



# COMUNE DI CAPACCIO PAESTUM

PROVINCIA DI SALERNO

IL commitente:  
Comune di  
**CAPACCIO PAESTUM**

## PROGETTO ESECUTIVO

CUP.: H41B21000840001

Oggetto:

*"Interventi di rigenerazione urbana delle borgate volti alla riduzione dei fenomeni di marginalizzazione e degrado sociale, nonché al miglioramento della qualità, del decoro urbano e del tessuto sociale ed ambientale".*

Elaborati:

## E. 1.4

### RELAZIONI

RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO  
TUBAZIONI FOGNARIE

Sindaco  
**Avv. Alfieri Francesco**

IL R.U.P.:  
**Ing. Giovanni Vito Sello**



I Progettisti:

RTP  
**Ing. Luca Picilli**

(capogruppo Gmarche)



Arch. **Domenico Scorziello**  
(mandante)



Data:  
**Dicembre 2022**

**Oggetto: “Interventi di rigenerazione urbana delle borgate volti alla riduzione dei fenomeni di marginalizzazione e degrado sociale, nonché al miglioramento della qualità, del decoro urbano e del tessuto sociale ed ambientale”**

## **INDICE – Piazza “Borgo Cafasso”**

<b>1. Generalità.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Premessa .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Caratteristiche idrografiche del bacino.....</b>	<b>3</b>
<b>4. La procedura Vapi .....</b>	<b>3</b>
5.1 Calcolo Portata Bacino Principale:.....	6
5.2 Calcolo Portata Sottobacino: .....	13
<b>6. Criteri progettuali .....</b>	<b>16</b>
<b>7. Dimensionamento tubazioni di progetto.....</b>	<b>16</b>
<b>8. Conclusioni .....</b>	<b>19</b>

# **DIMENSIONAMENTO DELLE TUBAZIONI FOGNARIE PER IL DEFLUSSO DELLE ACQUE METEORICHE**

## **RELAZIONE IDRAULICA E CALCOLO PORTATA per un T=100 anni PIAZZA "BORGO CAFASSO"**

### **1. Generalità**

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento della tubazione della rete di fognatura, per il deflusso delle acque bianche provenienti dalla sistemazione della Piazza "Borgo Cafasso" nel Comune di Capaccio Paestum (SA).

Il dimensionamento e la relativa verifica idraulica prevedono, in primis, la conoscenza dei dati pluviometrici della zona, il calcolo della portata pluviale mediante formule di trasformazione afflussi-deflussi, la scelta del tipo di tubazione ed infine il calcolo del diametro delle tubazioni con la pendenza necessaria per il corretto allontanamento delle acque.

### **2. Premessa**

La presente relazione idrologica ed idraulica illustra le ipotesi ed i calcoli di verifica relativi alla stima delle massime portate al colmo di piena nonché vengono descritte e determinate le caratteristiche idrogeologiche del bacino imbrifero in esame ed i parametri idraulici con lo scopo di valutare lo stato di regimentazione della tubazione, sia ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche, sia ai fini della verifica dell'efficacia stessa.

L'intervento da realizzare prevede la sistemazione della Piazza "Borgo Cafasso" utilizzando opportuni sistemi di pozzetti e tubazioni di diverso diametro al fine di garantire il normale deflusso delle acque meteoriche.

Un elemento indispensabile per poter procedere ad un serio programma di interventi è, senza dubbio, una corretta stima della massima portata al colmo corrispondente ad un prefissato periodo di ritorno (portata di progetto).

Fino ad alcuni decenni addietro gli interventi effettuati prescindevano dall'esistenza di un rischio idrologico: la piena di progetto era valutata usando metodi empirici e deterministici, basati sulla massima portata osservata nelle stazioni di misura e su curve inviluppo con l'area del bacino sotteso.

Le piene disastrose degli ultimi decenni hanno così portato a riconoscere che la sicurezza assoluta non esiste ed è quindi inevitabile associare alle piene di progetto un qualche livello di rischio che deve essere accettato. Da qui la necessità del mondo scientifico di far riferimento a studi statistici che per definizione considerano la probabilità di superamento come rischio accettabile.

In particolare hanno avuto un impatto positivo gli studi statistici su base regionale, poiché questi ultimi utilizzano tutta l'informazione idrologica disponibile nella regione di interesse riducendo così l'incertezza della stima.

Si farà riferimento nel seguito ai risultati ed alle metodologie messe a punto nell'ambito del progetto "VALUTAZIONE DELLE PIENE IN ITALIA" denominato progetto VAPI.

Il principale obiettivo del progetto è quello di fornire delle relazioni in modo da arrivare alla stima della massima portata di progetto relativa ad un prefissato periodo di ritorno.

### 3. Caratteristiche idrografiche del bacino

Per un più corretto dimensionamento delle tubazioni si è considerato di suddividere l'area con tubazioni principali e tubazioni secondarie aventi rispettivamente un bacino principale più ampio ed un sottobacino più piccolo. Per tale scopo si è considerato il bacino grande più ampio ed il sottobacino più ampio come riportato di seguito:

BACINO PRINCIPALE	SOTTOBACINO SECONDARIO
$5.750\text{m}^2 = 0,00575\text{km}^2$	$2.050\text{m}^2 = 0,00205\text{km}^2$

### 4. La procedura Vapi

La metodologia adottata nel progetto VAPI (Valutazione di piene in Campania) messo a punto dal C.G.G.R.I. dell'Università di Salerno, fa riferimento ad un **approccio di tipo probabilistico** per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena, sicché non esiste un valore massimo assoluto, ma ad ogni valore della portata di piena viene associato una probabilità che si verifichino eventi di piena con valori superiori.

Per ridurre le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari in ogni singolo punto ed alla variabilità da sito a sito del valore indice della piena, si adotta una metodologia di **analisi regionale** che si avvale anche di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni intense sul bacino. Tale approccio consente di utilizzare non solo tutta l'informazione idrometrica ma anche tutta quella pluviometrica, posseduta su un dato territorio.

In particolare, viene adottato un **modello probabilistico a doppia componente** TCEV (Two Component Extreme Value) che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi; la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma spesso catastrofici.

Si è fatto riferimento ad una **procedura di regionalizzazione gerarchica**, in cui i diversi parametri del modello probabilistico vengono valutati a scale regionali differenti, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso. In particolare, per i parametri di ordine più elevato (forma e scala), si analizzano ampie regioni che si suppongono omogenee nei suoi confronti. Le analisi svolte nel presente Rapporto mostrano che, qualunque sia la durata delle precipitazioni, da 5 min a 5 giorni, quasi ovunque tali parametri sono unici e non si può rigettare l'ipotesi che le corrispondenti regioni siano omogenee a tale livello, per cui i parametri di forma e di scala assumano valore unico non solo con le durate ma anche da sito a sito nella regione. Tali conclusioni portano a dire che il rapporto fra il valore con generico rischio di una variabile ed il valore indice (o media), detto **coefficiente probabilistico di crescita, assume una legge di variazione con il rischio unica per l'intera regione**.

Per la stima della piena media annua sono stati presi in considerazione i principali fattori climatici, geomorfologici, idrogeologici e di uso del suolo del bacino.

Sono state effettuate **analisi di correlazione** di tipo empirico e sono stati presi in considerazione modelli concettuali di trasformazione afflusso-deflusso. Tra quelli più usati si citano quello basato sulla classica **formulazione razionale** e quello di tipo **geomorfoclimatico** che identifica la risposta del bacino attraverso

due parametri concettuali, il **coefficiente di afflusso** di piena, che separa le precipitazioni totali negli afflussi efficaci alla piena ed il tempo di ritardo del bacino.

Generalmente essi dipendono da tre **complessi omogenei**: le **aree permeabili con copertura boschiva**, praticamente non contribuenti alla piena, le **aree permeabili senza copertura boschiva**, con basso contributo unitario e con deflusso lento, e le **aree impermeabili**, con più elevato contributo unitario e deflusso più rapido.

**Le fasi di tale procedura sono:**

1. Calcolare l'**area A** del bacino idrografico assegnato.

2. Calcolare la quota media del bacino:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_i A_i \cdot Z_i}{A}$$

3. Calcolare i coefficienti geomorfologici: l'**area permeabile** senza bosco A1, **permeabile** con bosco A3 e **impermeabile** A2.
4. Calcolare il coefficiente probabilistico di crescita  $K_T$  per piogge e portate invertendo la seguente formula:

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

per le piogge:  $\theta_* = 2.136$   $\Lambda_* = 0.224$   $\Lambda_1 = 37$   $\eta = 4.909$

per le portate:  $\theta_* = 2.634$   $\Lambda_* = 0.350$   $\Lambda_1 = 13$   $\eta = 3.901$

5. Decidere se applicare il metodo geomorfoclimatico 1 o 2 e calcolare i relativi valori del coefficiente di afflusso e del tempo di ritardo:

Metodo Geomorfoclimatico:

Calcolare  $C_f$

$$c_f = c_{f1} \frac{A_1}{A} + c_{f2} \frac{A_2}{A} + c_{f3} \frac{A_3}{A}$$

$$c_{f1} = 0.42$$

$$c_{f2} = 0.56$$

$$c_{f3} = 0.00$$

Dove le aree A1, A2 e A3 si riferiscono alle porzioni di bacino rispettivamente: Permeabili senza bosco, impermeabili e permeabili con bosco

Calcolare  $t_r$

$$t_r = \frac{c_{f1} A_1}{c_f A} \frac{1.25 \sqrt{A_1}}{3.6 c_1} + \frac{c_{f2} A_2}{c_f A} \frac{1.25 \sqrt{A_2}}{3.6 c_2}$$

$$c_1 = 0.23 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 1.87 \text{ m/s}$$

6. Individuare l'area omogenea (o le aree omogenee) nella quale ricade il bacino e caricare i relativi valori dalla seguente tabella:

Area omogenea	$\mu(I_0)$ [mm/ora]	$d_c$ [ora]	C	$D \cdot 10^{-5}$
1	77.08	0.3661	0.7995	8.6077
2	83.75	0.3312	0.7031	7.7381
3	116.7	0.0976	0.7360	8.7300
4	78.61	0.3846	0.8100	24.874
5	231.8	0.0508	0.8351	10.800
6	87.87	0.2205	0.7265	8.8476

Se il bacino ricade in un'unica area omogenea, caricare i corrispondenti valori dei coefficienti. Nel caso che il bacino ricada tra più aree omogenee, calcolare l'area di ciascuna zona ed i relativi valori dei coefficienti  $\mu_0$ ,  $d_c$ , C, D mediati sulle relative aree omogenee, nel seguente modo:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i a_i \cdot X_i}{A}$$

dove X sta per  $\mu_0$ ,  $d_c$ , C, D

7. Calcolare  $\beta = C - DZ$  (nel caso di più di un'area omogenea:  $\beta = \bar{C} - \bar{DZ}$ )
8. Scegliere la durata della pioggia alla quale occorre fare riferimento: d (o  $t_r$ )
9. Calcolare la legge di probabilità pluviometrica  $\mu[I(d)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta}$
10. Calcolare il fattore di riduzione areale  $K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3})$   
 $c_{k1} = 0.0021$   
 $c_{k2} = 0.53$   
 $c_{k3} = 0.25$

11. Calcolare l'intensità di pioggia media sull'intero bacino (pioggia media areale):

$$I_A = K_A \cdot \mu[I(d)]$$

12. Calcolare il coefficiente di attenuazione del colmo di piena  $q = \begin{cases} 0.60 \\ 0.65 \end{cases}$  se  $\begin{cases} 0.25 \leq n' \leq 0.45 \\ 0.45 \leq n' \leq 0.65 \end{cases}$

$$n' = 1 + K_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c}$$

$$K_1 = 1.44 \cdot 10^{-4}$$

13. Calcolare la portata indice  $\mu(Q) = c_f \cdot q \cdot k_A(d) \cdot \mu[h(d)] \cdot A$

14. Calcolare il fattore di riduzione dei colmi di piena  $r(D) = (1 + \alpha D / t_r)^{(n'-1)}$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{1}{2} n' \right)$$

$$n' = 1 + k_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c}$$

15. Calcolare il massimo annuale della portata media nella durata "d":

$$\mu(Q_d) = \mu(Q) \cdot r(d)$$

16. Calcolare il Massimo Annuale dell'Intensità di Pioggia in una fissata durata:

$$I_T = K_T \cdot I_A$$

17. Calcolare il Massimo Annuale della Portata al colmo di piena:

$$Q_T = K_T \cdot \mu[Q]$$

18. Per calcolare il Massimo Annuale del Volume di piena in una fissata durata si fa riferimento al massimo annuale della portata media nella durata D, corrispondente al periodo di ritorno T:

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d]$$

5. Valutazione del volume di piena per un assegnato periodo di ritorno T e durata D, sarà pari a  $Q_{D,T}$

#### 5.1 Calcolo Portata Bacino Principale:

Superficie del bacino	S [Km <sup>2</sup> ]	0,00575	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco	A <sub>1</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,0000575	0,01	1,00
Superficie non carbonatica del bacino	A <sub>2</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,0054625	0,95	95,00
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva	A <sub>3</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,00023	0,04	4,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera	T [anni]	100		
Area pluviometricamente omogenea n°	1			
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	23			

Nel Rapporto VAPI Campania è stato mostrato che, dal punto di vista della permeabilità dei litotipi affioranti, durante i fenomeni di piena si possono essenzialmente individuare due complessi idrogeologici: il primo, ad alta permeabilità, comprende tutte le rocce carbonatiche intensamente fratturate; nel secondo vengono compresi tutti gli altri litotipi, a cui si attribuisce mediamente una permeabilità nettamente minore che per le rocce carbonatiche del primo tipo.

