

REGIONE CAMPANIA

COMUNE DI ROCCARAINOLA

Provincia di NAPOLI

*LAVORI DI REALIZZAZIONE RETE FOGNARIA  
ACQUE BIANCHE SUL TERRITORIO COMUNALE*

PROGETTO ESECUTIVO

TAVOLA:

R.02

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

**PROGETTAZIONE**

Ing. Pasquale B. SIRIGNANO

**COLLABORATORI**

Ing. Diego RUSSO

DATA:

**IL SINDACO**

**IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

## **1. PREMESSA**

Nella presente relazione si descrivono le metodologie di calcolo utilizzate per la verifica idraulica del sistema di collettori fognari primari e secondari esistenti e di progetto.

## **2. CRITERI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA DEI COLLETTORI**

Il dimensionamento dei collettori fognari è stato eseguito effettuando una stima delle portate di origine meteorica che possono affluire nei condotti, verificando che, in corrispondenza delle condizioni di funzionamento a  $Q_{max}$  - portata massima pluviale corrispondente al periodo di ritorno considerato-, si avessero sempre tiranti inferiori all'altezza dello speco con adeguato franco di sicurezza e velocità massime in tempo di pioggia inferiori a 5 m/s, così come previsto dalle norme tecniche di riferimento.

In particolare, il dimensionamento degli spechi è stato effettuato assumendo, a base del calcolo, il massimo valore della portata che può verificarsi in occasione degli eventi meteorici più intensi con assegnato periodo di ritorno (nello specifico si è adottato un valore di T=20 anni).

## **3. VALUTAZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI**

Nel seguito si illustra la metodologia adottata per la valutazione dei parametri della distribuzione di probabilità, ricavati a partire da dati pluviometrici e fisiografici tipici dei bacini oggetto di studio.

I bacini indagati, sottesi dalle relative sezioni d'interesse, risultano essere di modesta estensione e la valutazione delle portate di piena, con prefissato periodo di ritorno, in assenza di misure dirette, è stata effettuata utilizzando un metodo indiretto del tipo afflussi-deflussi.

La valutazione degli afflussi meteorici su un bacino idrografico, utilizzando un approccio di tipo probabilistico, viene comunemente effettuata attraverso una espressione del tipo:

$$h_{d,T} = \mu_{hd} \cdot K_T \quad (1)$$

in cui:

$h_{d,T}$  = altezza di pioggia massima annuale di durata  $d$  e periodo di ritorno  $T$ ;

$\mu_{hd}$  = stima della media probabilistica dei massimi annuali di  $hd$ ;

$K_T$  = fattore di crescita dipendente dal modello probabilistico utilizzato e funzione del periodo di ritorno  $T$ .

La media  $\mu_{hd}$ , che dipende dalle caratteristiche pluviometriche, orografiche ed altimetriche del sito, risulta pari al prodotto dell'intensità di pioggia media nella durata  $d$ ,  $\mu_{i_d}$ , moltiplicata per la durata  $d$ ; la grandezza  $\mu_{i_d}$  è correlabile alla quota altimetrica  $z$  ed alla durata  $d$  mediante un'espressione del tipo:

$$\mu_{i_d} = \frac{I_0}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C+Dz}} \quad (2)$$

dove:

$I_0$  (mm/h) = valore di  $\mu_{i_d}$  per  $d \rightarrow 0$ ;

$C$ ,  $D$  e  $d_c$  = parametri della relazione (2).

La (2) può scriversi nella forma:

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 \quad (3)$$

avendo posto:

$$Y = \log_{10} \mu_{i_d};$$

$$X_1 = \log_{10} \left(1 + \frac{d}{d_c}\right);$$

$$X_2 = z \log_{10} \left(1 + \frac{d}{d_c}\right) = z X_1;$$

$$A_0 = \log_{10} I_0;$$

$$A_1 = -C;$$

$$A_2 = -D.$$

nella quale le costanti  $A_i$  e, quindi, i parametri  $I_0$ ,  $C$ , e  $D$ , possono ricavarsi in base ad un modello di regressione lineare multipla, valutando, per tentativi, il valore del parametro  $d_c$  in corrispondenza del quale si ottiene la massima correlazione.

