

---

**Dott. Ing. Enrico Corinaldesi**

---

*Studio di Ingegneria Civile Idraulica  
Via Montello,83 - 25128 Brescia  
tel/fax 030391108 cell.3398876149  
e-mail [studingcori@libero.it](mailto:studingcori@libero.it)  
PEC [enrico.corinaldesi@ingpec.eu](mailto:enrico.corinaldesi@ingpec.eu)*

---

---

**RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA**

**LAVORI DI REGIMAZIONE IDRAULICA ACQUE METEORICHE CAMPEGGIO  
WEEK END IN LOC. CISANO A SALVAGUARDIA DEL VERSANTE INTERESSATO DAL  
MOVIMENTO FRANOSO**

---

Brescia li, 05.05.2017



Il tecnico incaricato

Dr. Ing. Enrico Corinaldesi

## 1. Premessa

In relazione all'incarico ricevuto dalla proprietà del campeggio "Week end", situato in località Cisano, nel territorio comunale di S. Felice del Benaco, si redige la presente relazione con il fine di individuare le opere da realizzare per la regimazione idraulica delle acque meteoriche appartenenti al bacino del rio Cisano, più volte responsabili in passato di dissesti ed allagamenti.

In particolare, a seguito dell'ultimo evento pluviometrico intenso, verificatosi nell'agosto dello scorso anno, si è verificato, all'interno del perimetro dell'area adibita a campeggio, un significativo movimento franoso che ha interessato la parte alta dell'impluvio proprio del rio Cisano.

Per gli scopi che il presente lavoro si prefigge sono state esperite, e nel proseguo riportate, le seguenti analisi:

- Identificazione del bacino imbrifero di competenza alla sezione di interesse;
- Calcolo della portata critica, in tale sezione, per il tempo di ritorno  $T=50$  anni;
- Verifiche sulla rete di drenaggio esistente ed identificazione delle opere idrauliche da realizzare.

## 2. Bacino imbrifero

Con riferimento al rilievo eseguito a cura del geom. Roberto Del Mancino, riportato nell'allegata tav. n°1 ed alla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, l'area in interesse ricade nel territorio comunale di S. Felice d/B, nelle sezioni D5E4 e D5E5 ed è ubicata fra le quote di circa 158.00 (delimitazione della strada S.P.39) e 146.00 (ingresso al campeggio week end) m.s.l.m.

Il piccolo bacino idrografico, sotteso alla sezione dove si incrociano le vie padre Francesco Santabona e via Vallone della Selva, si estende per circa 3,6 ha.

Nella seguente tabella sono riportati i dati morfometrici principali di tale bacino, calcolati alla sezione posta a quota 146 m.s.l.m.:

Parametri morfometrici		
Superficie	≈ 3,6	ha
Quota massima	158,00	m s.l.m.
Quota minima	146,00	m s.l.m.
Lunghezza dell'asta principale	≈ 250	m
Tempo di corrivazione	≈ 5	min

Il tempo di corrivazione è, sotto il profilo concettuale, il tempo impiegato dalla singola particella d'acqua caduta nel punto più lontano del bacino idrografico per raggiungere la sezione di chiusura considerata.

### 3. Idrologia

La curva di possibilità pluviometrica, descritta dalla funzione:

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

ove:

$h$  = altezza di pioggia in mm,

$t$  = durata di pioggia in ore,

$a$  e  $n$  sono i parametri della curva da determinarsi in base alle caratteristiche pluviometriche della zona, presa a base dei calcoli del presente lavoro e riferita ad un tempo di ritorno  $T_r = 50$  anni è stata la seguente:

- Per piogge di durata inferiore all'ora:

$$h = 50,17 \cdot t^{0,40}$$

Alla curva di possibilità climatica per  $T_r = 50$  anni corrispondono, per le diverse durate, le altezze di pioggia riportate nella seguente tabella:

Durata $t_p < 1$ ora	$T_{r,50}$ (mm)
15'	28,81
30'	38,02
45'	44,71
1 h	50,17

### 4. Stima della portata al colmo alla sezione di ingresso del campeggio

La definizione della curva di possibilità pluviometrica rappresenta soltanto il primo passo per giungere alla definizione della quantità di acqua che defluisce nella rete di drenaggio.