Sempre ai fini dei deflussi di piena, è stato mostrato inoltre che una certa influenza viene esercitata anche dalla presenza di copertura boschiva, essenzialmente in funzione del tipo di permeabilità del terreno interessato.

Indicate rispettivamente nella tabella con:

A1) Aree permeabili senza copertura boschiva;

A2) Aree a bassa permeabilità;

A3) Aree permeabili con copertura boschiva.

$$m[I(t_r)] = \frac{m[I_0]}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^B}$$

### Metodo Geomorfoclimatico

Ad eventi di pioggia brevi ed intensi corrispondono, di solito, deflussi di piena nella sezione terminale del bacino dovuti essenzialmente allo scorrimento delle acque sui versanti e nei canali della rete idrografica.

Il bilancio idrologico di un bacino durante i fenomeni di piena può pertanto essere schematizzato considerando che fra i volumi in ingresso e quelli in uscita si stabilisce una relazione per effetto di una concomitante trasformazione dei due sottosistemi da cui è costituito il bacino.

Per la valutazione dei volumi di piena per un assegnato periodo di ritorno T e durata D nel VAPI si è fatto riferimento alla seguente legge:

$$Q_{D,T} = K_T \cdot \mu(Q_D)$$

$K_T$  =coefficiente di crescita probabilistico; per ogni zona omogenea risulta funzione solo di T;

$\mu(Q_D)$  = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena.

$$K_T = \left( \frac{\mathcal{G}^* \cdot \text{Ln}(\Lambda_*)}{\eta} + \frac{\text{Ln}(\Lambda_1)}{\eta} \right) + \frac{\mathcal{G}^*}{\eta} \cdot \text{Ln}(T)$$

In particolare si è fatto riferimento, per la legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata alla legge a quattro parametri del Progetto VAPI i cui valori sono stati determinati attraverso una procedura di stima regionale utilizzando:

- I massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- Le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.



I parametri stimati tramite la TCEV per l'intera Campania sono:

**T=100anni**

$\theta^*$	2,634
$\Lambda_*$	0,35
$\ln(\Lambda_*)$	-1,0498221
$\Lambda_1$	13
$\ln(\Lambda_1)$	2,5649494
$\eta$	3,901
$\ln(T)$	4,6051702

L'indagine regionale per la determinazione della legge regionale di crescita con il periodo di ritorno  $K_T(T)$ , svolta nel Rapporto VAPI Campania, ha condotto alla seguente relazione:

$$K_T = -0.0567 + 0.680 \times \ln T \quad (T = \text{tempo di ritorno})$$

**Per T=100 anni**

Da cui si ha che :  $K_T = 3,06$

Per la Campania si può utilizzare, per periodi di ritorno  $T > 10$  anni la seguente formula approssimata :

$$K_T = -0,0567 + 0,680 \cdot \ln(T)$$

**Per T=100 anni**

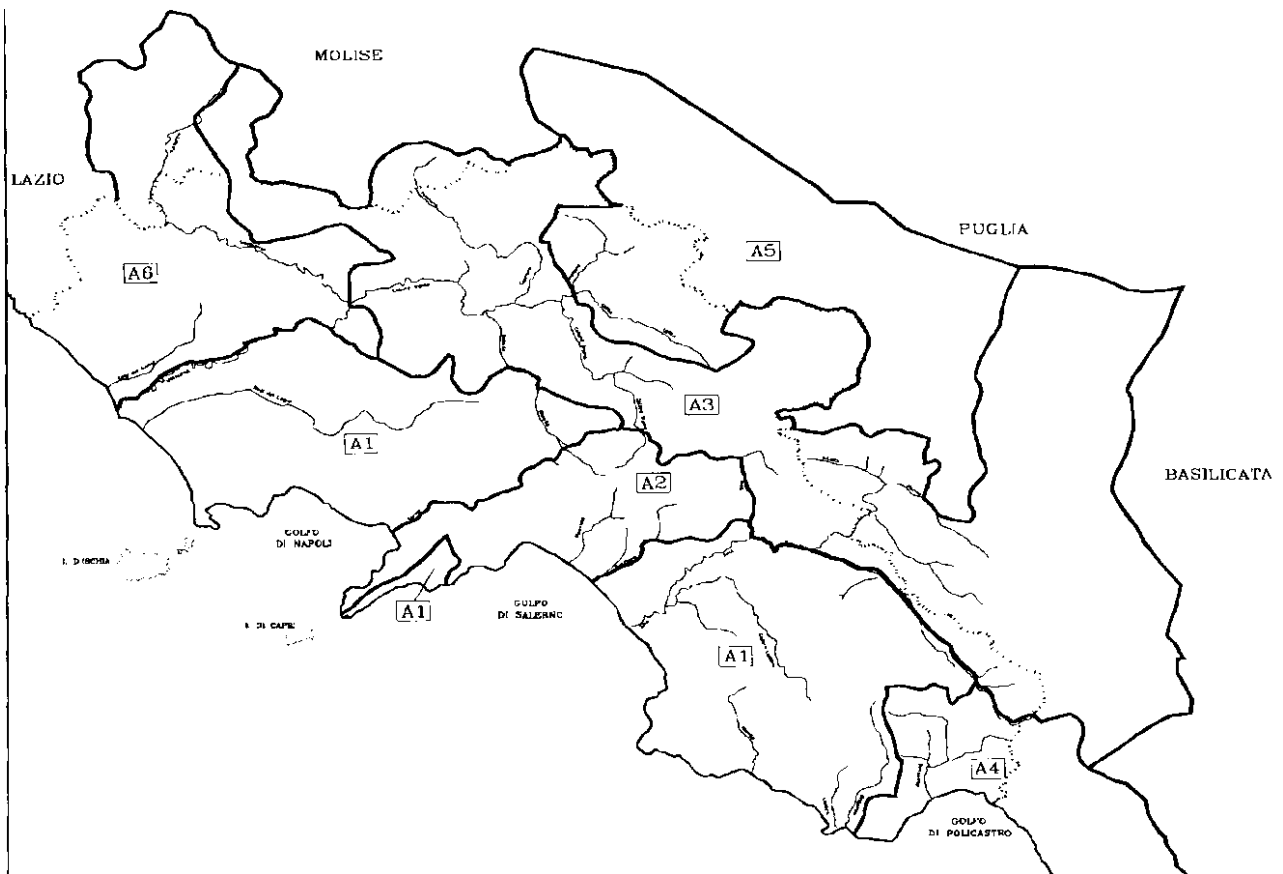
da cui ha che :  $K_T = 3,07$

Il grafico di seguito riportato rappresenta la cartografia schematica della regione Campania con indicazione della suddivisione del territorio in 6 aree pluviometriche omogenee per quanto riguarda la regionalizzazione delle medie dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliere.

Sui versanti, un'aliquota delle precipitazioni totali viene persa a causa del fenomeno dell'infiltrazione e quindi ai fini del bilancio di piena nella sezione finale contribuisce soltanto una parte delle precipitazioni totali, definita pioggia "efficace" nella rete idrografica. L'aliquota delle piogge efficaci derivante dai versanti viene invasata e trasportata alla sezione di sbocco a costituire l'idrogramma di piena, che si manifesta con un certo ritardo nei confronti del pluviogramma che lo ha causato.

Per definire l'effetto dei versanti sulla determinazione della pioggia "efficace" si definisce il coefficiente di afflusso di piena  $C_f$  il rapporto tra i volumi di piena e le precipitazioni totali sul bacino in un prefissato intervallo di tempo: le perdite sono sostanzialmente dovute all'infiltrazione e all'intercettazione da parte dell'apparato fogliare.

Per tenere conto del ritardo con cui l'idrogramma di piena si manifesta nella sezione di chiusura di un bacino rispetto al pluviogramma che lo ha determinato, è necessario definire una funzione di risposta del bacino stesso ad un ingresso impulsivo unitario detto anche idrogramma unitario istantaneo o IUH.



$\mu ( Q_D)$  = valore medio della distribuzione del max annuale delle portate al colmo di durata D:

$$\mu(Q_D) = \mu(Q) \cdot r(D)$$

$\mu ( Q)$  = è la piena media annua;

$r (D)$  = fattore di riduzione dei colmi di piena.

La relazione per il calcolo della piena indice con il modello geomorfoclimatico può essere scritta come:

$$\mu(Q) = Cf \cdot q \cdot K_A(t_r) \cdot \mu[I(t_r)] \cdot \frac{S}{3,6}$$

Dove :

$Cf$ : coefficiente di afflusso di piena del bacino;

$q$ : coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena;

$t_r$ : tempo di ritardo del bacino con la durata critica delle precipitazioni sul bacino, in ore;

$K_A(t_r)$ : fattore di riduzione areale

$\mu[I(t_r)]$ : valore medio del massimo annuale dell' intensità di pioggia di durata  $t_r$ ;

$S$ : superficie del bacino.

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

Con la suddivisione in tre complessi omogenei (con copertura boschiva), si ha:

$$C_f = C_{f1} \frac{A_1}{A} + C_{f2} \frac{A_2}{A} + C_{f3} \frac{A_3}{A}$$

dove:

Cf1 = coefficiente di afflusso dell'area permeabile senza bosco = 0,42;

Cf2 = coefficiente di afflusso dell'area impermeabile = 0,56;

Cf3 = coefficiente di afflusso dell'area permeabile con bosco = 0,00.

Il tempo di ritardo del bacino, nel caso di bacini eterogenei dal punto di vista idrogeologico, può essere calcolato come media pesata del ritardo medio di ognuno dei complessi. Quindi la durata critica delle precipitazioni sul bacino risulta definito dalla seguente relazione:

$$t_r = \frac{C_{f1}}{C_f} \cdot \frac{A_1}{S} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_1} \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2}}{C_f} \cdot \frac{A_2}{A_{tot}} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_2} \sqrt{A_2}$$

Dove per il metodo Geomorfoclimatico in esame i valori sono:

- $c_1$  = 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.