Nel caso in esame per individuare le caratteristiche pluviometriche dei bacini oggetto di studio si è fatto riferimento alla Relazione idrologica allegata al Piano Stralcio adottato dall'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Regione Campania dalla quale risulta che la zona in oggetto è contenuta nell'area omogenea A3.

Per tale zona, la curva di probabilità pluviometrica è rappresentata dalla relazione:

$$i_{d,T} = K_T \cdot \frac{111.885d}{(+ 5.0495d)^{0.758+0.00002Z_{med}}} \quad (4)$$

in cui:

$i_{d,T}$  [mm/h] è l'intensità di pioggia di assegnata durata  $d$  [ore] e periodo di ritorno  $T$  [anni];

$K_T$  è il fattore di crescita, relativo alle piogge, variabile in funzione del periodo di ritorno;

$Z_{med}$  [m] è la quota media del bacino rispetto al livello medio mare.

Per quanto concerne la distribuzione di probabilità dei massimi di pioggia annuali, rapportati al valore medio, il citato studio idrologico adotta il modello TCEV.

In base a tale modello, la generica variabile  $X_T$  (altezza o intensità di pioggia, portata al colmo, etc.) corrispondente ad un assegnato valore del periodo di ritorno  $T$  può trarsi dall'espressione:

$$T = \frac{1}{1 - \exp\left[-\Lambda_1 e^{-\eta K_T} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\Theta_*} e^{-\eta K_T / \Theta_*}\right]} \quad (5)$$

nella quale

$$K_T = \frac{X_T}{\mu_X} \quad (6)$$

è il fattore di crescita col periodo di ritorno T, definito come il rapporto tra la variabile  $X_T$  corrispondente all'assegnato periodo di ritorno T e la media  $\mu_x$  della distribuzione di probabilità della variabile X;

$\Lambda_*$  e  $\Theta_*$  sono parametri adimensionali dipendenti solo dal coefficiente di asimmetria e, pertanto, stimabili solo sulla base di un'indagine regionale a vasta scala (Analisi regionale di I Livello);

$\Lambda_1$  è il numero medio di eventi indipendenti, di tipo ordinario, che si determinano nella zona (e, pertanto, è una caratteristica climatica di una zona omogenea che può essere valutata una volta noti  $\Lambda_*$  e  $\Theta_*$ , attraverso un'analisi regionale di II Livello);

$\eta$  è un parametro strettamente dipendente da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda_*$  e  $\Theta_*$ .

Nel caso specifico la variabile aleatoria presa in esame, come già detto, è il massimo annuale dell'altezza di pioggia in assegnata durata d, corrispondente al periodo di ritorno T pari al numero medio di anni che bisogna attendere prima che si verifichi un insuccesso (ad es. il superamento di un valore massimo per la variabile aleatoria in questione).

Con riferimento al Rapporto VA.PI. "Valutazione delle piene in Campania" elaborato dal citato G.N.D.C.I. del CNR i valori di  $\Lambda_*$  e  $\Theta_*$  validi per l'intera Regione Campania sono i seguenti:

$$\Lambda_* = 0.224$$

$$\Theta_* = 2.536$$

e

$$\Lambda_1 = 37$$

$$\eta = 4.909$$

I valori del coefficiente di crescita  $K_T$  sono riportati, per differenti periodi di ritorno T, nella successiva Tabella 1

**Tabella 1: Coefficienti di crescita  $K_T$  per differenti valori del periodo di ritorno**

T

T	2	10	20	50	100	300
$K_T$	0.87	1.38	1.64	2.03	2.36	2.90

La scelta del periodo di ritorno segue indicazioni fornite dalla letteratura tecnica per la quale si è soliti proporzionare le reti di drenaggio urbane con periodi di ritorno variabili tra 10 e 20 anni. Nel caso specifico T è stato assunto pari a 20 anni.

La relazione (2), con riferimento al periodo di ritorno T prescelto, con semplici passaggi può essere espressa in termini di legge binomia.

### 3.2 Caratterizzazione dei bacini

La valutazione delle portate interessanti le sezioni in esame richiede, preliminarmente, la conoscenza dettagliata delle caratteristiche morfologiche dei bacini afferenti.

Come noto, per bacino idrografico si intende l'area drenata da un impluvio o da una incisione ben definita del reticolo idrografico e sottesa da una data sezione di chiusura.

