

In riferimento alla (1), i parametri ottenuti per l'intera regione Campania sono riportati in Tab.3.

Portate	$\theta^* = 2.634$	$\Lambda^* = 0.350$	$\Lambda 1 = 13$	$\eta = 3.901$
---------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

#### **Fattori di crescita**

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
KT(portate)	0.87	1.29	1.63	2.03	2.17	2.47	2.61	3.07	3.53	4.15	4.52

Tab.3: Valori teorici del coefficiente di crescita probabilistico  $K_T$  per le piogge in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno T

2.5.1 STIMA DEL VALOR MEDIO

2.6.1 LEGGE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA

Piogge Puntuali

Le leggi di probabilità pluviometriche definiscono come varia la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia su una fissata durata  $d$ ,  $\mu[I(d)]$ , con la durata stessa.

Tali leggi devono essere strettamente monotone, in quanto mediamente l'intensità di pioggia media per una durata superiore deve essere necessariamente minore di quella per una durata inferiore. Inoltre, per una durata molto piccola devono raggiungere un valore finito, rappresentante al limite per  $d$  che tende a zero, la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea. Per la Campania è stata adottata una espressione del tipo:

$$\mu[I(d)] = \frac{\mu(I_o)}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta} \quad (2)$$

in cui  $d$  e  $d_c$  vanno espressi in ore,  $\mu[I_o]$  e  $\mu[I(d)]$  in mm/ora e vale:

$$\beta = C - D * Z$$

I parametri di cui sopra sono costanti all'interno di singole aree pluviometriche omogenee, e variano nel passare dall'una all'altra. Identificata l'area Pluviometrica Omogena riportata in fig. 9 (Area Omogena 2 nel caso studio), i valori di cui sopra possono essere ricavati dalla seguente Tab.4

Area omogenea	n staz.	$\mu(h_o)$ (mm/ora)	$d_c$ (ore)	C	$D * 10^5$	$\rho^2$
1	21	77.08	0.3661	0.7995	8.6077	0.9994
2	18	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9991
3	11	116.7	0.0976	0.7360	8.7300	0.9980
4	7	78.61	0.3846	0.8100	24.874	0.9930
5	12	231.8	0.0508	0.8351	10.800	0.9993
6	28	87.87	0.2205	0.7265	8.8476	0.9969
7	11	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9989

Area Omogenea A2

Tab. 4 - Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche

### 2.7.1 STIMA DELLA PIENA INDICE (PIENA MEDIA ANNUA) - MODELLO GEOMORFOCLIMATICO

Per la stima della piena indice ossia della media del massimo annuale della portata istantanea, nel seguente studio viene adottato il modello concettuale geomorfoclimatico, che si preferisce rispetto ad altri modelli utilizzati nella pratica in quanto i parametri di tale modello possiedono un maggiore significato fisico, sebbene la sua applicazione richiede il maggiore impegno elaborativo.

Il modello geomorfoclimatico assume la seguente espressione:

$$\mu(Q) = C_f q K_A(t_T) \mu[I(t_T)] A / 3.6$$

in cui:

- $\mu(Q)$  è la piena indice (o piena annuale media);
- $C_f$  è il coefficiente di afflusso di piena del bacino, ed esprime il rapporto tra il volume di piena e la precipitazione totale sul bacino in un prefissato intervallo di tempo, e tiene conto della trasformazione della pioggia totale precipitata sul bacino nell'aliquota netta efficace ai fini del deflusso superficiale di piena.
- $q = 0.6$  è il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena e dipende in maniera complessa da tutti i parametri in gioco nel modello
- $\mu(I_{tr})$  : Media del massimo annuale dell'intensità di pioggia puntuale di durata  $tr$ ;
- $A$  = è l'area della porzione di bacino che compete a tale complesso;
- $K_A(tr)$  : Fattore di riduzione areale della pioggia di durata  $tr$

#### 2.7.1.1 PARAMETRI DEL MODELLO GEOMORFOCLIMATICO

Nel Rapporto VAPI Campania il territorio campano è stato suddiviso in complessi idrogeologici costituiti da litotipi che, pur diversi, mantengono un identico comportamento nei confronti dell'infiltrazione, della percolazione e della circolazione dell'acqua nel sottosuolo. Questi complessi sono stati accorpati nelle seguenti cinque classi in base alle caratteristiche di permeabilità:

- classe A (alta capacità di permeabilità), in essa sono inclusi quasi esclusivamente i calcari per la loro elevatissima capacità di infiltrazione dovuta all'alto grado di permeabilità per fessurazione e carsismo che li caratterizza;

- classe MA (capacità di permeabilità medio-alta), che ingloba, quasi esclusivamente, le dolomie. Questo litotipo, che costituisce la base affiorante di quasi tutti i massicci carbonatici campani, ha un grado di permeabilità inferiore a quello dei calcari;
- classe M (media capacità di permeabilità), comprendente i detriti di falda e di conoide, i depositi alluvionali e il complesso delle lave;
- classe MB (capacità di permeabilità medio-bassa), ad essa appartengono i complessi sabbioso-conglomeratico pliocenico, arenaceo-breccioso miocenico, piroclastico, calcareo-siliceo e fluvio-lacustre e lacustre;
- classe B (bassa capacità di permeabilità), comprendente tutti i depositi prevalentemente argillosi che, a scala regionale, possono considerarsi per lo più impermeabili;

Nel presente studio si è provveduto alla realizzazione della carta della permeabilità, secondo i criteri definiti nell'ambito del Rapporto VAPI Campania, utilizzando la Carta Geologica in scala 1:25.000, ottenuta dall' ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e il supporto informatizzato delle ortofoto.

La metodologia proposta dal VAPI Campania per la valutazione dei parametri del modello geomorfoclimatico (coefficiente di deflusso  $C_f$  e tempo di ritardo del bacino  $t_r$ ), assume alla base la suddivisione di ogni bacino in tre complessi omogenei dal punto di vista idrogeologico:

- le aree permeabili con copertura boschiva, indicate con A3;
- le aree permeabili senza copertura boschiva, indicate con A1;
- le aree a bassa permeabilità, indicate con A2;

#### 2.7.1.2 IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO $C_f$

Dato il significato del coefficiente di deflusso, l'ipotesi più semplice per la sua stima consiste nell'assumere che esista un valore di  $C_i$  per ogni singolo complesso omogeneo e nel considerare il valore globale come la media pesata di tali valori caratteristici.

Nel Rapporto VAPI Campania il valore del Coefficiente di deflusso, viene calcolato con la seguente formula:

$$C_f = \sum_{i=1}^3 C_{fi} \cdot A_i / A$$

in cui  $i$  è un indice per il singolo complesso omogeneo ed  $A_i$  è l'area della porzione di bacino che compete a tale complesso. Nel caso in esame e per i *bacini vallivi* i valori sono così definiti:

- $C_{f1}$  = coefficiente di afflusso dell'area permeabile senza bosco = 0.42;
- $C_{f2}$  = coefficiente di afflusso dell'area impermeabile = 0.56;

- $C_{f3}$  = coefficiente di afflusso dell'area permeabile con copertura boschiva = 0.00.

### 2.7.2.3 Tempo di ritardo $t_r$

Per i bacini montani, invece, il tempo di ritardo è stato valutato con la formula “Metodo VAPI-Rapporto Campania (Villani & Rossi, 1995)” nell’ambito del progetto VAPI del C.N.R., riportata, più in particolare, nel rapporto dell’Unità Operativa 1.9 (Dipartimento di Ingegneria Civile dell’Unità di Salerno), “Valutazione delle Piene in Campania” di seguito:

$$t_r = \frac{C_{f1} \cdot (A_1)}{C_f \cdot A} \cdot \frac{1,25}{3,6 \cdot c_1} \cdot \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2} \cdot A_2}{C_f \cdot A} \cdot \frac{1,25}{3,6 \cdot c_2} \cdot \sqrt{A_2}$$

- ✓  $C_1$  = celerità media di propagazione dell’onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree permeabili senza bosco = 0.23 m/s;
- ✓  $C_2$  = celerità media di propagazione dell’onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree impermeabili = 1.87 m/s;
- ✓  $C_{f1}$  = 0.42;
- ✓  $C_{f2}$  = 0.56.

### 2.7.2.4 FATTORE DI CRESCITA $K_T$

Per quanto attiene alla valutazione del fattore regionale di crescita, il rapporto VAPI propone la formulazione riportata sotto forma di una relazione tra  $K_T$  e  $T$  esplicitata come di seguito:

$$K_T = 0,0545 + 0,680 L_n T$$

con un errore inferiore al 5% per  $T \geq 10$  anni

Nella tabella A che segue sono riportati, per diversi periodi di ritorno, i valori di  $K_T$  ottenuti dall’equazione di sopra.