$Cf_1$	0,42
$Cf_2$	0,56
$c_1$ [m/s]	0,23
$c_2$ [m/s]	1,87

Nel nostro caso si ha:

$Cf$	0,5362
$t_r$ [ore]	0,01

$Cf_1/(Cf \cdot c_1)$	3,4056079
$Cf_2/(Cf \cdot c_2)$	0,5584954

Il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena viene così definito:

$$q = \begin{cases} = 0.60 se & 0.25 \leq n' \leq 0.45 \\ = 0.65 se & 0.45 \leq n' \leq 0.65 \end{cases}$$

dove  $n'$  risulta essere pari ad :

$$n' = 1 + K_1 \cdot S - \frac{\beta \cdot (t_r / d_c)}{1 + (t_r / d_c)}$$

in cui  $\beta$  e  $d_c$  sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata , mentre  $K_1$  è un coefficiente numerico pari a :

$K_1$	0,000144
-------	----------

Il valore medio del massimo annuale dell' intensità di pioggia di durata  $t_r$  risulta essere pari ad:

$$\mu[I(t_r)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^\beta}$$

dove  $\mu(l_0)$  il valore medio del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea ed è funzione della zona omogenea e dove  $\beta$  è pari ad

$$\beta = C - |D| \cdot z$$

anche i coefficienti C e D dipendono dalla zona omogenea mentre  $\beta$  è funzione della quota media del bacino z:

Area omogenea	n. stazioni	$\mu(l_0)$ [mm/ora]	$d_c$ [ore]	C	$D \times 10^5$	$r^2$
1	14	77,08	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994
2	12	83,75	0,3312	0,7031	7,7381	0,9991
3	5	116,70	0,0976	0,7360	8,7300	0,9980
4	3	78,61	0,3846	0,8100	24,8740	0,9930
5	6	231,80	0,0508	0,8351	10,8000	0,9993
6	4	87,87	0,2205	0,7265	8,8476	0,9969

Nel nostro caso il bacino ricade nell'area omogenea n°1

Area omogenea n°	1	$\mu(l_0)$ [mm/ora]	$d_c$ [ore]	C	$D \cdot 10^5$	$\rho^2$	$\beta$
Valori relativi all'area omogenea		77,08	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994	0,7987

Con questi valori otteniamo i seguenti risultati:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	74,85	$n'$	0,97
		q	0,65

Il fattore di riduzione areale  $K_A(t_r)$  risulta essere così definito:

Dove :

$$K_A(t_r) = 1 - f_1(A) \cdot f_2(t_r)$$

$$f_1(A) = 1 - e^{-c_1 \cdot A}$$

$$f_2(t_r) = e^{-(c_2 \cdot t_r^{c_3})}$$

Per  $t_r \leq 24$  ore ed  $A \leq 2.000 \text{ km}^2$  si può porre :

$c_1$	0,0021	da cui risulta:	$f_1(A)$	0,0000
$c_2$	0,53		$f_2(t_r)$	0,8341
$c_3$	0,25		$K_A(t_r)$	1,0000

A questo punto è possibile determinare la piena media annua  $\mu(Q)$

**Calcolo della piena media annua  $\mu(Q)$**

$C_f$	0,5362
$q$	0,65
$t_r$ [ore]	0,0137
$K_A(t_r)$	1,0000
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	74,85
$S$ [km <sup>2</sup> ]	0,00575
$\mu(Q)$ [m <sup>3</sup> /s]	0,042

Determiniamo ora il fattore di riduzione dei colmi di piena  $r(D)$ :

$$r(D) = \left( 1 + \alpha \cdot \frac{D}{t_r} \right)^{(n'-1)}$$

Con

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot n' \right)$$

Nel nostro caso  $\alpha = 0,2572$

Da cui si calcola il fattore di riduzione dei colmi di piena  $r(D)$

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$	
$\alpha$	0,257204948
$n'$	0,97
$D$	0,00003608
$t_r$ [ore]	0,013705571
$r(D)$	1,00

Quindi è possibile determinare il valore medio della distribuzione del max annuale delle portate al colmo di durata  $D$ :

$$\mu(Q_d) = \mu(Q) \cdot r(d)$$

$$\mu(Q_d) = 0,04 \cdot 1,00 = 0,042 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Per calcolare il Massimo Annuale del Volume di piena in una fissata durata si fa riferimento al massimo annuale della portata media nella durata D:

**Calcolo Portata Bacino Principale:**

**Per T = 100 anni**

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 0,042 = \mathbf{0,128 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

**5.2 Calcolo Portata Sottobacino:**

Superficie del bacino	S [Km <sup>2</sup> ]	0,00205	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco	A <sub>1</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,0000205	0,01	1,00
Superficie non carbonatica del bacino	A <sub>2</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,0019475	0,95	95,00
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva	A <sub>3</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,000082	0,04	4,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera	T [anni]	100		
Area pluviometricamente omogenea n°	1			
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	23			

**VEDI STESSA PROCEDURA DEL PARAGRAFO 5.1.**

Nel nostro caso si ha:

<i>C<sub>f</sub></i>	0,5362
<i>t<sub>r</sub> [ore]</i>	0,01

<i>C<sub>f1</sub>/(C<sub>f</sub>·c<sub>1</sub>)</i>	3,4056079
<i>C<sub>f2</sub>/(C<sub>f</sub>·c<sub>2</sub>)</i>	0,5584954

Il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena viene così definito:

$$q = \begin{cases} = 0.60 se & 0.25 \leq n' \leq 0.45 \\ = 0.65 se & 0.45 \leq n' \leq 0.65 \end{cases}$$

dove *n'* risulta essere pari ad :

$$n' = 1 + K_1 \cdot S - \frac{\beta \cdot (t_r / d_c)}{1 + (t_r / d_c)}$$

in cui *β* e *d<sub>c</sub>* sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata , mentre *K<sub>1</sub>* è un coefficiente numerico pari a :

<i>K<sub>1</sub></i>	0,000144
----------------------	----------

Il valore medio del massimo annuale dell' intensità di pioggia di durata *t<sub>r</sub>* risulta essere pari ad:

$$\mu[I(t_r)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^\beta}$$

dove  $\mu(l_0)$  il valore medio del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea ed è funzione della zona omogenea e dove  $\beta$  è pari ad

$$\beta = C - |D| \cdot z$$

anche i coefficienti C e D dipendono dalla zona omogenea mentre  $\beta$  è funzione della quota media del bacino z

Nel nostro caso il bacino ricade nell'area omogenea n°1

Area omogenea n°	1	$\mu(l_0)$ [mm/ora]	$d_c$ [ore]	C	$D \cdot 10^5$	$\rho^2$	$\beta$
Valori relativi all'area omogenea		77,08	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994	0,7987

Con questi valori otteniamo i seguenti risultati:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	75,73	$n'$	0,98
		q	0,65

Il fattore di riduzione areale  $K_A(t_r)$  risulta essere così definito:

Dove :

$$K_A(t_r) = 1 - f_1(A) \cdot f_2(t_r)$$

$$f_1(A) = 1 - e^{-c_1 \cdot A}$$

$$f_2(t_r) = e^{-(c_2 \cdot t_r^{c_3})}$$

Per  $t_r \leq 24$  ore ed  $A \leq 2.000 \text{ km}^2$  si può porre:

$c_1$	0,0021	da cui risulta:	$f_1(A)$	0,0000
$c_2$	0,53		$f_2(t_r)$	0,8526
$c_3$	0,25		$K_A(t_r)$	1,0000

A questo punto è possibile determinare la piena media annua  $\mu(Q)$

<b><u>Calcolo della piena media annua <math>\mu(Q)</math></u></b>	
$Cf$	0,5362
q	0,65
$t_r$ [ore]	0,0082
$K_A(t_r)$	1,0000
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	75,73
S [km <sup>2</sup> ]	0,00205
$\mu(Q)$ [m <sup>3</sup> /s]	0,015

Determiniamo ora il fattore di riduzione dei colmi di piena  $r(D)$

Con 
$$r(D) = \left(1 + \alpha \cdot \frac{D}{t_r}\right)^{(n'-1)}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot n'\right)$$

Nel nostro caso  $\alpha = 0,25437$

Da cui si calcola il fattore di riduzione dei colmi di piena  $r(D)$

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$	
$\alpha$	0,254365556
$n'$	0,98
$D$	0,00003608
$t_r[\text{ore}]$	0,00818352
$r(D)$	1,00

Quindi è possibile determinare il valore medio della distribuzione del max annuale delle portate al colmo di durata  $D$ :

$$\mu(Q_d) = \mu(Q) \cdot r(d)$$

$$\mu(Q_d) = 0,015 \cdot 1,00 = 0,015 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Per calcolare il Massimo Annuale del Volume di piena in una fissata durata si fa riferimento al massimo annuale della portata media nella durata  $D$ :

#### **Calcolo Portata Sottobacino**

**Per T = 100 anni**

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 0,015 = \mathbf{0,046 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$



## 6. Criteri progettuali

La tubazione in esame sarà realizzata per il deflusso delle acque meteoriche della Piazza “Borgo Cafasso”, il tratto di tubazione interrata presenta pendenze basse (nell’ordine del 5 per mille) perché posizionato lungo l’asse della strada.

Al fine di effettuare un calcolo più preciso dei diametri della tubazione è stato necessario quindi suddividere l’area del bacino in due sotto aree una di circa 0,00575km<sup>2</sup> per il dimensionamento della tubazione principale e l’altra di circa 0,00205 km<sup>2</sup> per il dimensionamento della tubazione secondaria; tali tratti saranno dotati di griglie e pozzetti in per consentire il deflusso delle acque stradali superficiali.

La tubazione utilizzata sarà a sezione circolare in polietilene ad alta densità (PEAD) di tipo SN4, corrugata a doppia parete in PE per condotte di scarico interrate non in pressione a norma EN 13476-3 (tipo B), con parete interna liscia di colore chiaro per facilitare l'ispezione visiva e con telecamere secondo UNI ENV 1046.

Di seguito sono riportati i diametri commerciali delle tubazioni da utilizzare:

Diametro esterno (mm)	125	160	200	250	315	400	500	630
Diametro interno (mm)	106	135	176	223	273	343	427	546

CONDOTTA SECONDARIA

CONDOTTA PRINCIPALE

## 7. Dimensionamento tubazioni di progetto

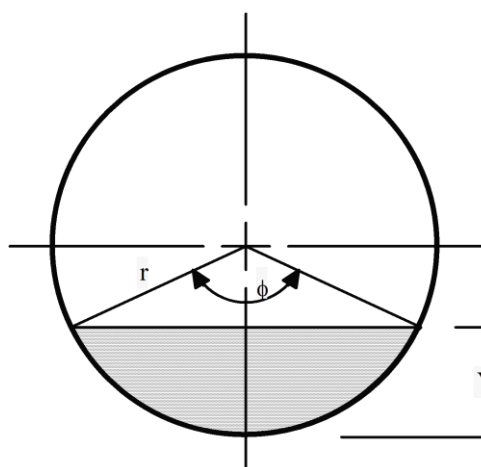
Il dimensionamento delle tubazioni prevedono il calcolo della portata in funzione dell’area scolante. Nel caso in esame ed in linea con i “Criteri di progettazione” precedentemente esposti le portate risultano essere:

	Area [m <sup>2</sup> ]	Area [km <sup>2</sup> ]	Periodo di Ritorno [T]	Portata [m <sup>3</sup> /s]
<b>Bacino principale</b>	5.750 m <sup>2</sup>	0,00575 km <sup>2</sup>	100 anni	<b>0,128 m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Sottobacino secondario</b>	2.050 m <sup>2</sup>	0,00205 km <sup>2</sup>	100 anni	<b>0,046 m<sup>3</sup>/s</b>

Le scale di deflusso sono lo strumento fondamentale per la scelta delle dimensioni delle tubazioni in quanto forniscono tutti i valori necessari (portata, velocità, riempimento, ecc...).

Nella presente relazione sono state costruite considerando il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler ottenendo quindi l’equazione di Chezy nella seguente forma:

$$Q = K \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{3}}$$



Dove:

$$Y = r \times \left( 1 - \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) \right)$$

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\varphi - \sin\varphi)$$

$$C = r \times \varphi$$

$$R = \frac{A}{C}$$

$$\% = \frac{Y}{2 \times r}$$

K = Coefficiente di scabrezza = 120  
(Tubi in PVC, PE, ecc...);

A = Area della sezione bagnata;

R = Raggio idraulico = A/P;

P = Perimetro Bagnato;

i = pendenza di posa della tubazione.

**Per il dimensionamento massimo delle tubazioni si è imposto uno grado di riempimento massimo pari a 0,55 D.**

Le tubazioni necessarie per i tratti di intervento sono verificate di seguito.