Nel caso in esame, si è individuata una sezione di calcolo, nella quale si è definita la portata defluente per fissati T; la portata stimata in tale sezione ha fornito, poi, i parametri di calcolo della sezione e delle opere idrauliche previste in progetto.

In particolare, è stata individuata la seguente sezione di calcolo e la relativa corrispondenza al bacino individuato: Alveo Tuoro di Sasso + Alveo Bersaglio: S1;

Per sudetta sezione si è calcolata la portata corrispondente a fissati periodi ritorno e, successivamente, si sono approntate le dovute verifiche idrauliche.

A tal proposito, si è individuato, nell'ambito del territorio di Roccarainola, il bacino riportato in ALL. 1 – Bacino idrografico,; la descrizione degli stessi e le loro caratteristiche morfologiche ed idrologiche sono riportate nella descrizione dello stato dei luoghi fatta nella relazione generale e descrittiva.

La pendenza media dell'asta principale nel caso dei bacini riportati e' stata determinata con la formula di Taylor & Schwartz

$$\left( \frac{L}{\sqrt{P}} \right) = \sum_{i=1}^{NT} \frac{L_i}{\sqrt{P_i}} \quad (7)$$

dove i valori  $L_i$  e  $P_i$  indicano rispettivamente la lunghezza e la pendenza degli NT tratti in cui e' suddiviso il profilo dell'asta.

La valutazione della quota media del bacino, invece, è stata effettuata mediante la costruzione della curva ipsografica  $z = z(S)$  ovvero della curva che rappresenta le superfici del bacino che si trovano al di sotto di una determinata quota.

Tale curva si ottiene considerando il dislivello totale del bacino in esame, ovvero quello compreso tra la quota minima  $H_0$  (sezione di chiusura) e la quota massima posta sulla linea di spartiacque; individuato tale dislivello lo si divide in varie fasce mediante le isoipse intermedie e, successivamente, si valuta l'area compresa in ciascuna fascia.

La quota media del bacino ( $H_m$ ) si ricava effettuando una media pesata sulle superfici:

$$H_m = \sum H_i * \Delta S_i / S_{tot} \quad (87)$$

Dove  $H_i$  rappresenta la quota media della fascia i-sima,  $\Delta S_i$  l'area sottesa alla fascia i-sima e  $S_{tot}$  la superficie totale del bacino in esame.

### 3.3. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO

Con riferimento alla stima della pioggia efficace ai fini della formazione dei deflussi di piena, nell'ambito del presente studio idrologico si è fatto riferimento alla percentuale delle aree del bacino che si comportano come completamente permeabili alle precipitazioni ( $P_p$ ).

La corretta valutazione di  $P_p$  risulta, pertanto, di fondamentale importanza ai fini della valutazione del coefficiente di afflusso  $\phi$  e, quindi, ai fini della valutazione delle portate al colmo di piena corrispondenti ad assegnato periodo di ritorno T.

A tale scopo, si è condotta un'attenta indagine sulle caratteristiche di permeabilità dei terreni ricadenti all'interno del bacino in esame.

A seconda dei litotipi, si sono dapprima individuate, qualitativamente, le caratteristiche di permeabilità del bacino, e poi si è passati a quantificarne il valore, anche in relazione ad approcci e metodologie già disponibili in letteratura.

Per il bacino esaminato sono state calcolate le medie pesate dei valori relativi ai singoli litotipi, assumendo quale funzione di peso il rapporto tra l'area con cui il singolo affioramento è presente nel bacino e l'area complessiva dello stesso bacino.

A partire da questi valori si sono potuti così valutare:

l'area complessiva del bacino sotteso dalla sezione di chiusura presa a riferimento;

la percentuale  $P_p$  relativa al bacino preso a riferimento, in base alla media pesata dei valori relativi alle singole sub-zone;

Per quanto riguarda il coefficiente di afflusso  $\phi$ , va considerato che esso varia sensibilmente a seconda delle caratteristiche dei terreni presenti nel bacino nonché dell'andamento topografico, risentendo, altresì, dell'intensità e della durata della pioggia. Nel progetto in esame è stata adottata la classificazione indicata dal Prof. Ippolito, che prevede per  $\phi$ , i valori di seguito riportati:

Costruzioni dense	0.80 - 0.70
Costruzioni spaziate	0.60 - 0.50
Zone a villini	0.35 - 0.25



Aree non edificate	0.20 - 0.15
Giardini, parchi, boschi	0.10 - 0.00

Con riferimento all'area di studio, la suddetta relazione conduce ad un valore del coefficiente di afflusso, variabile a secondo dei casi tra 0.15 e 0.20; pertanto, a vantaggio di sicurezza, è stato assunto un unico coefficiente  $\phi$  pari a 0.20.