La valutazione dell'afflusso meteorico di assegnata durata e probabile frequenza non può essere considerata come isolata e risoltrice del problema, prescindendo cioè dagli innumerevoli e complessi fenomeni che modificano il percorso dei volumi di precipitazione.

L'equazione del bilancio idrologico:

$$W = I + ET + W_{net} + F + \Delta S$$

con:

$W$  = volume totale di pioggia

$I$  = pioggia intercettata

$ET$  = evapotraspirazione

$W_{net}$  = volume di pioggia netto

$F$  = volume di pioggia infiltratosi complessivamente

$\Delta S$  = variazione di volume invasato nel bacino fra l'inizio e la fine della piena

evidenzia bene come, tralasciando i valori dell'intercettazione e dell'evapotraspirazione (ininfluenti ai fini del calcolo dei deflussi per piogge particolarmente intense), non si possano trascurare le capacità di infiltrazione e di immagazzinamento superficiale proprie dei terreni interessati dalla precipitazione.

Tali perdite, in termini di portata di piena, variabili nel tempo, sono, alla luce dei recenti studi, ancora di difficile quantificazione, tanto da preferire l'adozione, ai fini della valutazione della pioggia netta, di uno ietogramma ad intensità costante, considerando quindi costanti, durante tutto l'evento, le perdite complessive che si verificano nel bacino imbrifero.

Il metodo utilizzato è fondato sulle seguenti ipotesi di base:

- piogge ad intensità costante,
- perdite idrologiche descritte dal metodo percentuale attraverso la definizione del coefficiente di assorbimento medio ponderale costante; a rigore tale coefficiente varia in funzione della precipitazione e, nel caso di reti di drenaggio urbano, si assume costante e pari a quello relativo alla precipitazione di durata 1 ora a patto di incrementare, per durate inferiori all'ora, l'esponente  $n$  della curva di possibilità pluviometrica di un terzo;
- metodo di trasformazione afflussi-deflussi lineare.

Si utilizzano a tale scopo (determinazione della quantità di pioggia che effettivamente affluisce in fognatura) gli studi del Prof. Fantoli (Politecnico di Milano - 1904), i cui risultati, in sostanza, riportano come punto di inizio per il dimensionamento dei collettori drenanti, la definizione del coefficiente di assorbimento medio specifico  $\Phi_i$  per ogni tipologia di bacino di drenaggio di area  $A_i$ .

Il coefficiente di assorbimento è funzione di numerosi effetti e racchiude tutti gli elementi che contribuiscono a determinare le perdite idrologiche; il valore di  $\Phi_i$ , da assegnare a ciascuna tipologia di superficie e da utilizzare per la determinazione della precipitazione netta, va opportunamente valutato tenendo conto di fattori non trascurabili; le caratteristiche geometriche e topografiche dell'area quali la forma, la pendenza, le capacità ritenive, etc..

Per le diverse tipologie di uso del suolo sono stati individuati i seguenti valori del coefficiente di assorbimento specifico:

<i>Tipologia di superficie</i>	$\Phi_i$
Aree a verde	0,30
Superfici asfaltate, strade, piazzali e marciapiedi	0,85

Al fine di determinare il valore di  $\Phi$  medio pesato valido per l'intero comparto è stata utilizzata la seguente relazione:

$$\Phi = \frac{(\sum \Phi_i \cdot A_i)}{A}$$

Da quanto detto si riconosce che l'attribuzione del coefficiente di assorbimento medio ponderale alle unità scolanti non può scaturire che da considerazioni globali più che da computi rigorosi che non potrebbero assicurare un valore pratico reale.

Di seguito si riporta il valori del coefficiente  $\Phi$  utilizzato nei calcoli successivi:

<i>Situazione</i>	Finale
<i>Coefficiente assorbimento medio ponderale <math>\Phi</math></i>	0,386

#### **4.1. Calcolo di trasformazione afflussi - deflussi**

Una volta quantificate le piogge nette sulla base di quanto sopra descritto, ossia le portate effettivamente affluite in fognatura e quindi i volumi d'acqua da smaltire, il problema si sposta verso lo studio dell'evento al colmo.