T (anni)	$K_T$
2	0.87
5	1.29
10	1.63
20	2.03
30	2.26
50	2.61
100	3.07
300	3.83
500	4.17
1000	4.64

Tabella 5 – Legge regionale di crescita delle portate per la regione Campania

**STIMA DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA**

**1) MEDIA DEI MASSIMI ANNUALI DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA (in mm)**

<b>M(hd)=</b>	<b>0.43 mm</b>
M(lo)=	83.75
tr = tempo di ritardo del bacino (vedi punto 2) =	0.0052 h
dc=	0.3312
C=	0.7031
D=	0.000077381
z = altitudine media s.l.m. del bacino o dell'area colante (in metri) =	450 m

**2) CALCOLO DEL TEMPO DI RITARDO TR**

<b>Area Bacino</b>	<b>0.4 Km<sup>2</sup></b>
<b>tr=</b>	<b>0.01 h</b>
A1 (aree permeabili senza copertura boschiva)=	0.02 Km <sup>2</sup>
A2 (aree a bassa permeabilità) =	0.11 Km <sup>2</sup>
A3 (aree permeabili con copertura boschiva) =	0.26 Km <sup>2</sup>
A = Superficie effettiva dell'area colante in Km <sup>2</sup> =	0.40 Km <sup>2</sup>
Celerità di propagazione delle piene (c = 1,5 - 2,0 m/sec)	1.50 m/sec

**3) INTENSITA' DI PIOGGIA in mm/ora (MEDIA DEI MASSIMI ANNUALI)  
(riferita al tempo di ritardo)**

<b>m(ltr)=</b>	<b>82.88 mm/ora</b>
----------------	---------------------

SISTEMAZIONE IDRAULICA DLE VALLONE DEL TRAINO ALLA FRAZIONE COSTA  
 Committente: Comune di Mercato San Severino (SA)

**4) PORTATA AL COLMO DI PIENA (in mc/sec)  
 (MEDIA DEI MASSIMI ANNUALI)**

<b>Qmax=</b>	<b>1.02 mc/sec</b>
<b>C<sub>f</sub>=</b>	<b>0.1857</b>
C <sub>r1</sub> (coefficiente di afflusso dell'area permeabile senza bosco) =	0.42
C <sub>r2</sub> (coefficiente di afflusso dell'area impermeabile) =	0.56
C <sub>r3</sub> (coefficiente di afflusso dell'area permeabile con copertura boschiva) =	0.00
Fattore di crescita per T= 5 anni=	1.29
Fattore di crescita per T= 10 anni=	1.63
Fattore di crescita per T= 20 anni=	2.03
Fattore di crescita per T= 30 anni=	2.26
Fattore di crescita per T= 50 anni=	2.61
Fattore di crescita per T=100 anni=	3.07
<b>Qmax(T= 100 anni)=</b>	<b>3.13 mc/s</b>

**Valutazione dei volumi di piena per prefissati periodi di ritorno**

V <sub>5</sub>	V <sub>10</sub>	V <sub>20</sub>	V <sub>30</sub>	V <sub>50</sub>	V <sub>100</sub>	V <sub>300</sub>
Volume per T=5	Volume per T=10	Volume per T=20	Volume per T=30	Volume per T=50	Volume per T=100	Volume per T=300
[m <sup>3</sup> ]						
2034	2570	3200	3563	4115	4840	6038

### 3 ANALISI STATO DI PROGETTO

Dall'analisi dello stato attuale si è riscontrata una situazione dell'alveo, nei punti di interesse, localmente instabile e compromessa, e addirittura nel tratto finale, la cui parte terminale, ad ovest del cimitero comunale, ha assunto il ruolo di strada carrabile incrementando il rischio alluvione dell'area.

L'attuale recapito del vallone, di fatto, è individuabile nella ex SS 266 – Nocerina, che morfologicamente degrada verso il territorio comunale di Castel San Giorgio (SA).

Lo scopo dunque dell'intervento è mirato oltre che a stabilizzare la sezione di deflusso, anche a riprofilare nuovamente l'alveo, nei punti in cui è stato occupato dalla strada e ripristinare la pendenza di equilibrio dell'alveo, attraverso inserimento idraulico di una successione di briglie e ridurre il rischio di trasporto, per salvaguardare la sicurezza dell'abitato esposto a valle.