Infine, si ricorda che per tenere conto del fenomeno della distribuzione non uniforme della pioggia su una determinata area, normalmente si ricorre ad un coefficiente riduttivo degli afflussi (coefficiente di riduzione areale) per il quale esistono numerose relazioni a carattere empirico.

Nel caso specifico, vista la modesta estensione dei bacini in esame, tale coefficiente è stato assunto unitario, poiché le diverse relazioni presenti in letteratura avrebbero comportato una riduzione trascurabile dell'afflusso meteorico.

#### **4. CALCOLO DELLE PORTATE**

La valutazione delle portate di origine meteorica, necessaria per il dimensionamento degli spechi, è stata effettuata con riferimento al metodo del volume di invaso proposto da Iannelli.

A tal proposito, la portata pluviale defluente in una fognatura a seguito di un evento meteorico può essere calcolata tramite l'espressione:

$$Q = uA \quad (9)$$

con  $Q$  = portata, in l/s;

$u$  = coefficiente udometrico, in l/s/ha;

$A$  = area del bacino, in ha.

Nota la curva di probabilità pluviometrica, per collettori prismatici semipieni, a sezione rettangolare o ad essa assimilabile, il coefficiente udometrico è calcolabile attraverso la relazione:

$$u = \frac{2168 n_o \varphi a'^{\frac{1}{n_o}}}{w^{(n_o-1)}} \quad (10)$$

dove:

$\varphi$  = valore medio del coefficiente di afflusso mediato sull'area totale del bacino sotteso dalla sezione di calcolo, relativo a piogge di durata inferiore a 1 ora;

$w$  = volume specifico, invasato nell'unità di superficie di bacino, in m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>;

$n_o$  e  $a'$  sono ricavati opportunamente da  $a$  ed  $n$  (parametri della curva di probabilità pluviometrica) per tenere conto sia dell'influenza della estensione dell'area colante sia della variabilità del valore di  $\varphi$  con la durata della pioggia.

Il volume specifico invasato  $w$  risulta definito dal rapporto:

$$w = \frac{W_p + W_o}{A} \quad (11)$$

dove:

$W_p$  = volume di acqua invasato all'interno delle canalizzazioni, espresso in m<sup>3</sup>;

$W_o$  = volume di acqua invasato sulle superfici del bacino, espresso in m<sup>3</sup>, (il cui valore specifico,  $w_o$ , è detto volume dei piccoli invasi ed è in genere espresso in m<sup>3</sup>/ha).

Il volume totale di invaso  $W$  corrispondente ad una certa sezione del generico tronco fognario si compone, sia dei volumi di invaso di tutto il sistema di canalizzazioni che si trovano a monte della suddetta sezione, che del volume dei piccoli invasi ( $w_o$ ), a sua volta valutato ricorrendo, in genere, a valori indicativi riportati in letteratura tecnica. Nel caso in esame, in base alle considerazioni sopra menzionate, è stato assunto, per i piccoli invasi, un volume pari a 50 m<sup>3</sup> per ettaro.

Il volume d'invaso specifico " $w$ ", quindi, risulta funzione oltre che del volume dei piccoli invasi anche dell'invaso proprio della fogna che non potrà essere determinato se non dopo aver definito la portata defluente nello speco relativo.

D'altro canto per conoscere la portata si dovrà preventivamente calcolare il coefficiente udometrico "u" che dipende da W. Si ha, quindi, la necessità di adottare un metodo di calcolo per tentativi che, con opportuni accorgimenti, risulta normalmente a rapida convergenza.

Il criterio adottato, studiato da Iannelli, si basa sulla considerazione che poichè il metodo del volume di invaso presenta numerose incertezze nella valutazione dei vari termini che entrano nel calcolo del coefficiente udometrico "u", è possibile, a parità di incertezze con altri elementi, effettuare semplificazioni sul termine "u" che impone l'iterazione del calcolo.

## 5. CALCOLI IDRAULICI

Il proporzionamento dei collettori fognari è stato effettuato con riferimento a condizioni di moto uniforme.