**Bacino Principale, T=100anni. DN 500 mm, Di=427mm – pendenza media = 0,50%**

Dati tubo:

Diametro= **0,427** metri

Area 0,1432007 mq

Pendenza tubazione= **0,005** m/m

in % **0,5**

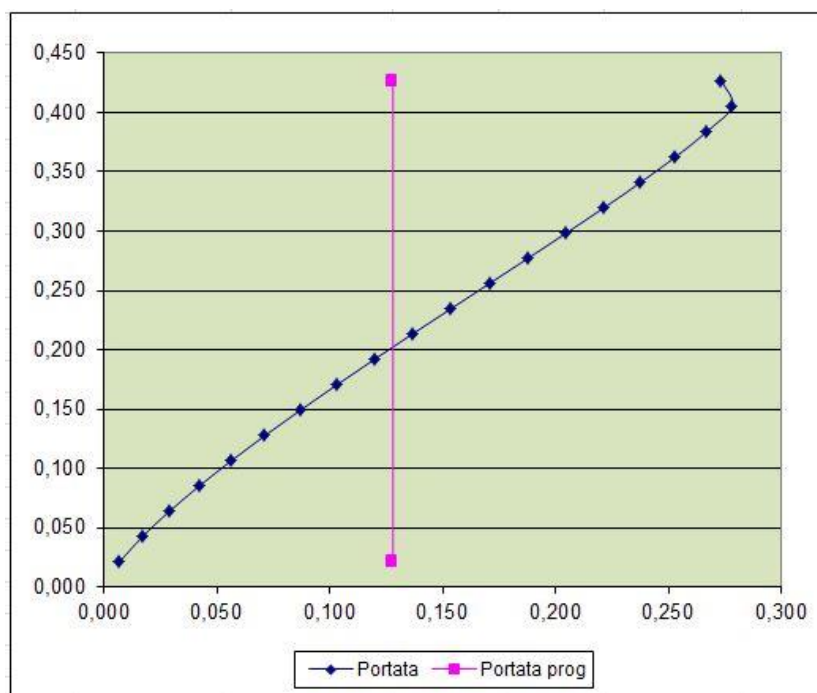
Coeff Scabrezza G.-Strickler= **120**

Portata di progetto= **0,128** mc/s

% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,01	0,19	0,04	<b>0,007</b>	0,021	0,945
10%	73,74	1,29	0,01	0,27	0,05	<b>0,017</b>	0,043	1,184
15%	91,15	1,59	0,02	0,34	0,06	<b>0,029</b>	0,064	1,347
20%	106,26	1,85	0,03	0,40	0,07	<b>0,042</b>	0,085	1,473
25%	120,00	2,09	0,04	0,45	0,08	<b>0,056</b>	0,107	1,576
30%	132,84	2,32	0,04	0,50	0,09	<b>0,071</b>	0,128	1,663
35%	145,08	2,53	0,05	0,54	0,09	<b>0,087</b>	0,149	1,738
40%	156,93	2,74	0,06	0,58	0,10	<b>0,103</b>	0,171	1,803
<b>45%</b>	<b>168,52</b>	<b>2,94</b>	<b>0,06</b>	<b>0,63</b>	<b>0,10</b>	<b>0,120</b>	<b>0,192</b>	<b>1,860</b>
<b>50%</b>	<b>180,00</b>	<b>3,14</b>	<b>0,07</b>	<b>0,67</b>	<b>0,11</b>	<b>0,137</b>	<b>0,214</b>	<b>1,909</b>
55%	191,48	3,34	0,08	0,71	0,11	<b>0,154</b>	0,235	1,953
60%	203,07	3,54	0,09	0,76	0,11	<b>0,171</b>	0,256	1,990
65%	214,92	3,75	0,09	0,80	0,12	<b>0,188</b>	0,278	2,021
70%	227,16	3,96	0,10	0,85	0,12	<b>0,205</b>	0,299	2,046
75%	240,00	4,19	0,11	0,89	0,120	<b>0,222</b>	0,320	2,065
80%	253,74	4,43	0,11	0,95	0,121	<b>0,238</b>	0,342	2,078
85%	268,85	4,69	0,12	1,00	0,12	<b>0,253</b>	0,363	2,082
90%	286,26	5,00	0,13	1,07	0,12	<b>0,267</b>	0,384	2,074
95%	308,32	5,38	0,14	1,15	0,12	<b>0,278</b>	0,406	2,046
100%	360,00	6,28	0,14	1,34	0,11	<b>0,273</b>	0,427	1,909

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati:

<b>47,50%</b>	<b>174,27</b>	<b>3,04</b>	<b>0,07</b>	<b>0,65</b>	<b>0,10</b>	<b>0,128</b>	<b>0,203</b>	<b>1,886</b>
---------------	---------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------



**Sottobacino Secondario, T=100anni. DN 315 mm, Di=273mm – pendenza media = 0,50%**

Dati tubo:

Diametro= 0,273 metri

Area 0,0585348 mq

Pendenza tubazione= 0,005 m/m

in % 0,5

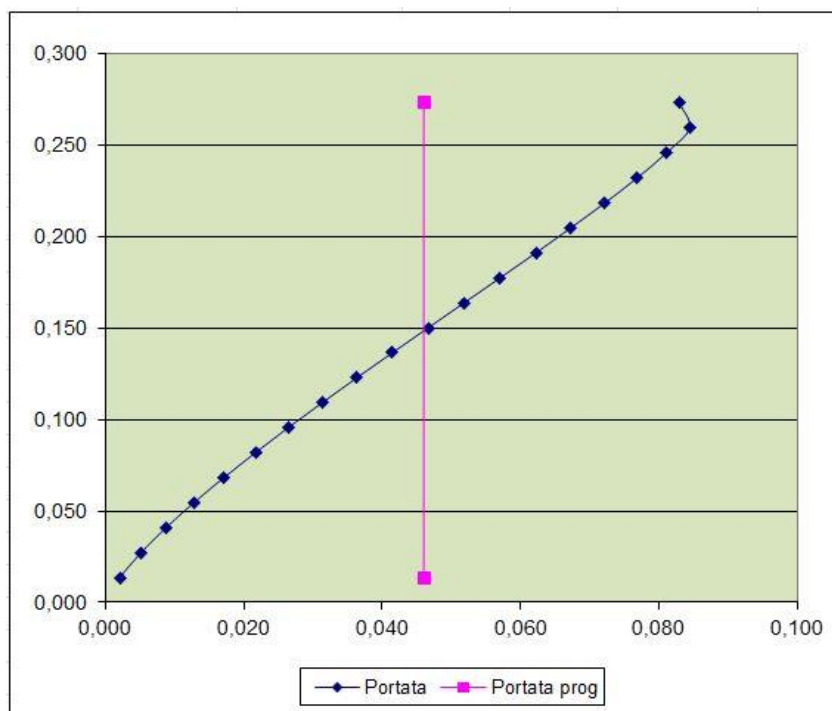
Coeff Scabrezza G.-Strickler= 120

Portata di progetto= 0,046 mc/s

% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,00	0,12	0,02	0,002	0,014	0,701
10%	73,74	1,29	0,01	0,18	0,03	0,005	0,027	0,879
15%	91,15	1,59	0,01	0,22	0,04	0,009	0,041	1,000
20%	106,26	1,85	0,01	0,25	0,05	0,013	0,055	1,093
25%	120,00	2,09	0,01	0,29	0,05	0,017	0,068	1,170
30%	132,84	2,32	0,02	0,32	0,06	0,022	0,082	1,234
35%	145,08	2,53	0,02	0,35	0,06	0,026	0,096	1,290
40%	156,93	2,74	0,02	0,37	0,06	0,031	0,109	1,338
45%	168,52	2,94	0,03	0,40	0,07	0,036	0,123	1,380
50%	180,00	3,14	0,03	0,43	0,07	0,041	0,137	1,417
55%	191,48	3,34	0,03	0,46	0,07	0,047	0,150	1,449
60%	203,07	3,54	0,04	0,48	0,07	0,052	0,164	1,477
65%	214,92	3,75	0,04	0,51	0,07	0,057	0,177	1,500
70%	227,16	3,96	0,04	0,54	0,08	0,062	0,191	1,519
75%	240,00	4,19	0,04	0,57	0,077	0,067	0,205	1,533
80%	253,74	4,43	0,05	0,60	0,077	0,072	0,218	1,542
85%	268,85	4,69	0,05	0,64	0,08	0,077	0,232	1,545
90%	286,26	5,00	0,05	0,68	0,08	0,081	0,246	1,539
95%	308,32	5,38	0,06	0,73	0,08	0,084	0,259	1,519
100%	360,00	6,28	0,06	0,86	0,07	0,083	0,273	1,417

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati:

54,00%	189,18	3,30	0,03	0,45	0,07	0,046	0,147	1,443
--------	--------	------	------	------	------	-------	-------	-------



## 8. Conclusioni

La rete delle acque bianche sarà quindi costituita da tubazioni di differenti diametri, uno di DN500mm per i tratti principali ed uno di DN315mm per i tratti secondari.

La dimensioni scelte garantiscono regolarmente il deflusso con gradi di riempimenti min del 47,50% e max 54% che garantiscono anche una velocità che limita i depositi nelle tubazioni. Le velocità risultano variabili da circa 1,88 a 1,44m/s.

La posizione planimetrica delle tubazioni degli scarichi non dovranno risultare controcorrente o perpendicolare all'asse del corso d'acqua bensì a favore di corrente per facilitare il deflusso.

La planimetria di progetto è riportata nelle tavole allegate.

Luogo e Data

Albanella (SA), Dicembre 2022

Il tecnico

RTP:

**Ing. Luca PICILLI**

(Rappresentante - Capogruppo)



**Oggetto: “Interventi di rigenerazione urbana delle borgate volti alla riduzione dei fenomeni di marginalizzazione e degrado sociale, nonché al miglioramento della qualità, del decoro urbano e del tessuto sociale ed ambientale”**

## **INDICE – VIALE DELLA REPUBBLICA**

<b>1. Generalità</b>	2
<b>2. Premessa</b>	2
<b>3. Caratteristiche idrografiche del bacino</b>	3
<b>4. La procedura Vapi</b>	3
5.1 Calcolo Portata Bacino – Viale della Repubblica	6
5.2 Calcolo Portata Bacino – Lato Ex Cinema Miriam	13
<b>6. Criteri progettuali</b>	19
<b>7. Dimensionamento tubazioni di progetto</b>	20
7.1 Verifica Tubazione – Viale della Repubblica	21
7.2 Verifica Tubazione – Lato Ex Cinema Miriam	22
<b>8. Conclusioni</b>	23

# **DIMENSIONAMENTO DELLE TUBAZIONI FOGNARIE PER IL DEFLUSSO DELLE ACQUE METEORICHE**

## **RELAZIONE IDRAULICA E CALCOLO PORTATA per un T=100 anni VIALE DELLA REPUBBLICA**

### **1. Generalità**

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento della tubazione della rete di fognatura, per il deflusso delle acque bianche provenienti dalla sistemazione di Viale della Repubblica nel Comune di Capaccio Paestum (SA).

Il dimensionamento e la relativa verifica idraulica prevedono, in primis, la conoscenza dei dati pluviometrici della zona, il calcolo della portata pluviale mediante formule di trasformazione afflussi-deflussi, la scelta del tipo di tubazione ed infine il calcolo del diametro delle tubazioni con la pendenza necessaria per il corretto allontanamento delle acque.

### **2. Premessa**

La presente relazione idrologica ed idraulica illustra le ipotesi ed i calcoli di verifica relativi alla stima delle massime portate al colmo di piena nonché vengono descritte e determinate le caratteristiche idrogeologiche del bacino imbrifero in esame ed i parametri idraulici con lo scopo di valutare lo stato di regimentazione della tubazione, sia ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche, sia ai fini della verifica dell'efficacia stessa.

L'intervento da realizzare prevede la sistemazione di Viale della Repubblica utilizzando opportuni sistemi di pozzetti e tubazioni di diverso diametro al fine di garantire il normale deflusso delle acque meteoriche.

Un elemento indispensabile per poter procedere ad un serio programma di interventi è, senza dubbio, una corretta stima della massima portata al colmo corrispondente ad un prefissato periodo di ritorno (portata di progetto).

Fino ad alcuni decenni addietro gli interventi effettuati prescindevano dall'esistenza di un rischio idrologico: la piena di progetto era valutata usando metodi empirici e deterministici, basati sulla massima portata osservata nelle stazioni di misura e su curve inviluppo con l'area del bacino sotteso.

Le piene disastrose degli ultimi decenni hanno così portato a riconoscere che la sicurezza assoluta non esiste ed è quindi inevitabile associare alle piene di progetto un qualche livello di rischio che deve essere accettato. Da qui la necessità del mondo scientifico di far riferimento a studi statistici che per definizione considerano la probabilità di superamento come rischio accettabile.

In particolare hanno avuto un impatto positivo gli studi statistici su base regionale, poiché questi ultimi utilizzano tutta l'informazione idrologica disponibile nella regione di interesse riducendo così l'incertezza della stima.

Si farà riferimento nel seguito ai risultati ed alle metodologie messe a punto nell'ambito del progetto "VALUTAZIONE DELLE PIENE IN ITALIA" denominato progetto VAPI.

Il principale obiettivo del progetto è quello di fornire delle relazioni in modo da arrivare alla stima della massima portata di progetto relativa ad un prefissato periodo di ritorno.

### 3. Caratteristiche idrografiche del bacino

A vantaggio di sicurezza si è considerato un unico bacino, con un unico diametro della tubazione di progetto. Per tale scopo si è considerato la dimensione del bacino (riportata nella TAV 3.5), pari a:

BACINO n.1 Viale della Repubblica	BACINO n.2 Lato Ex Cinema Miriam
$25.500\text{m}^2 = 0,0255\text{km}^2$	$5.750\text{m}^2 = 0,00575\text{km}^2$

### 4. La procedura Vapi

La metodologia adottata nel progetto VAPI (Valutazione di piene in Campania) messo a punto dal C.G.G.R.I. dell'Università di Salerno, fa riferimento ad un **approccio di tipo probabilistico** per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena, sicché non esiste un valore massimo assoluto, ma ad ogni valore della portata di piena viene associato una probabilità che si verifichino eventi di piena con valori superiori.

Per ridurre le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari in ogni singolo punto ed alla variabilità da sito a sito del valore indice della piena, si adotta una metodologia di **analisi regionale** che si avvale anche di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni intense sul bacino. Tale approccio consente di utilizzare non solo tutta l'informazione idrometrica ma anche tutta quella pluviometrica, posseduta su un dato territorio.