Le portate dell'alveo, vengono infine raccolte in un Bacino di Accumulo/Dissipazione realizzato nel lato verso valle con movimento di terreno derivanti dalle lavorazioni di escavazione con rinforzi di terre armate, e invece il lato vero monte, da una paratia di pali con parete in cls per impermeabilizzazione.

Pertanto, si rende necessario un intervento volto a:

- ripristinare la sezione trasversale del letto idraulico del torrente, attualmente di dimensione ridotta e dissestata, di forma irregolare e soggetta a continui movimenti con conseguente regolarizzazione del profilo longitudinale;
- Proteggere il fondo dell'alveo da futuri scalzamenti verticali con riduzione di quota del torrente e conseguente messa in sicurezza dell'abitato;
- Realizzazione di un sistema di briglie in gabbioni e materassini tipo "reno" in modo da regolarizzare la pendenza, ridurre la velocità e di conseguenza l'erosione e il trasporto solido;
- Realizzazione di un bacino di accumulo/dissipazione di dimensioni tali da contenere il volume definito nei calcoli nei paragrafi precedenti;

SISTEMAZIONE IDRAULICA DLE VALLONE DEL TRAINO ALLA FRAZIONE COSTA  
Committente: Comune di Mercato San Severino (SA)

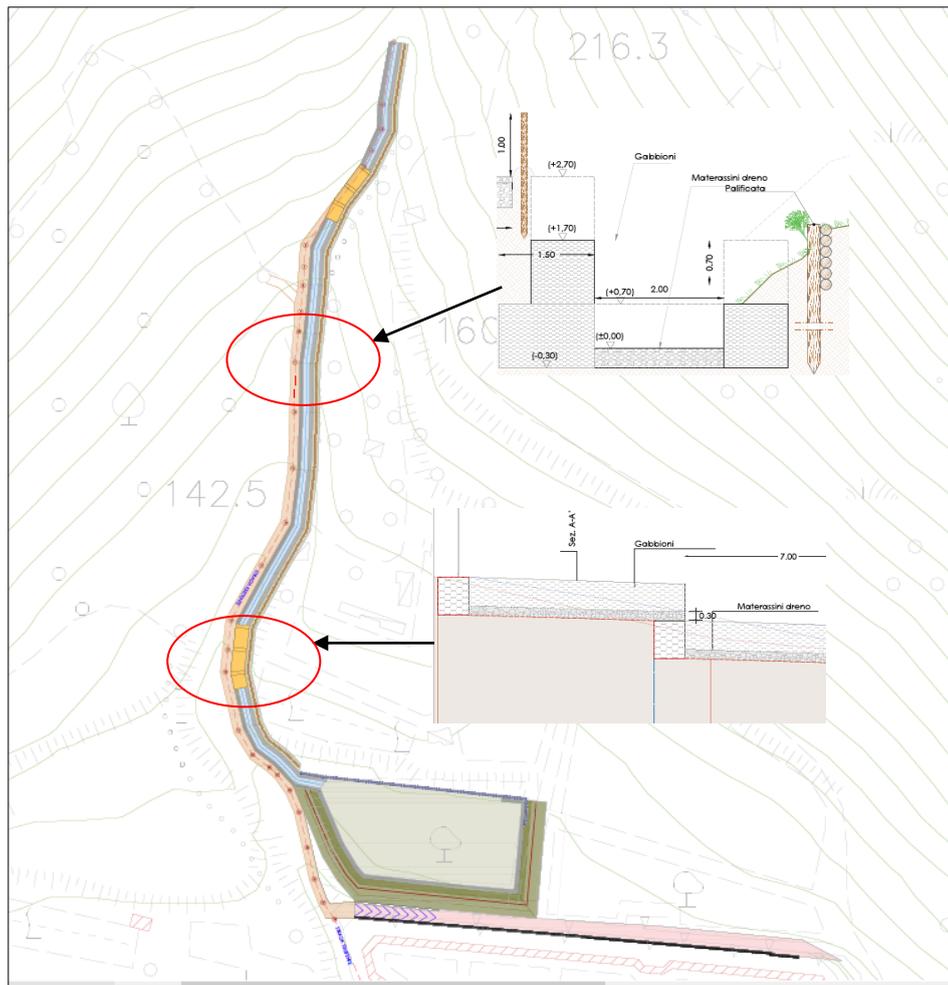


Fig. 8 – Opere in Progetto per la regimazione idraulica del Torrente Traino

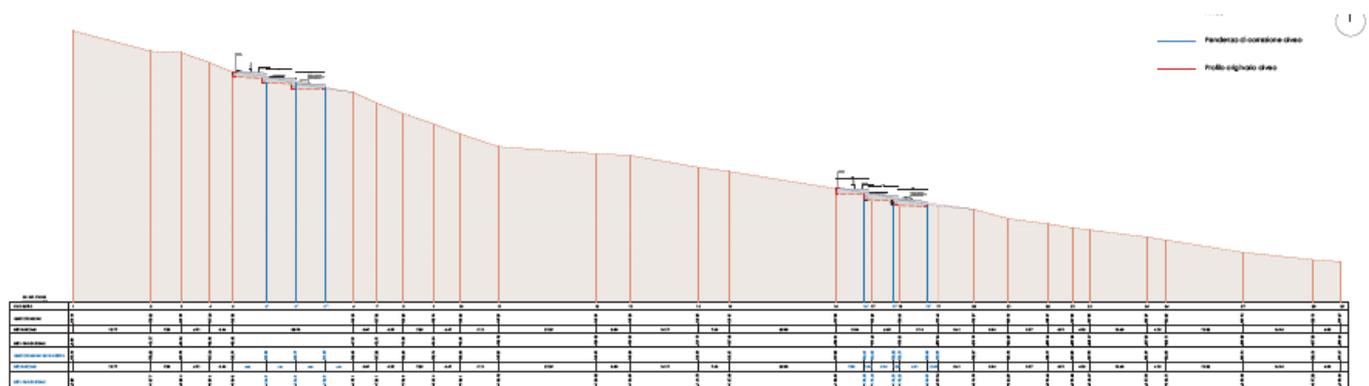
L'intervento, atto quindi a ristabilire idraulicamente il corretto deflusso delle acque, creando delle sezioni di deflusso regolari e definite e ripristinando la configurazione idraulica originaria, mediante la ricostruzione dell'opera di contenimento e regimazione ad oggi dissestata.