E' stato, quindi, verificato che non si hanno tiranti idrici superiori all'altezza dello speco, col rischio di andata in pressione del condotto in progetto.

Come legge di resistenza per la verifica è stata adottata la ben nota formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = K_S \Omega R^{2/3} i^{1/2} \quad (12)$$

nella quale:

- $K_S$  è il coefficiente di conducibilità [ $m^{1/3} s^{-1}$ ];
- $R$  è il raggio idraulico [m];
- $i$  è la pendenza di fondo del collettore [m/m];
- $\Omega$  è la sezione idrica [ $m^2$ ];
- $Q$  è la portata defluente in moto uniforme [ $m^3 s^{-1}$ ].

Nel proporzionamento dei collettori si è scelto 100 come valore del coefficiente di conducibilità per le nuove tubazioni in Pead.

Inoltre, nella fase di dimensionamento si è imposto che il massimo grado di riempimento accettabile per queste sia pari al 80 %, allo scopo di lasciare un franco di

sicurezza al di sopra del pelo libero e garantire altresì l'aerazione del condotto; solo localmente, ed in presenza di particolari condizioni potrà essere ammesso un lieve superamento di tale limite.

I collettori fognari sono stati proporzionati in maniera tale che le velocità della corrente siano contenute entro limiti prestabiliti.

Particolare attenzione è stata posta, nel corso della progettazione, alle verifiche delle condizioni di deflusso nei punti in cui i collettori si immettono nei recapiti.

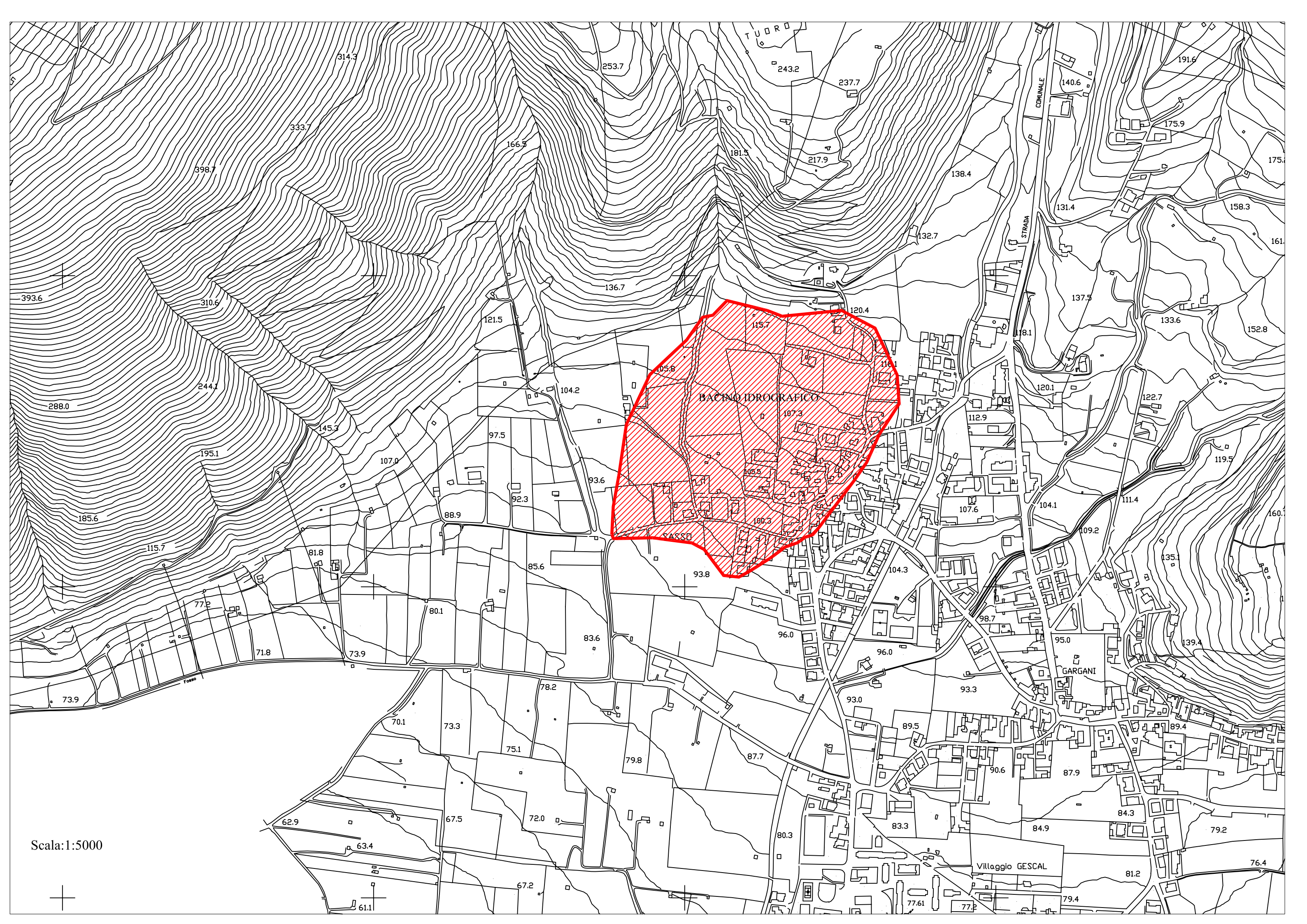
Allo scopo di garantire le migliori condizioni di deflusso, nei canali a pelo libero dovrà essere verificata la condizione che il tirante idrico ed il carico idraulico del collettore affluente abbiano un valore non inferiore a quello del recapito.