In particolare, viene adottato un **modello probabilistico a doppia componente** TCEV (Two Component Extreme Value) che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi; la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma spesso catastrofici.

Si è fatto riferimento ad una **procedura di regionalizzazione gerarchica**, in cui i diversi parametri del modello probabilistico vengono valutati a scale regionali differenti, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso. In particolare, per i parametri di ordine più elevato (forma e scala), si analizzano ampie regioni che si suppongono omogenee nei suoi confronti. Le analisi svolte nel presente Rapporto mostrano che, qualunque sia la durata delle precipitazioni, da 5 min a 5 giorni, quasi ovunque tali parametri sono unici e non si può rigettare l'ipotesi che le corrispondenti regioni siano omogenee a tale livello, per cui i parametri di forma e di scala assumano valore unico non solo con le durate ma anche da sito a sito nella regione. Tali conclusioni portano a dire che il rapporto fra il valore con generico rischio di una variabile ed il valore indice (o media), detto **coefficiente probabilistico di crescita**, assume una **legge di variazione con il rischio unica per l'intera regione**.

Per la stima della piena media annua sono stati presi in considerazione i principali fattori climatici, geomorfologici, idrogeologici e di uso del suolo del bacino.

Sono state effettuate **analisi di correlazione** di tipo empirico e sono stati presi in considerazione modelli concettuali di trasformazione afflusso-deflusso. Tra quelli più usati si citano quello basato sulla classica **formulazione razionale** e quello di tipo **geomorfoclimatico** che identifica la risposta del bacino attraverso due parametri concettuali, il **coefficiente di afflusso** di piena, che separa le precipitazioni totali negli afflussi efficaci alla piena ed il tempo di ritardo del bacino.

Generalmente essi dipendono da tre **complessi omogenei**: le **aree permeabili con copertura boschiva**, praticamente non contribuenti alla piena, le **aree permeabili senza copertura boschiva**, con basso

contributo unitario e con deflusso lento, e le **aree impermeabili**, con più elevato contributo unitario e deflusso più rapido.

**Le fasi di tale procedura sono:**

1. Calcolare l'**area A** del bacino idrografico assegnato.

2. Calcolare la quota media del bacino:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_i A_i \cdot Z_i}{A}$$

3. Calcolare i coefficienti geomorfologici: l'**area permeabile** senza bosco A1, **permeabile** con bosco A3 e **impermeabile** A2.

4. Calcolare il coefficiente probabilistico di crescita  $K_T$  per piogge e portate invertendo la seguente formula:

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

per le piogge:  $\theta_* = 2.136$   $\Lambda_* = 0.224$   $\Lambda_1 = 37$   $\eta = 4.909$

per le portate:  $\theta_* = 2.634$   $\Lambda_* = 0.350$   $\Lambda_1 = 13$   $\eta = 3.901$

5. Decidere se applicare il metodo geomorfoclimatico 1 o 2 e calcolare i relativi valori del coefficiente di afflusso e del tempo di ritardo:

Metodo Geomorfoclimatico:

Calcolare  $C_f$

$$c_f = c_{f1} \frac{A_1}{A} + c_{f2} \frac{A_2}{A} + c_{f3} \frac{A_3}{A}$$

$$c_{f1} = 0.42$$

$$c_{f2} = 0.56$$

$$c_{f3} = 0.00$$

Dove le aree A1, A2 e A3 si riferiscono alle porzioni di bacino rispettivamente: Permeabili senza bosco, impermeabili e permeabili con bosco

Calcolare  $t_r$

$$t_r = \frac{c_{f1} A_1}{c_f A} \frac{1.25 \sqrt{A_1}}{3.6 c_1} + \frac{c_{f2} A_2}{c_f A} \frac{1.25 \sqrt{A_2}}{3.6 c_2}$$

$$c_1 = 0.23 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 1.87 \text{ m/s}$$



6. Individuare l'area omogenea (o le aree omogenee) nella quale ricade il bacino e caricare i relativi valori dalla seguente tabella:

Area omogenea	$\mu(I_0)$ [mm/ora]	$d_c$ [ora]	C	$D \cdot 10^{-5}$
1	77.08	0.3661	0.7995	8.6077
2	83.75	0.3312	0.7031	7.7381
3	116.7	0.0976	0.7360	8.7300
4	78.61	0.3846	0.8100	24.874
5	231.8	0.0508	0.8351	10.800
6	87.87	0.2205	0.7265	8.8476

Se il bacino ricade in un'unica area omogenea, caricare i corrispondenti valori dei coefficienti. Nel caso che il bacino ricada tra più aree omogenee, calcolare l'area di ciascuna zona ed i relativi valori dei coefficienti  $\mu_0$ ,  $d_c$ , C, D mediati sulle relative aree omogenee, nel seguente modo:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i a_i \cdot X_i}{A}$$

dove X sta per  $\mu_0$ ,  $d_c$ , C, D

7. Calcolare  $\beta = C - DZ$  (nel caso di più di un'area omogenea:  $\beta = \bar{C} - \bar{D}\bar{Z}$ )

8. Scegliere la durata della pioggia alla quale occorre fare riferimento: d (o  $t_r$ )

9. Calcolare la legge di probabilità pluviometrica  $\mu[I(d)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta}$

10. Calcolare il fattore di riduzione areale  $K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3})$

$$c_{k1} = 0.0021$$

$$c_{k2} = 0.53$$

$$c_{k3} = 0.25$$

11. Calcolare l'intensità di pioggia media sull'intero bacino (pioggia media areale):

$$I_A = K_A \cdot \mu[I(d)]$$

12. Calcolare il coefficiente di attenuazione del colmo di piena  $q = \begin{cases} 0.60 \\ 0.65 \end{cases}$  se  $\begin{cases} 0.25 \leq n' \leq 0.45 \\ 0.45 \leq n' \leq 0.65 \end{cases}$

$$n' = 1 + K_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c}$$

$$K_1 = 1.44 \cdot 10^{-4}$$

13. Calcolare la portata indice  $\mu(Q) = c_f \cdot q \cdot k_A(d) \cdot \mu[h(d)] \cdot A$

14. Calcolare il fattore di riduzione dei colmi di piena  $r(D) = (1 + \alpha D / t_r)^{(n'-1)}$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{1}{2} n' \right)$$

$$n' = 1 + k_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t / d_c}$$

15. Calcolare il massimo annuale della portata media nella durata "d":

$$\mu(Q_d) = \mu(Q) \cdot r(d)$$

16. Calcolare il Massimo Annuale dell'Intensità di Pioggia in una fissata durata:

$$I_T = K_T \cdot I_A$$

17. Calcolare il Massimo Annuale della Portata al colmo di piena:

$$Q_T = K_T \cdot \mu[Q]$$

18. Per calcolare il Massimo Annuale del Volume di piena in una fissata durata si fa riferimento al massimo annuale della portata media nella durata D, corrispondente al periodo di ritorno T:

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d]$$

**5. Valutazione del volume di piena per un assegnato periodo di ritorno T e durata D, sarà pari a  $Q_{D,T}$**

### 5.1 Calcolo Portata Bacino – Viale della Repubblica

Superficie del bacino		S [Km <sup>2</sup> ]	0,0255	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco		A <sub>1</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,00051	0,02	2,00
Superficie non carbonatica del bacino		A <sub>2</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,02397	0,94	94,00
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva		A <sub>3</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,00102	0,04	4,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera		T [anni]	100		
Area pluviometricamente omogenea n°	1				
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	20				

Nel Rapporto VAPI Campania è stato mostrato che, dal punto di vista della permeabilità dei litotipi affioranti, durante i fenomeni di piena si possono essenzialmente individuare due complessi idrogeologici: il primo, ad alta permeabilità, comprende tutte le rocce carbonatiche intensamente fratturate; nel secondo vengono compresi tutti gli altri litotipi, a cui si attribuisce mediamente una permeabilità nettamente minore che per le rocce carbonatiche del primo tipo.

Sempre ai fini dei deflussi di piena, è stato mostrato inoltre che una certa influenza viene esercitata anche dalla presenza di copertura boschiva, essenzialmente in funzione del tipo di permeabilità del terreno interessato.

Indicate rispettivamente nella tabella con:

A1) Aree permeabili senza copertura boschiva;

A2) Aree a bassa permeabilità;

A3) Aree permeabili con copertura boschiva.

$$m[I(t_r)] = \frac{m[I_0]}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^B}$$

### Metodo Geomorfoclimatico

Ad eventi di pioggia brevi ed intensi corrispondono, di solito, deflussi di piena nella sezione terminale del bacino dovuti essenzialmente allo scorrimento delle acque sui versanti e nei canali della rete idrografica.

Il bilancio idrologico di un bacino durante i fenomeni di piena può pertanto essere schematizzato considerando che fra i volumi in ingresso e quelli in uscita si stabilisce una relazione per effetto di una concomitante trasformazione dei due sottosistemi da cui è costituito il bacino.

Per la valutazione dei volumi di piena per un assegnato periodo di ritorno T e durata D nel VAPI si è fatto riferimento alla seguente legge:

$$Q_{D,T} = K_T \cdot \mu(Q_D)$$

$K_T$  = coefficiente di crescita probabilistico; per ogni zona omogenea risulta funzione solo di T;

$\mu(Q_D)$  = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena.

$$K_T = \left( \frac{g^* \cdot \ln(\Lambda_*)}{\eta} + \frac{\ln(\Lambda_1)}{\eta} \right) + \frac{g^*}{\eta} \cdot \ln(T)$$

In particolare si è fatto riferimento, per la legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata alla legge a quattro parametri del Progetto VAPI i cui valori sono stati determinati attraverso una procedura di stima regionale utilizzando:

- I massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- Le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

I parametri stimati tramite la TCEV per l'intera Campania sono:

**T=100anni**

$\theta^*$	2,634
$\Lambda_*$	0,35
$\ln(\Lambda_*)$	-1,0498221
$\Lambda_1$	13
$\ln(\Lambda_1)$	2,5649494
$\eta$	3,901
$\ln(T)$	4,6051702

L'indagine regionale per la determinazione della legge regionale di crescita con il periodo di ritorno  $K_T(T)$ , svolta nel Rapporto VAPI Campania, ha condotto alla seguente relazione:

$$K_T = -0.0567 + 0.680 \times \ln T \quad (T = \text{tempo di ritorno})$$

**Per T=100 anni**

Da cui si ha che :  $K_T = 3,06$

Per la Campania si può utilizzare, per periodi di ritorno  $T > 10$  anni la seguente formula approssimata :

$$K_T = -0,0567 + 0,680 \cdot \ln(T)$$

**Per T=100 anni**

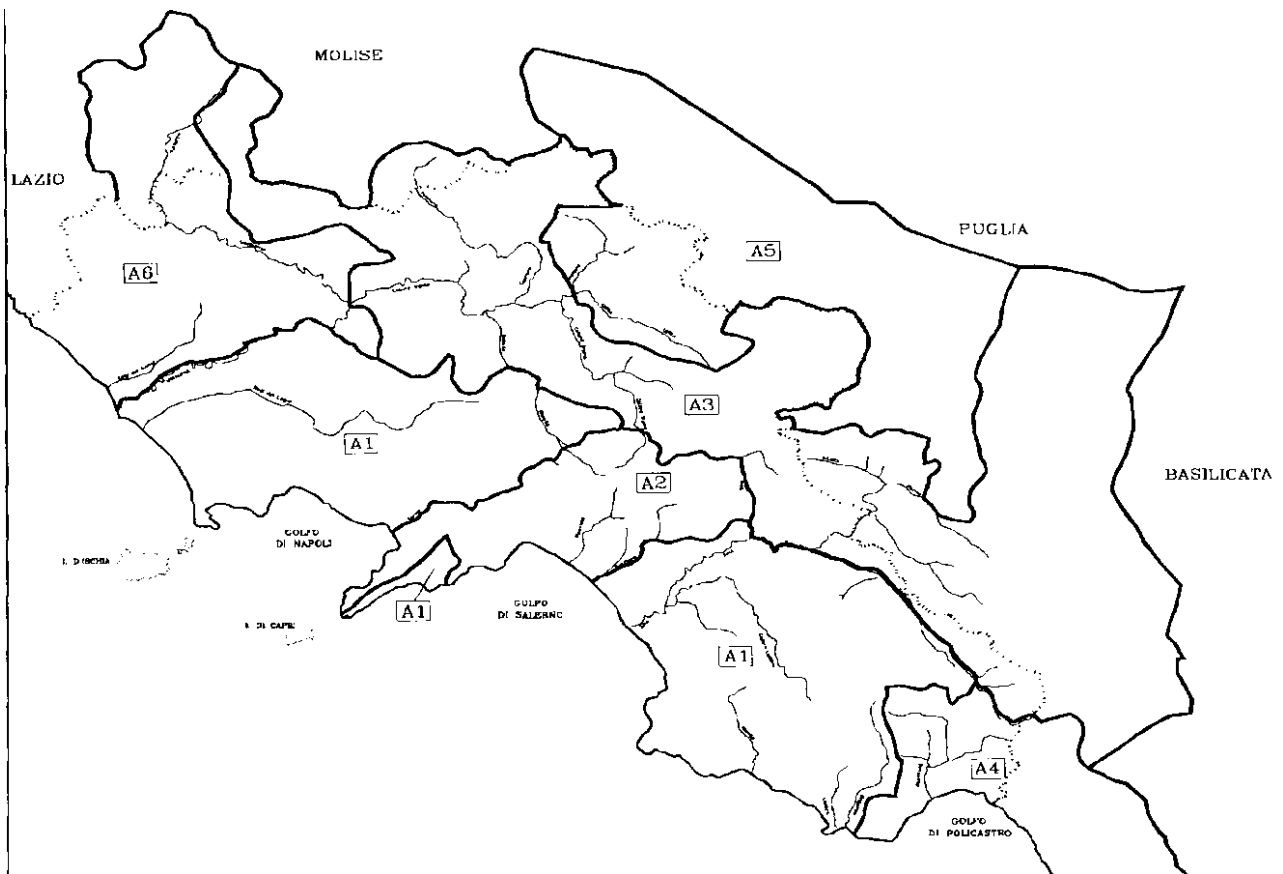
da cui ha che :  $K_T = 3,07$

Il grafico di seguito riportato rappresenta la cartografia schematica della regione Campania con indicazione della suddivisione del territorio in 6 aree pluviometriche omogenee per quanto riguarda la regionalizzazione delle medie dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliere.