Gli interventi che verranno realizzati, atti ad assolvere quanto sopra argomentato sono i seguenti:

- realizzazione in due punti del torrente, al fin di stabilire la pendenza di equilibrio delle portate, di due nuove disposizione di salti di briglie in serie in gabbioni metallici e materassini tipo "reno" come soglie di fondo, adeguatamente e saldamente ammorsate alle sponde, e conseguente riprofilatura dell'andamento longitudinale con riduzione della pendenza del tratto in oggetto;
- realizzazione di opere di protezioni spondale in destra idraulica di gabbioni con rete metallica e in sinistra idraulica di riprofilatura alveo con palizzata in legno e opere di geostuoia antierosione tridimensionale tale da permettere il rinverdimento;
- realizzazione vasca di accumulo/dissipazione con portata di accumulo di circa 5000m<sup>3</sup>;

SISTEMAZIONE IDRAULICA DLE VALLONE DEL TRAINO ALLA FRAZIONE COSTA  
Committente: Comune di Mercato San Severino (SA)

La nuova sezione trasversale che verrà realizzata sarà regolare di tipo rettangolare con rivestimento laterale in destra idraulica in gabbioni metallici, e sinistra idraulica in palizzata in legno con rivestimento antierosione. Inoltre sarà prevista anche protezione antierosione sul fondo alveo. Nella figura seguente è riportato il nuovo profilo di progetto con la riduzione globale di pendenza, e le opere per ripristinare la pendenza, posizionata in pinti ritenuti fondamentali.