La metodologia adottata per la risoluzione del problema idrologico – idraulico consiste nel ricorrere a modelli matematici di trasformazione afflussi - deflussi, cioè ad algoritmi che, basandosi sulle ipotesi di linearità e stazionarietà, calcolano le onde di piena partendo dalle elaborazioni pluviometriche succitate.

Con tali modelli, basati sui concetti fisici dell'invaso e della corrivazione, si riesce a simulare il comportamento dei bacini studiati ottenendo direttamente le portate al colmo nelle sezioni di chiusura in funzione delle portate di precipitazione.

Per il caso in esame si è utilizzata la formula di verifica relativa al calcolo del coefficiente udometrico, (rapporto fra la portata critica e l'area del bacino), considerando l'evento critico calcolato secondo il metodo di corrivazione:

$$uc = 10^7 / 3600^{n_0'} \cdot \Phi a' T_0^{n_0'-1}$$

con:

$u$  = coefficiente udometrico (contributo di piena per unità di area) in l/sec per ha;

$n_0' = 4/3 n'$  = esponente della curva di possibilità pluviometrica incrementata per tenere conto della variabilità del coefficiente di deflusso in funzione dell'intensità della precipitazione;

$\Phi$  = coefficiente di assorbimento medio ponderale del bacino;

$T_0$  = tempo di corrivazione del bacino

Il valore del coefficiente uometrico, considerato nella sezione di restituzione finale, è pertanto il seguente:

<i>Tritorno</i>	$u$ $\left(\frac{l}{s \cdot ha}\right)$	$Q$ $\left(\frac{l}{s}\right)$
50	171,5	617,5

## 5. Verifica dell'attuale rete di drenaggio

L'analisi visiva delle vie di transito nell'area in questione mette in evidenza che, già a partire dalla S.P. 39, dove le caditoie stradali sono presenti solo sul lato destro della carreggiata, vi è assenza di manufatti di cattura lungo le vie P. F. Santabona e via Vallone della Selva (griglie e caditoie).

Pertanto risulta evidente che, in occasione di eventi pluviometrici più o meno intensi, i volumi di pioggia si trasformino quasi esclusivamente in ruscellamento superficiale.

All'incrocio fra le due vie suddette, in prossimità dell'ingresso del campeggio week end, le canaline stradali laterali adibite a scolo superficiale confluiscono in un'unica tubazione del diametro pari a 50 cm. in cemento che, dopo aver attraversato la strada, scarica in una vasca di modeste dimensioni all'interno della proprietà del villaggio week end.

Verso valle non esiste più alcun sistema di drenaggio e /o convogliamento delle acque meteoriche che pertanto sono libere di spagliare sino a confluire nel ramo di testa del rio Cisano dove, la scorsa estate, si è verificato il movimento franoso.

Attualmente la tubazione che scarica nella vasca (DN 50) è in grado di convogliare al massimo una portata non superiore a  $Q \approx 450$  l/s.

La portata di calcolo, come stimata al punto precedente ( $Q \approx 618$  l/s) non può pertanto essere convogliata a valle con il collettore attuale.

## 6. Opere previste

Con l'intento di razionalizzare il sistema idraulico, prescindendo dall'interessare la rete viaria di monte, si prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- Costruzione, all'interno del parcheggio esterno di proprietà del campeggio "week end" ed a monte della via Vallone della Selva, di due griglie e di una canaletta di gronda per catturare le acque provenienti dai terreni interposti fra la S.P. 39 ed appunto il parcheggio suddetto;

- Posa in opera di tubazione DN 50 cm., di collegamento di tale canaletta alla vasca ubicata all'interno della proprietà, alla quale saranno collegate anche le canaline superficiali di raccolta previste in corrispondenza dell'ingresso principale della campeggio.

La vasca esistente avrà funzione di sghiaiatore, da pulirsi periodicamente, per il trattenimento del materiale solido trasportato;

- Realizzazione di tubazioni di collettamento (DN 50/60 cm.) sino allo scarico nel sottostante rio Cisano che verrà risagomato, nel suo letto, mediante posa in opera di scogliera (sul fondo e sulle sponde) in massi inerbite e corretto nella livelletta di fondo mediante la costruzione di piccole briglie in legno e pietrame.