Sui versanti, un'aliquota delle precipitazioni totali viene persa a causa del fenomeno dell'infiltrazione e quindi ai fini del bilancio di piena nella sezione finale contribuisce soltanto una parte delle precipitazioni totali, definita pioggia "efficace" nella rete idrografica. L'aliquota delle piogge efficaci derivante dai versanti viene invasata e trasportata alla sezione di sbocco a costituire l'idrogramma di piena, che si manifesta con un certo ritardo nei confronti del pluviogramma che lo ha causato.

Per definire l'effetto dei versanti sulla determinazione della pioggia "efficace" si definisce il coefficiente di afflusso di piena  $C_f$  il rapporto tra i volumi di piena e le precipitazioni totali sul bacino in un prefissato intervallo di tempo: le perdite sono sostanzialmente dovute all'infiltrazione e all'intercettazione da parte dell'apparato fogliare.

Per tenere conto del ritardo con cui l'idrogramma di piena si manifesta nella sezione di chiusura di un bacino rispetto al pluviogramma che lo ha determinato, è necessario definire una funzione di risposta del bacino stesso ad un ingresso impulsivo unitario detto anche idrogramma unitario istantaneo o IUH.



$\mu ( Q_D)$  = valore medio della distribuzione del max annuale delle portate al colmo di durata D:

$$\mu(Q_D) = \mu(Q) \cdot r(D)$$

$\mu ( Q)$  = è la piena media annua;

$r (D)$  = fattore di riduzione dei colmi di piena.

La relazione per il calcolo della piena indice con il modello geomorfoclimatico può essere scritta come:

$$\mu(Q) = Cf \cdot q \cdot K_A(t_r) \cdot \mu[I(t_r)] \cdot \frac{S}{3,6}$$

Dove :

$Cf$ : coefficiente di afflusso di piena del bacino;

$q$ : coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena;

$t_r$ : tempo di ritardo del bacino con la durata critica delle precipitazioni sul bacino, in ore;

$K_A(t_r)$ : fattore di riduzione areale

$\mu[I(t_r)]$ : valore medio del massimo annuale dell' intensità di pioggia di durata  $t_r$ ;

$S$ : superficie del bacino.

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

Con la suddivisione in tre complessi omogenei (con copertura boschiva), si ha:

$$C_f = C_{f1} \frac{A_1}{A} + C_{f2} \frac{A_2}{A} + C_{f3} \frac{A_3}{A}$$

dove:

Cf1 = coefficiente di afflusso dell'area permeabile senza bosco = 0,42;

Cf2 = coefficiente di afflusso dell'area impermeabile = 0,56;

Cf3 = coefficiente di afflusso dell'area permeabile con bosco = 0,00.

Il tempo di ritardo del bacino, nel caso di bacini eterogenei dal punto di vista idrogeologico, può essere calcolato come media pesata del ritardo medio di ognuno dei complessi. Quindi la durata critica delle precipitazioni sul bacino risulta definito dalla seguente relazione:

$$t_r = \frac{C_{f1}}{C_f} \cdot \frac{A_1}{S} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_1} \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2}}{C_f} \cdot \frac{A_2}{A_{tot}} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_2} \sqrt{A_2}$$

Dove per il metodo Geomorfoclimatico in esame i valori sono:

- $c_1$  = 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.

$Cf_1$	0,42
$Cf_2$	0,56
$c_1$ [m/s]	0,23
$c_2$ [m/s]	1,87

Nel nostro caso si ha:

$Cf$	0,5348
$t_r$ [ore]	0,03

$Cf_1/(Cf \cdot c_1)$	3,4145231
$Cf_2/(Cf \cdot c_2)$	0,5599574

Il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena viene così definito:

$$q = \begin{cases} = 0.60 se & 0.25 \leq n' \leq 0.45 \\ = 0.65 se & 0.45 \leq n' \leq 0.65 \end{cases}$$

dove  $n'$  risulta essere pari ad :

$$n' = 1 + K_1 \cdot S - \frac{\beta \cdot (t_r / d_c)}{1 + (t_r / d_c)}$$

in cui  $\beta$  e  $d_c$  sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata , mentre  $K_1$  è un coefficiente numerico pari a :

$K_1$	0,000144
-------	----------

Il valore medio del massimo annuale dell' intensità di pioggia di durata  $t_r$  risulta essere pari ad:

$$\mu[I(t_r)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^\beta}$$

dove  $\mu(l_0)$  il valore medio del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea ed è funzione della zona omogenea e dove  $\beta$  è pari ad

$$\beta = C - |D| \cdot z$$

anche i coefficienti C e D dipendono dalla zona omogenea mentre  $\beta$  è funzione della quota media del bacino z:

Area omogenea	n. stazioni	$\mu(l_0)$ [mm/ora]	$d_c$ [ore]	C	$D \times 10^5$	$r^2$
1	14	77,08	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994
2	12	83,75	0,3312	0,7031	7,7381	0,9991
3	5	116,70	0,0976	0,7360	8,7300	0,9980
4	3	78,61	0,3846	0,8100	24,8740	0,9930
5	6	231,80	0,0508	0,8351	10,8000	0,9993
6	4	87,87	0,2205	0,7265	8,8476	0,9969

Nel nostro caso il bacino ricade nell'area omogenea n°1

Area omogenea n°	1	$\mu(l_0)$ [mm/ora]	$d_c$ [ore]	C	$D \cdot 10^5$	$\rho^2$	$\beta$
Valori relativi all'area omogenea		77,08	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994	0,7987

Con questi valori otteniamo i seguenti risultati:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	72,55	$n'$	0,94
		q	0,65

Il fattore di riduzione areale  $K_A(t_r)$  risulta essere così definito:

Dove :

$$K_A(t_r) = 1 - f_1(A) \cdot f_2(t_r)$$

$$f_1(A) = 1 - e^{-c_1 \cdot A}$$

$$f_2(t_r) = e^{-(c_2 \cdot t_r^{c_3})}$$

Per  $t_r \leq 24$  ore ed  $A \leq 2.000 \text{ km}^2$  si può porre :

$c_1$	0,0021	da cui risulta:	$f_1(A)$	0,0001
$c_2$	0,53		$f_2(t_r)$	0,8341
$c_3$	0,25		$K_A(t_r)$	1,0000

A questo punto è possibile determinare la piena media annua  $\mu(Q)$

**Calcolo della piena media annua  $\mu(Q)$**

$C_f$	0,5348
$q$	0,65
$t_r$ [ore]	0,0288
$K_A(t_r)$	1,0000
$\mu[l(t_r)]$ [mm/ore]	72,55
$S$ [km <sup>2</sup> ]	0,0255
$\mu(Q)$ [m <sup>3</sup> /s]	0,179

Determiniamo ora il fattore di riduzione dei colmi di piena  $r(D)$ :

$$r(D) = \left( 1 + \alpha \cdot \frac{D}{t_r} \right)^{(n'-1)}$$

Con

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot n' \right)$$

Nel nostro caso  $\alpha = 0,26458$

Da cui si calcola il fattore di riduzione dei colmi di piena  $r(D)$

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$	
$\alpha$	0,264577524
$n'$	0,94
$D$	0,00003608
$t_r$ [ore]	0,02883145
$r(D)$	1,00

Quindi è possibile determinare il valore medio della distribuzione del max annuale delle portate al colmo di durata  $D$ :

$$\mu(Q_d) = \mu(Q) \cdot r(d)$$

$$\mu(Q_d) = 0,179 \cdot 1,00 = 0,179 \text{ [m}^3\text{/s]}$$



Per calcolare il Massimo Annuale del Volume di piena in una fissata durata si fa riferimento al massimo annuale della portata media nella durata D:

**Calcolo Portata Bacino Principale – Viale della Repubblica:**

**Per T = 100 anni**

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 0,179 = \mathbf{0,549 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

**5.2 Calcolo Portata Bacino – Lato Ex Cinema Miriam**

Superficie del bacino	S [Km <sup>2</sup> ]	0,00575	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco	A <sub>1</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,000115	0,02	2,00
Superficie non carbonatica del bacino	A <sub>2</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,005405	0,94	94,00
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva	A <sub>3</sub> [Km <sup>2</sup> ]	0,00023	0,04	4,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera	T [anni]	100		
Area pluviometricamente omogenea n°	1			
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	18			

Nel Rapporto VAPI Campania è stato mostrato che, dal punto di vista della permeabilità dei litotipi affioranti, durante i fenomeni di piena si possono essenzialmente individuare due complessi idrogeologici: il primo, ad alta permeabilità, comprende tutte le rocce carbonatiche intensamente fratturate; nel secondo vengono compresi tutti gli altri litotipi, a cui si attribuisce mediamente una permeabilità nettamente minore che per le rocce carbonatiche del primo tipo.

Sempre ai fini dei deflussi di piena, è stato mostrato inoltre che una certa influenza viene esercitata anche dalla presenza di copertura boschiva, essenzialmente in funzione del tipo di permeabilità del terreno interessato.

Indicate rispettivamente nella tabella con:

A1) Aree permeabili senza copertura boschiva;

A2) Aree a bassa permeabilità;

A3) Aree permeabili con copertura boschiva.

$$m[I(t_r)] = \frac{m[I_0]}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^B}$$

**Metodo Geomorfoclimatico**

Ad eventi di pioggia brevi ed intensi corrispondono, di solito, deflussi di piena nella sezione terminale del bacino dovuti essenzialmente allo scorrimento delle acque sui versanti e nei canali della rete idrografica.

Il bilancio idrologico di un bacino durante i fenomeni di piena può pertanto essere schematizzato considerando che fra i volumi in ingresso e quelli in uscita si stabilisce una relazione per effetto di una concomitante trasformazione dei due sottosistemi da cui è costituito il bacino.