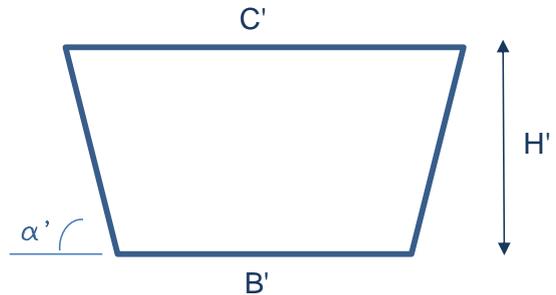


**SISTEMAZIONE IDRAULICA DLE VALLONE DEL TRAINO ALLA FRAZIONE COSTA**  
 Committente: Comune di Mercato San Severino (SA)

**CANALE SEZIONE TRAPEZIA**  
 Sezione di progetto - profilo A di intervento

Dimensioni geometriche della sezione :

Sezione 1 - alveo		
B' =	2	m
C' =	2.75	m
H' =	1.6	m
$\alpha'$ (gradi) =	56	



Pendenza fosso i = 0.1

mk' = 2 m<sup>1/2</sup>  
 mk'' = 0.68 m<sup>1/2</sup>

coefficiente di resistenza di Kutter (massi)  
 coefficiente di resistenza di Kutter (terra con parziale sistemazione)

- h= battente idrico
- Ab= Area bagnata
- Pb= Perimetro bagnata
- R<sub>H</sub>= raggio idraulico = Ab/Pb
- $\chi$  = coefficiente di scabrezza di Kutter
- v = velocità di deflusso con metodo di Chèzy
- Q<sub>n</sub> = portata di massima piena con tempo di ritorno T=50 anni
- Q<sub>c</sub> = portata di calcolo collettata nella sezione di riferimento

$$Q_c = v \cdot A_b \quad (m^3/s) \quad v = \chi \cdot \sqrt{R_H \cdot i} \quad (m/s)$$

**METODO DI CHEZY**

B (m)	$\alpha^\circ$ (rad)	Q <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /s)	h(m)	Ab(m <sup>2</sup> )	Pb(m)	R <sub>H</sub> (m)	i	$\chi$ (m <sup>1/2</sup> /s)	v(m/s)	Q <sub>c</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>c</sub> -Q <sub>n</sub>	Verifica
2.5	0.97738438	3.73	1.55	5.495507	6.239276	0.880792	0.1	31.9381892	9.47866281	52.09006	48.360055	ok

Natura della superficie	Scabrezza assoluta $e_s$ (10 <sup>-4</sup> m)	Coefficiente K <sub>s</sub> (m <sup>1/3</sup> /s)	Indice di Bazin $\gamma_B$	Indice di Kutter m <sub>K</sub>
<b>Rivestiti con:</b>				
conglomerati bituminosi	5-90	75-57	0.15-0.53	0.33-0.76
mattoni	10-90	72-57	0.21-0.53	0.39-0.76
prefabbricato	3-30	95-70	0.11-0.25	0.17-0.36
pietrame ad opera incerta		50-20	0.74-3.35	1.00-4.00
pietre		30-15	1.9-4.8	2.33-5.67
<b>Scavati o dragati:</b>				
in terra con manutenzione		60-30	0.45-1.9	0.17-0.36
in roccia o terra senza manutenzione		50-20	0.74-3.35	1.00-4.00

Immagine 18 Coefficienti di scabrezza per differenti superfici

Dall'analisi fatta sulla nuova configurazione di progetto, è evidente che in situazioni estreme di massima piena la sezione trasversale è tale da garantire il deflusso idrico in condizioni di sicurezza con livelli di battente idraulico di modeste dimensioni, con altezze riscontrabili per fenomeni associati a TR 100 anni al massimo pari a 1.55 m e tali da non occupare circa il 70% dell'altezza massima sfruttabile della sezione di progetto.

### Trasporto Solido

Nel corso degli eventi di piena, il fondo degli alvei subisce modifiche morfologiche, innescate da cause che possono essere definite "intrinseche" (dovute cioè a fenomeni naturali quali confluenze, curve, ostacoli naturali ecc.) o "indotte" (legate ad alterazioni di origine antropica diretta o indiretta, quali opere in alveo, escavazioni, ecc.).

La valutazione di tali fenomeni riveste notevole importanza ai fini della verifica della profondità di posa del Metanodotto.

Il principale tra i termini fondamentali di analisi è comunque direttamente conseguente agli effetti idraulici del deflusso di piena, in relazione alle caratteristiche geometriche dell'alveo, e quindi ai parametri idraulici della corrente.

Le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso. In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 cm, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione.

Nel presente paragrafo viene realizzato lo studio del trasporto solido del Fosso San Filippo, e determinato il diametro massimo che può essere trasportato nelle condizioni idrauliche analizzate.