## 7. Verifica dei collettori in progetto

Al fine del dimensionamento o della verifica dei condotti costituenti una rete di drenaggio è necessario preliminarmente fissare alcune ipotesi fondamentali.

La natura del moto dell'acqua nelle tubazioni è un fenomeno piuttosto complesso con parametri che variano in funzione del tempo e dello spazio; il definire quindi rigorosamente le reali condizioni di movimento del fluido all'interno delle canalizzazioni risulta del tutto inopportuno e tale da preferire la logica semplificazione di moto uniforme.

Tale scelta, oltre a semplificare notevolmente la formulazione analitica, compendia errori che risultano sicuramente limitati e quindi accettabili.

Partendo da questa ipotesi fondamentale, si sono calcolate le grandezze fisiche proprie del moto uniforme mediante l'uso della formula di Chèzy, che ha la formulazione di seguito riportata:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

con:

$Q$  = portata (m<sup>3</sup>/s)

$A$  = area della sezione liquida (m<sup>2</sup>)

$R$  = raggio idraulico (m)

$i$  = pendenza del fondo

$C$  = coefficiente di Chèzy, caratterizzante la scabrezza del condotto.

L'espressione adottata per quantificare l'indice di scabrezza sopra citato risulta essere quella di Strickler e cioè:

$$C = k_s \cdot R^{1/6}$$

con:

$R$  = raggio idraulico (m)

$k_s$  = coefficiente di Strickler (si è posto pari a  $90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per le tubazioni in PVC e pari a  $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per la canaletta in calcestruzzo).

Il risultato ottenuto è riportato di seguito, con il seguente significato dei simboli:

$(h_o)$  = altezza di moto uniforme

$(V_o)$  = velocità media relativa al moto uniforme

$(Q_{max})$  = portata massima defluibile in condotta

$(Q_{verifica})$  = portata di verifica del condotto ( $T_r = 50$  anni):

<b>Pendenza condotta</b>	<b>Dimensioni condotta (cm)</b>	<b><math>Q_{verifica}</math> (l/s)</b>	<b><math>h_o</math> (m)</b>	<b><math>V_o</math> (m/s)</b>	<b><math>Q_{max}</math> (l/s)</b>	<b><math>h_c</math> (m)</b>	<b>Tipo corrente</b>
0,0147	50x50	410	0,35	2,35	664	0,76	veloce
0,050	Diam.50 circ.	617	0,30	5,27	928		veloce
0,060	Diam.50 circ.	617	0,28	5,67	1017		veloce
0,0147	Diam.60 circ.	617	0,37	3,35	933	0,51	veloce
0,020	Diam.60 circ.	617	0,34	3,75	1088	0,51	veloce

Si è infine verificata la savanella di fondo alveo, di collegamento della sequenza di briglie, con il risultato di seguito riportato ( $k_s = 30$ ).

<b>Pendenza alveo</b>	<b>Dimensioni alveo (cm)</b>	<b><math>Q_{verifica}</math> (l/s)</b>	<b><math>h_o</math> (m)</b>	<b><math>V_o</math> (m/s)</b>	<b><math>Q_{max}</math> (l/s)</b>	<b><math>h_c</math> (m)</b>	<b>Tipo corrente</b>
0,15	50x50 (trapezia)	617	0,25	3,36	2370	0,55	veloce

Brescia li, 05.05.2017

Il tecnico incaricato

Dr. Ing. Enrico Corinaldesi



## ALLEGATI

- Tav. 1 Planimetria di progetto
- Tav. 2 Profilo longitudinale
- Tav. 3 Particolare griglia stradale
- Tav. 4 Sezione di scavo tipo
- Tav. 5 Pozzetto di ispezione fognatura
- Tav. 6 Chiusino in ghisa sferoidale
- Tav. 7 Particolare briglia in legno-pietrame/scogliera



Tipologia costruttiva di briglia in legname intasata con pietrame



Tipologia cunettone con il fondo inerbito (saranno eseguite con la stessa modalità anche le sponde, inclinate a 45°)



Tipologia canalette prefabbricate di cattura acque piovane