Per la valutazione dei volumi di piena per un assegnato periodo di ritorno T e durata D nel VAPI si è fatto riferimento alla seguente legge:

$$Q_{D,T} = K_T \cdot \mu(Q_D)$$

$K_T$  =coefficiente di crescita probabilistico; per ogni zona omogenea risulta funzione solo di T;

$\mu(Q_D)$  = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena.

$$K_T = \left( \frac{\theta^* \cdot \ln(\Lambda_*)}{\eta} + \frac{\ln(\Lambda_1)}{\eta} \right) + \frac{\theta^*}{\eta} \cdot \ln(T)$$

In particolare si è fatto riferimento, per la legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata alla legge a quattro parametri del Progetto VAPI i cui valori sono stati determinati attraverso una procedura di stima regionale utilizzando:

- I massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- Le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

I parametri stimati tramite la TCEV per l'intera Campania sono:

**T=100anni**

$\theta^*$	2,634
$\Lambda_*$	0,35
$\ln(\Lambda_*)$	-1,0498221
$\Lambda_1$	13
$\ln(\Lambda_1)$	2,5649494
$\eta$	3,901
$\ln(T)$	4,6051702

L'indagine regionale per la determinazione della legge regionale di crescita con il periodo di ritorno  $K_T(T)$ , svolta nel Rapporto VAPI Campania, ha condotto alla seguente relazione:

$$K_T = -0.0567 + 0.680 \times \ln T \quad (T = \text{tempo di ritorno})$$

**Per T=100 anni**

Da cui si ha che :  $K_T = 3,06$

Per la Campania si può utilizzare, per periodi di ritorno  $T > 10$  anni la seguente formula approssimata :

$$K_T = -0,0567 + 0,680 \cdot \ln(T)$$

### Per T=100 anni

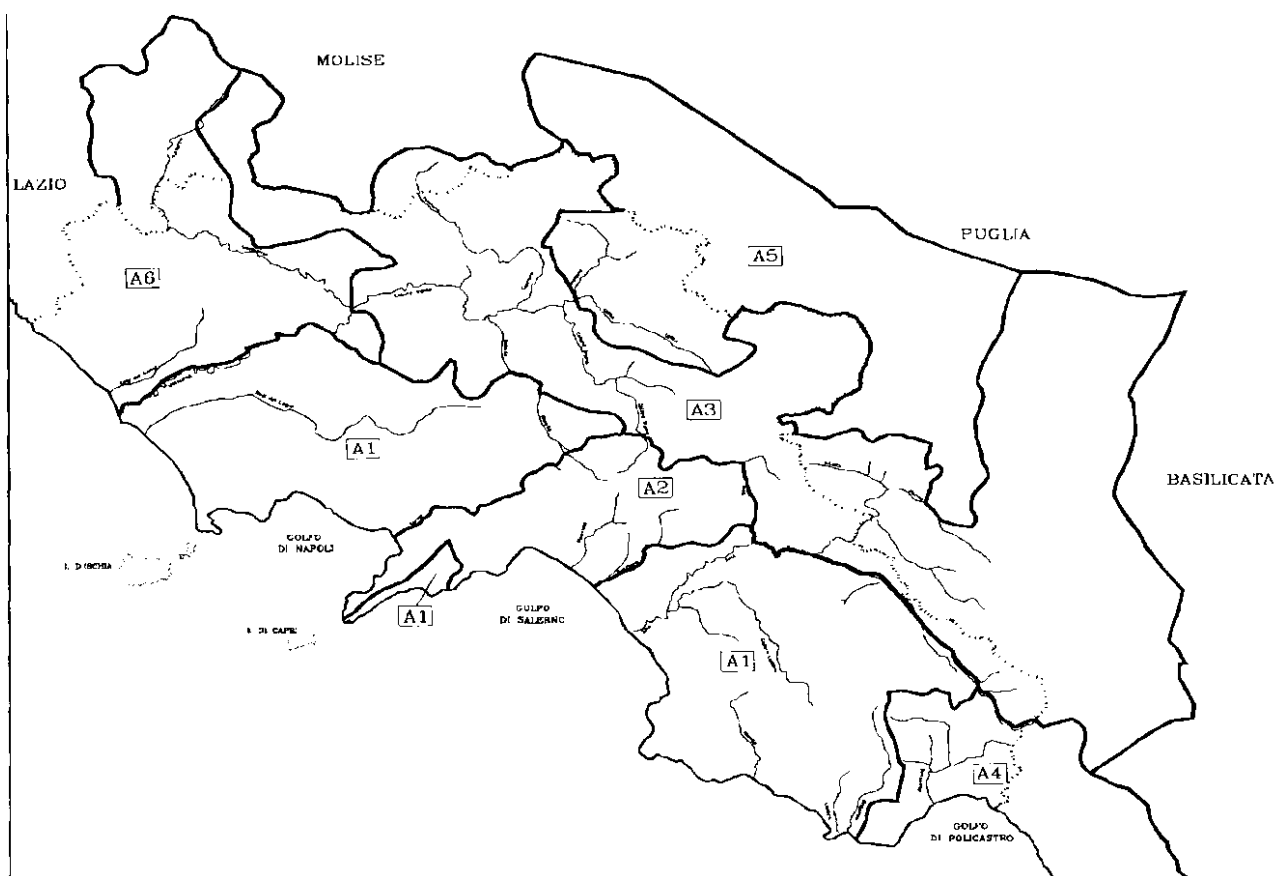
da cui ha che :  $K_T = 3,07$

Il grafico di seguito riportato rappresenta la cartografia schematica della regione Campania con indicazione della suddivisione del territorio in 6 aree pluviometriche omogenee per quanto riguarda la regionalizzazione delle medie dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliere.

Sui versanti, un'aliquota delle precipitazioni totali viene persa a causa del fenomeno dell'infiltrazione e quindi ai fini del bilancio di piena nella sezione finale contribuisce soltanto una parte delle precipitazioni totali, definita pioggia "efficace" nella rete idrografica. L'aliquota delle piogge efficaci derivante dai versanti viene invasata e trasportata alla sezione di sbocco a costituire l'idrogramma di piena, che si manifesta con un certo ritardo nei confronti del pluviogramma che lo ha causato.

Per definire l'effetto dei versanti sulla determinazione della pioggia "efficace" si definisce il coefficiente di afflusso di piena  $C_f$  il rapporto tra i volumi di piena e le precipitazioni totali sul bacino in un prefissato intervallo di tempo: le perdite sono sostanzialmente dovute all'infiltrazione e all'intercettazione da parte dell'apparato fogliare.

Per tenere conto del ritardo con cui l'idrogramma di piena si manifesta nella sezione di chiusura di un bacino rispetto al pluviogramma che lo ha determinato, è necessario definire una funzione di risposta del bacino stesso ad un ingresso impulsivo unitario detto anche idrogramma unitario istantaneo o IUH.



$\mu (Q_D)$  = valore medio della distribuzione del max annuale delle portate al colmo di durata D:

$$\mu(Q_D) = \mu(Q) \cdot r(D)$$

$\mu(Q)$  = è la piena media annua;

$r(D)$  = fattore di riduzione dei colmi di piena.

La relazione per il calcolo della piena indice con il modello geomorfoclimatico può essere scritta come:

$$\mu(Q) = C_f \cdot q \cdot K_A(t_r) \cdot \mu[I(t_r)] \cdot \frac{S}{3,6}$$

Dove :

$C_f$ : coefficiente di afflusso di piena del bacino;

$q$ : coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena;

$t_r$ : tempo di ritardo del bacino con la durata critica delle precipitazioni sul bacino, in ore;

$K_A(t_r)$ : fattore di riduzione areale

$\mu[I(t_r)]$ : valore medio del massimo annuale dell' intensità di pioggia di durata  $t_r$ ;

$S$ : superfice del bacino.

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

Con la suddivisione in tre complessi omogenei (con copertura boschiva), si ha:

$$C_f = C_{f1} \frac{A_1}{A} + C_{f2} \frac{A_2}{A} + C_{f3} \frac{A_3}{A}$$

dove:

$C_{f1}$  = 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 bosco = 0,00.

Il tempo di ritardo del bacino, nel caso di bacini eterogenei dal punto di vista idrogeologico, può essere calcolato come media pesata del ritardo medio di ognuno dei complessi. Quindi la durata critica delle precipitazioni sul bacino risulta definito dalla seguente relazione:

$$t_r = \frac{C_{f1}}{C_f} \cdot \frac{A_1}{S} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_1} \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2}}{C_f} \cdot \frac{A_2}{A_{tot}} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_2} \sqrt{A_2}$$

Dove per il metodo Geomorfoclimatico in esame i valori sono:

- $c_1$  = 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
$c_1$ [m/s]	0,23
$c_2$ [m/s]	1,87

Nel nostro caso si ha:

$C_f$	0,5348
$t_r [ore]$	0,01

$C_{f1}/(C_f \cdot c_1)$	3,414523
$C_{f2}/(C_f \cdot c_2)$	0,559957

Il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena viene così definito:

$$q = \begin{cases} = 0.60 se & 0.25 \leq n' \leq 0.45 \\ = 0.65 se & 0.45 \leq n' \leq 0.65 \end{cases}$$

dove  $n'$  risulta essere pari ad :

$$n' = 1 + K_1 \cdot S - \frac{\beta \cdot (t_r / d_c)}{1 + (t_r / d_c)}$$

in cui  $\beta$  e  $d_c$  sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata , mentre  $K_1$  è un coefficiente numerico pari a :

$K_1$	0,000144
-------	----------

Il valore medio del massimo annuale dell' intensità di pioggia di durata  $t_r$  risulta essere pari ad:

$$\mu[I(t_r)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^\beta}$$

dove  $\mu(I_0)$  il valore medio del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea ed è funzione della zona omogenea e dove  $\beta$  è pari ad

$$\beta = C - |D| \cdot z$$

anche i coefficienti C e D dipendono dalla zona omogenea mentre  $\beta$  è funzione della quota media del bacino z:

Area	n.	$\mu(I_0)$	$d_c$	C	$D \times 10^5$	$r^2$
omogenea	stazioni	[mm/ora]	[ore]			
1	14	77,08	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994
2	12	83,75	0,3312	0,7031	7,7381	0,9991
3	5	116,70	0,0976	0,7360	8,7300	0,9980
4	3	78,61	0,3846	0,8100	24,8740	0,9930
5	6	231,80	0,0508	0,8351	10,8000	0,9993
6	4	87,87	0,2205	0,7265	8,8476	0,9969

Nel nostro caso il bacino ricade nell'area omogenea n°1

Area omogenea n°	1	$\mu(I_0)$	$d_c$	C	$D \cdot 10^5$	$\rho^2$	$\beta$
		[mm/ora]	[ore]				
Valori relativi all'area omogenea		77,08	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994	0,7987

Con questi valori otteniamo i seguenti risultati:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	74,85
---------------------------	-------

$n'$	0,97
$q$	0,65

Il fattore di riduzione areale  $K_A(t_r)$  risulta essere così definito:

Dove :

$$K_A(t_r) = 1 - f_1(A) \cdot f_2(t_r)$$

$$f_1(A) = 1 - e^{-c_1 \cdot A}$$

$$f_2(t_r) = e^{-(c_2 \cdot t_r^{c_3})}$$

Per  $t_r \leq 24$  ore ed  $A \leq 2.000 \text{ km}^2$  si può porre :

$c_1$	0,0021
$c_2$	0,53
$c_3$	0,25

da cui risulta:

$f_1(A)$	0,0000
$f_2(t_r)$	0,8342
$K_A(t_r)$	1,0000

A questo punto è possibile determinare la piena media annua  $\mu(Q)$

<b><u>Calcolo della piena media annua <math>\mu(Q)</math></u></b>	
$Cf$	0,5348
$q$	0,65
$t_r$ [ore]	0,0137
$K_A(t_r)$	1,0000
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	74,85
$S$ [km <sup>2</sup> ]	0,00575
$\mu(Q)$ [m <sup>3</sup> /s]	0,042

Determiniamo ora il fattore di riduzione dei colmi di piena  $r(D)$ :

$$r(D) = \left( 1 + \alpha \cdot \frac{D}{t_r} \right)^{(n'-1)}$$

Con

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot n' \right)$$

Nel nostro caso  $\alpha = 0,26458$

Da cui si calcola il fattore di riduzione dei colmi di piena  $r(D)$ :

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena r (D)	
$\alpha$	0,257199112
$n'$	0,97
D	0,00003608
$t_r$ [ore]	0,013690847
$r(D)$	1,00

Quindi è possibile determinare il valore medio della distribuzione del max annuale delle portate al colmo di durata D:

$$\mu(Q_d) = \mu(Q) \cdot r(d)$$

$$\mu(Q_d) = 0,042 \cdot 1,00 = 0,042 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Per calcolare il Massimo Annuale del Volume di piena in una fissata durata si fa riferimento al massimo annuale della portata media nella durata D:

**Calcolo Portata Bacino Lato Ex Cinema Miriam:**

**Per T = 100 anni**

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 0,042 = \mathbf{0,128 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

## 6. Criteri progettuali

La tubazione in esame sarà realizzata per il deflusso delle acque meteoriche di Viale della Repubblica, il tratto di tubazione interrata presenta pendenze basse (nell'ordine del 5 per mille) perché posizionato lungo l'asse della strada.

A vantaggi odi sicurezza si è considerato un unico bacino con un unico diametro della tubazione; i tratti di tubazione saranno dotati di griglie e pozzetti in per consentire il deflusso delle acque stradali superficiali.

La tubazione utilizzata sarà a sezione circolare in polietilene ad alta densità (PEAD) di tipo SN4, corrugata a doppia parete in PE per condotte di scarico interrate non in pressione a norma EN 13476-3 (tipo B), con parete interna liscia di colore chiaro per facilitare l'ispezione visiva e con telecamere secondo UNI ENV 1046.