Il trasporto di fondo ha inizio quando il valore delle tensioni tangenziali sul contorno bagnato,  $\tau_0$ , oltrepassa lo sforzo tangenziale resistente limite,  $\tau_{cr}$ , che dipende in larga misura dalle dimensioni dei grani posti sul contorno.

Il valore della tensione tangenziale media (lo sforzo non è uniforme lungo il contorno), sul contorno bagnato può ottenersi esprimendo la condizione di equilibrio alla traslazione (nel senso del moto), tra la componente del peso di un tratto del corso d'acqua e l'azione resistente che si sviluppa lungo il contorno della sezione.

Si procede analizzando il valore medio della tensione tangenziale al fondo:

$$\tau_0 = \gamma_w \cdot i \cdot R_H$$

$\gamma_w$  = peso specifico dell'acqua

$R_H$  =Raggio idraulico della sezione

$i$  = pendenza media dell'alveo (assunta pari a 0.1)

La tensione di moto incipiente  $\tau_{cr}$  relativo al diametro  $d$  del granulo che può essere trasportato in condizioni idrauliche, invece è stata definita attraverso la formula di Shields (1936), in cui si fa dipendere il valore di tale tensione in funzione del numero di Reynolds relativo alla velocità d'attrito.

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma_w) * d} = \theta(Re)$$

Per regime di moto turbolento ( $Re > 300$ ) e per valori di  $d$  comparabili con il tirante  $h$  (A. Armanini), attraverso la curva di Shields si ricava il valore  $\theta(Re)$ . I valori di  $d$  e  $h$ , rappresentano rispettivamente il massimo diametro dell'inerte movimentabile e il tirante idrico.

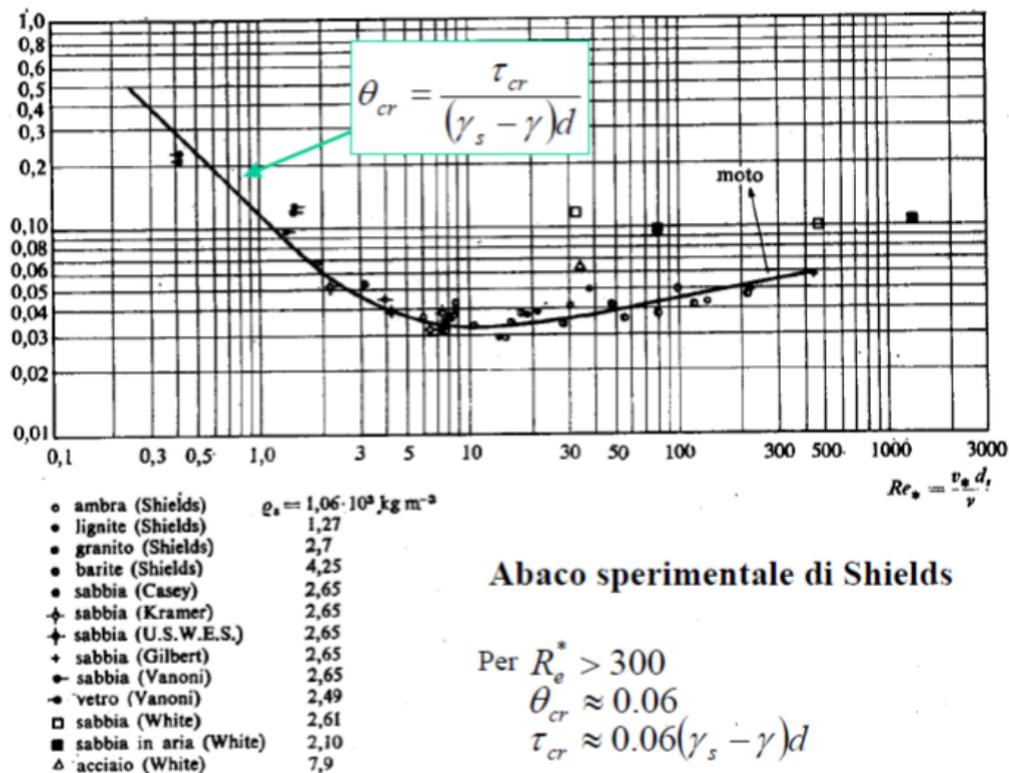


Fig. 10 – Curva di Shields

Iterativamente si ottiene il diametro massimo che la corrente è in grado di mobilitare con le condizioni di sezione alveo, altezza del pelo libero, velocità e portata determinati precedentemente.