## **6. RISULTATI DEI CALCOLI DI VERIFICA ESEGUITI CON RIFERIMENTO A CONDIZIONI DI MOTO UNIFORME**

I risultati dei calcoli idraulici eseguiti con riferimento a condizioni di moto uniforme sono riportati, in forma sintetica, nella tabella in allegato 2 dalle quali si evince che la scelta delle dimensioni degli specchi e delle livellette danno esito positivo rispetto al deflusso delle portate di piena aventi periodi di ritorno  $T=20$  anni.

## **ALLEGATO 1**

### ***BACINO IDROGRAFICO***



BACINO IDROGRAFICO

SASSO

GARGANI

Villaggio GESCAL

Scala: 1:5000

## **ALLEGATO 2**

### **VERIFICHE IDRAULICHE**

#### VERIFICA IDRAULICA DEI TRATTI

I tratti esaminati sono 2. Di seguito si riportano le caratteristiche di ciascuno e la relativa tabella delle verifiche idrauliche. Alla fine è allegata la legenda dei simboli usati.

##### Tratto n°: 1

Descrizione: Via Cerquete

Pendenza [m/m]: 0.0174

Verifica sezione: DN 630

Formula di resistenza: Gauckler-Strickler

Tabella della verifica idraulica

h	Corda	Chi	Sigma	R	V	Q	GR
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m/s]	[m <sup>3</sup> /s]	[%]
0.317	0.513	0.935	0.136	0.146	3.663	0.501	60.48
5	3	5	9	3	1	0	

H	Zita	S.tot	Qmax	hc	Vc	Qc	Froude
[m]	[m]	[mc]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m/s]	[m <sup>3</sup> /s]	
1.000	0.137	0.205	0.793	0.466	2.461	0.221	2.265
1	6	7	3	9	4	4	

Tratto n°: 2

Descrizione: Via Fosso

Pendenza [m/m]: 0.0033

Verifica sezione: DN 630

Formula di resistenza: Gauckler-Strickler

Tabella della verifica idraulica

VERIFICA IDRAULICA

h	Corda	Chi	Sigma	R	V	Q	GR
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m/s]	[m <sup>3</sup> /s]	[%]
0.4019	0.4448	1.1187	0.1778	0.1590	1.6858	0.3000	76.56

H	Zita	S.tot	Qmax	hc	Vc	Qc	Froude
[m]	[m]	[mc]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m/s]	[m <sup>3</sup> /s]	
0.5470	0.1810	0.0838	0.3455	0.3712	1.8329	0.3522	0.851

Simbologia

- h = tirante
- Corda = corda della sezione idrica
- Chi = perimetro bagnato
- Sigma = area della sezione idrica
- R = raggio idraulico
- V = velocità
- GR = grado di riempimento
- H = carico piezometrico
- Zita = affondamento del baricentro
- S.tot = spinta totale
- Qmax = portata massima della sezione
- hc = tirante di stato critico
- Vc = velocità critica
- Qc = portata critica
- Froude = numero di Froude