Di seguito sono riportati i diametri commerciali delle tubazioni da utilizzare:

## Dimensionali [mm]

DE/OD	DI/ID	DImin
125	105	105
160	137	134
200	172	167
250	218	209
315	272	263
400	347	335
500	433	418
630	542	527
800	678	669
1000	852	837
1200	1020	1005

DIAMETRO TUBAZIONE

## 7. Dimensionamento tubazioni di progetto

Il dimensionamento delle tubazioni prevedono il calcolo della portata in funzione dell'area scolante. Nel caso in esame ed in linea con i "Criteri di progettazione" precedentemente esposti le portate risultano essere:

	Area [m <sup>2</sup> ]	Area [km <sup>2</sup> ]	Periodo di Ritorno [T]	Portata [m <sup>3</sup> /s]
Bacino Viale della Repubblica	25.500 m <sup>2</sup>	0,0255 km <sup>2</sup>	100 anni	0,549 m <sup>3</sup> /s
Bacino Lato Ex Cinema Miraim	5.750 m <sup>2</sup>	0,00575 km <sup>2</sup>	100 anni	0,128 m <sup>3</sup> /s

Le scale di deflusso sono lo strumento fondamentale per la scelta delle dimensioni delle tubazioni in quanto forniscono tutti i valori necessari (portata, velocità, riempimento, ecc...).

Nella presente relazione sono state costruite considerando il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler ottenendo quindi l'equazione di Chezy nella seguente forma:

$$Q = K \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{3}}$$

Dove:

$$Y = r \times \left( 1 - \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) \right)$$

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\phi - \sin\phi)$$

$$C = r \times \phi$$

$$R = \frac{A}{C}$$

$$\% = \frac{Y}{2 \times r}$$

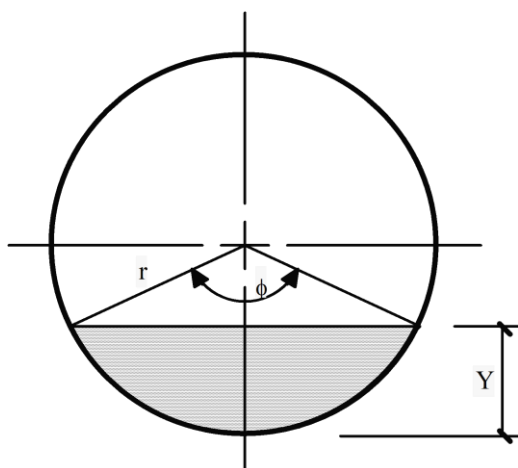
K = Coefficiente di scabrezza = 120  
(Tubi in PVC, PE, ecc...);

A = Area della sezione bagnata;

R = Raggio idraulico = A/P;

P = Perimetro Bagnato;

i = pendenza di posa della tubazione.





**Per il dimensionamento massimo delle tubazioni si è imposto un grado di riempimento massimo pari a 0,60 D.**

Le tubazioni necessarie per i tratti di intervento sono verificate di seguito.

### **7.1 Verifica Tubazione – Viale della Repubblica**

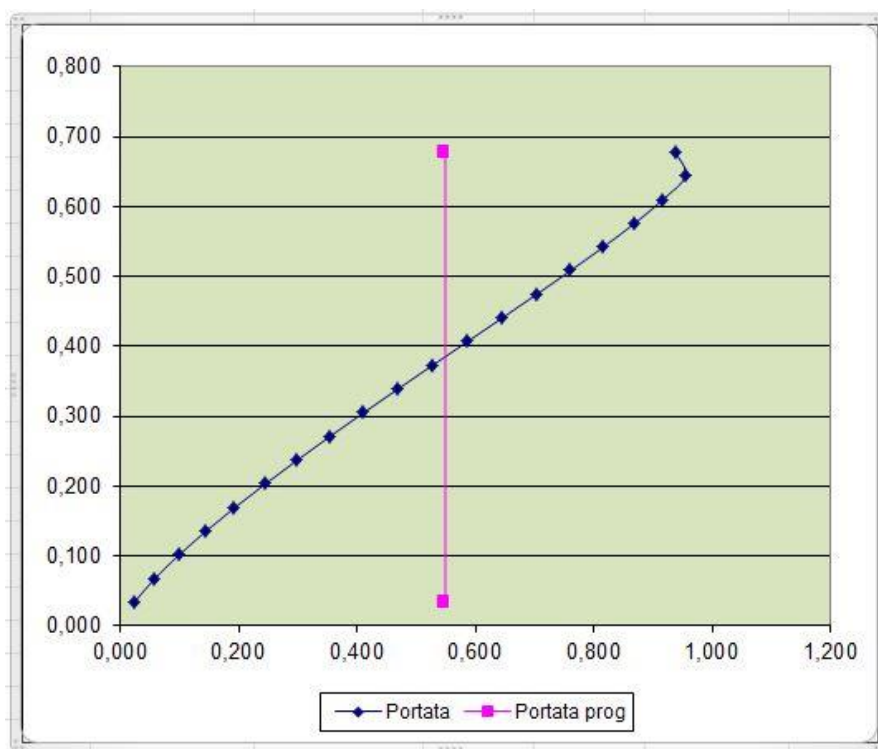
**Bacino, T=100anni. DN 800 mm, Di=678mm – pendenza media = 0,50%**

Dati tubo:	Diametro=	0,678	metri	
	Area	0,36103466	mq	
	Pendenza tubazione=	0,005	m/m	in % 0,5
	Coeff Scabrezza G.-Strickler=	120		
	Portata di progetto=	0,549	mc/s	

% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,02	0,31	0,06	0,023	0,034	1,286
10%	73,74	1,29	0,04	0,44	0,08	0,058	0,068	1,611
15%	91,15	1,59	0,05	0,54	0,10	0,099	0,102	1,833
20%	106,26	1,85	0,07	0,63	0,11	0,145	0,136	2,005
25%	120,00	2,09	0,09	0,71	0,13	0,194	0,170	2,145
30%	132,84	2,32	0,11	0,79	0,14	0,245	0,203	2,264
35%	145,08	2,53	0,13	0,86	0,15	0,299	0,237	2,366
40%	156,93	2,74	0,14	0,93	0,16	0,354	0,271	2,454
45%	168,52	2,94	0,16	1,00	0,16	0,411	0,305	2,531
50%	180,00	3,14	0,18	1,07	0,17	0,469	0,339	2,599
55%	191,48	3,34	0,20	1,13	0,18	0,528	0,373	2,658
60%	203,07	3,54	0,22	1,20	0,18	0,587	0,407	2,708
65%	214,92	3,75	0,23	1,27	0,18	0,645	0,441	2,750
70%	227,16	3,96	0,25	1,34	0,19	0,704	0,475	2,785
75%	240,00	4,19	0,27	1,42	0,191	0,761	0,509	2,811
80%	253,74	4,43	0,29	1,50	0,192	0,817	0,542	2,828
85%	268,85	4,69	0,31	1,59	0,19	0,869	0,576	2,833
90%	286,26	5,00	0,32	1,69	0,19	0,917	0,610	2,823
95%	308,32	5,38	0,34	1,82	0,19	0,955	0,644	2,785
100%	360,00	6,28	0,36	2,13	0,17	0,938	0,678	2,599

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati:

57,00%	196,10	3,42	0,21	1,16	0,18	0,551	0,386	2,679
--------	--------	------	------	------	------	-------	-------	-------



## 7.2 Verifica Tubazione – Lato Ex Cinema Miriam

**Bacino, T=100anni. DN 500 mm, Di=433mm – pendenza media = 0,50%**

Dati tubo:

Diametro= 0,433 metri

Area 0,1472534 mq

Pendenza tubazione= 0,005 m/m

in % 0,5

Coeff Scabrezza G.-Strickler= 120

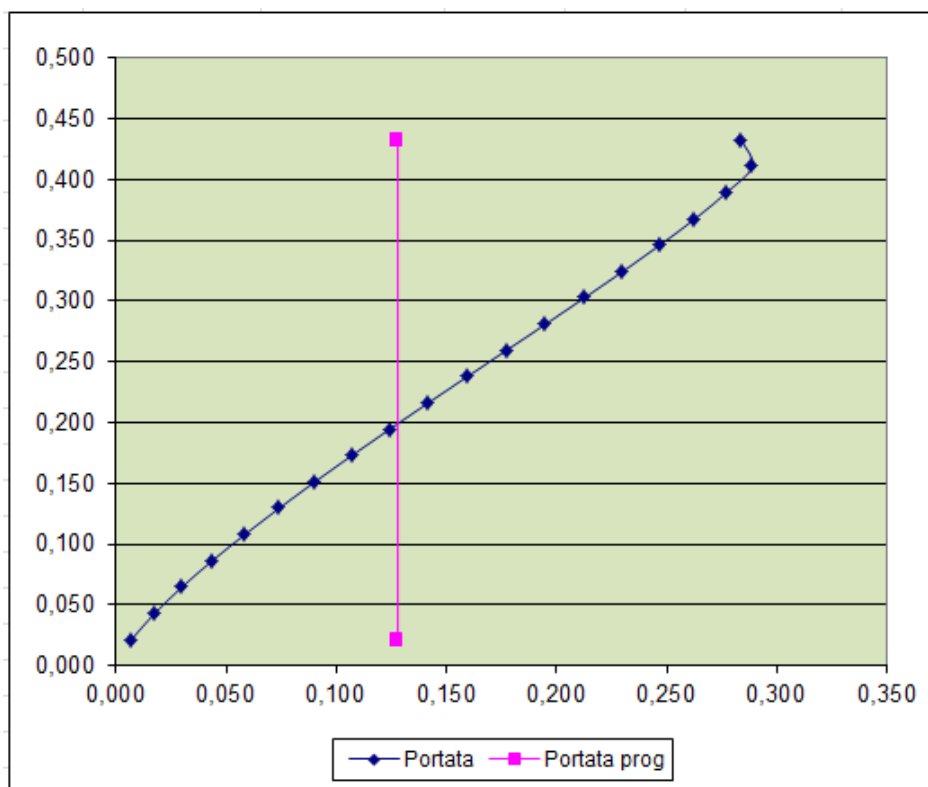
Portata di progetto= 0,128 mc/s

% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,01	0,20	0,04	0,007	0,022	0,954
10%	73,74	1,29	0,01	0,28	0,05	0,018	0,043	1,195
15%	91,15	1,59	0,02	0,34	0,06	0,030	0,065	1,360
20%	106,26	1,85	0,03	0,40	0,07	0,044	0,087	1,487
25%	120,00	2,09	0,04	0,45	0,08	0,059	0,108	1,591
30%	132,84	2,32	0,04	0,50	0,09	0,074	0,130	1,679
35%	145,08	2,53	0,05	0,55	0,09	0,090	0,152	1,754
40%	156,93	2,74	0,06	0,59	0,10	0,107	0,173	1,820
45%	168,52	2,94	0,07	0,64	0,10	0,124	0,195	1,877
50%	180,00	3,14	0,07	0,68	0,11	0,142	0,217	1,927
55%	191,48	3,34	0,08	0,72	0,11	0,160	0,238	1,971
60%	203,07	3,54	0,09	0,77	0,12	0,177	0,260	2,008
65%	214,92	3,75	0,10	0,81	0,12	0,195	0,281	2,040
70%	227,16	3,96	0,10	0,86	0,12	0,213	0,303	2,065
75%	240,00	4,19	0,11	0,91	0,122	0,230	0,325	2,085
80%	253,74	4,43	0,12	0,96	0,123	0,247	0,346	2,097

85%	268,85	4,69	0,13	1,02	0,12	0,263	0,368	2,101
90%	286,26	5,00	0,13	1,08	0,12	0,277	0,390	2,093
95%	308,32	5,38	0,14	1,17	0,12	0,289	0,411	2,065
100%	360,00	6,28	0,15	1,36	0,11	0,284	0,433	1,927

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati:

46,00%	170,82	2,98	0,07	0,65	0,10	0,128	0,199	1,888
--------	--------	------	------	------	------	-------	-------	-------



## 8. Conclusioni

La rete delle acque bianche sarà quindi costituita da tubazioni di diametro, uno di DN800mm e l'altro DN500 per l'intero tratto.

La dimensioni scelte garantiscono regolarmente il deflusso con gradi di riempimenti uno di max 57% che garantiscono anche una velocità che limita i depositi nelle tubazioni. Le velocità risultano essere pari a 2,70m/s e l'altro di max 46% che garantiscono anche una velocità che limita i depositi nelle tubazioni. Le velocità risultano essere pari a 1,88m/s

La posizione planimetrica delle tubazioni degli scarichi non dovranno risultare controcorrente o perpendicolare all'asse del corso d'acqua bensì a favore di corrente per facilitare il deflusso.

La planimetria di progetto è riportata nelle tavole allegate.

Luogo e Data

Albanella (SA), Dicembre 2022

Il tecnico

RTP

**Ing. Luca PICILLI**

(Mandatario - Capogruppo)