**Trasporto solido**

- $\gamma =$  10000  $\text{N/m}^3$  peso specifico dell'acqua
- $\gamma_s =$  25000  $\text{N/m}^3$  peso specifico dei sedimenti
- $\tau_0 =$  tensione tangenziale al fondo
- $\tau_{cr} =$  tensione tangenziale critica per il moto incipiente
- $d =$  diametro massimo del granulo

$\tau_0$ ( $\text{N/m}^2$ )	$d$ (m)	$\tau_{cr}$ ( $\text{N/m}^2$ )	$\tau_0 - \tau_{cr}$
281.48	0.21	277.78	-3.70

Pertanto, in condizioni di piena, ci si aspetta certamente la movimentazione dei materiali presenti in

SISTEMAZIONE IDRAULICA DLE VALLONE DEL TRAINO ALLA FRAZIONE COSTA  
 Committente: Comune di Mercato San Severino (SA)

loco, in quanto di diametro sicuramente inferiore a quello massimo trasportabile. Considerando la tipologia di terreno presente abbiamo certezza che con il moto che si instaura in condizioni di piena, qualora non vengano presi provvedimenti, il fenomeno di erosione progredirà ulteriormente smottando gli argini ed il fondo già compromessi facendo progredire il dissesto dell'alveo.

Il calcolo analogo sviluppato per la condizione di progetto, in cui il fondo e le sponde sono rivestite in gabbioni e la pendenza è notevolmente ridotta, determina per la condizione di piena quanto segue:

--	--	--	--

**Trasporto solido**

- $\gamma =$  10000 N/m<sup>3</sup> peso specifico dell'acqua
- $\gamma_s =$  25000 N/m<sup>3</sup> peso specifico dei sedimenti
- $\tau_0 =$  tensione tangenziale al fondo
- $\tau_{cr} =$  tensione tangenziale critica per il moto incipiente
- $d =$  diametro massimo del granulo

$\tau_0$ (N/m <sup>2</sup> )	d (m)	$\tau_{cr}$ (N/m <sup>2</sup> )	$\tau_0 - \tau_{cr}$
168.89	0.13	167.00	-1.89

Tipo di canale	Bazin $\gamma$ (m <sup>1/2</sup> )	Kutter $m$ (m <sup>1/2</sup> )
Pareti di cemento perfettamente lisciate. Pareti di legno piallato. Pareti metalliche, senza risalti nei giunti.	0.06	0.12
Stessi materiali ma in presenza di curve.	0.10	0.18
Pareti di cemento non perfettamente lisciate. Muratura di mattoni molto regolare. Pareti metalliche con chiodatura ordinaria.	0.16	0.20-0.25
Pareti di cemento in non perfette condizioni. Muratura ordinaria più o meno accurata. Pareti di legno grezzo eventualmente con fessure.	0.23-0.36	0.35-0.55
Pareti di cemento solo in parte intonacate. Muratura irregolare o di pietrame. Terra regolarissima senza vegetazione.	0.46	0.55-0.75
Terra abbastanza regolare. Muratura vecchia, in condizioni non buone, con depositi di limo al fondo.	0.60-0.85	0.75-1.25
Terra con erba sul fondo. Corsi d'acqua naturali regolari.	1.30	1.50
Terra in cattive condizioni. Corsi d'acqua naturali con ciottoli e ghiaia.	1.75	2.00
Canali in abbandono con grande vegetazione. Corsi d'acqua con alveo in ghiaia e movimento di materiale sul fondo oppure scavati in roccia con sporgenze	2.00-2.30	3.00

*Figura11 - Coefficienti di scabrezza per differenti superfici*

Il diametro massimo che può essere trasportato con condizioni idrauliche pari a quelle che si instaurerebbero in condizioni di piena per alveo previsto da progetto è pari a 0.13m, minore di 0.30-0.50 m minimi previsti per il rivestimento di fondo e sponde.

Quanto calcolato conferma che l'intervento può essere considerato duraturo nel tempo in quanto,

SISTEMAZIONE IDRAULICA DLE VALLONE DEL TRAINO ALLA FRAZIONE COSTA  
Committente: Comune di Mercato San Severino (SA)

anche in massime condizioni estreme per TR=100 anni, il pietrame prescritto ed adottato per l'intervento, sia sul fondale che lateralmente, non sarà rimosso dal flusso idrico di piena.