

# ADEGUAMENTO S.S. n°87 "SANNITICA"

## INTERVENTI LOCALIZZATI PER GARANTIRE LA PERCORRIBILITA' IMMEDIATA TRATTO "CAMPOBASSO – BIVIO S.ELIA" LOTTE A2 E A3

### PROGETTO DEFINITIVO

CB-150

A.T.I. di PROGETTAZIONE:  
(Mandataria)

**bonifica spa**

(Mandante)

**SOIL** Geotechnics Geology Structures Offshore  
ENGINEERING

(Mandante)

**FRANCHETTI**

IL PROGETTISTA:

Ing. Franco Persio Bocchetto - Ordine Ing. Roma n.° 8664-Sez A  
Ing. Luigi Albert – Ordine Ing. Milano n.° 14725-Sez A  
Ing. Paolo Franchetti – Ordine Ing. Vicenza n.° 2013-Sez A

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Anna Maria Bruna  
- Ordine Geol. Lazio n. 1531

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE  
DISCIPLINE SPECIALISTICHE

Ing. Franco Persio Bocchetto - Ordine Ing. Roma n.° 8664-Sez A

COORDINATORE PER LA SICUREZZA:

Ing. Andrea Maria Enea Failla - Ordine Ing. Catania n.° A6701

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. CLAUDIO BUCCI

### 03 ID-IDROLOGIA E IDRAULICA

03.01 Studio Idrologico Idraulico

Relazione Idrologico/Idraulica

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV.PROG. ANNO

D	P	C	B	0	1	5	0	D	2	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

NOME FILE:

T00ID00IDRRE01A.DOCX

REVISIONE

SCALA

CODICE  
ELAB.

T	0	0	I	D	0	0	I	D	R	R	E	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

A
---

-

A	EMISSIONE	Aprile 2022	Ing. F. De Simone	Ing. A. Tosiani	Ing.F.P.Bocchetto
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

**RELAZIONE IDROLOGICO/IDRAULICA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

**INDICE**

1	PREMESSA.....	1
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	1
3	PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO.....	3
4	ANALISI IDROLOGICA.....	3
5	MODELLO DI GUMBEL.....	4
6	VALUTAZIONE PORTATE DI PIENA.....	6
7	VERIFICA TOMBNI.....	12

## 1 PREMESSA

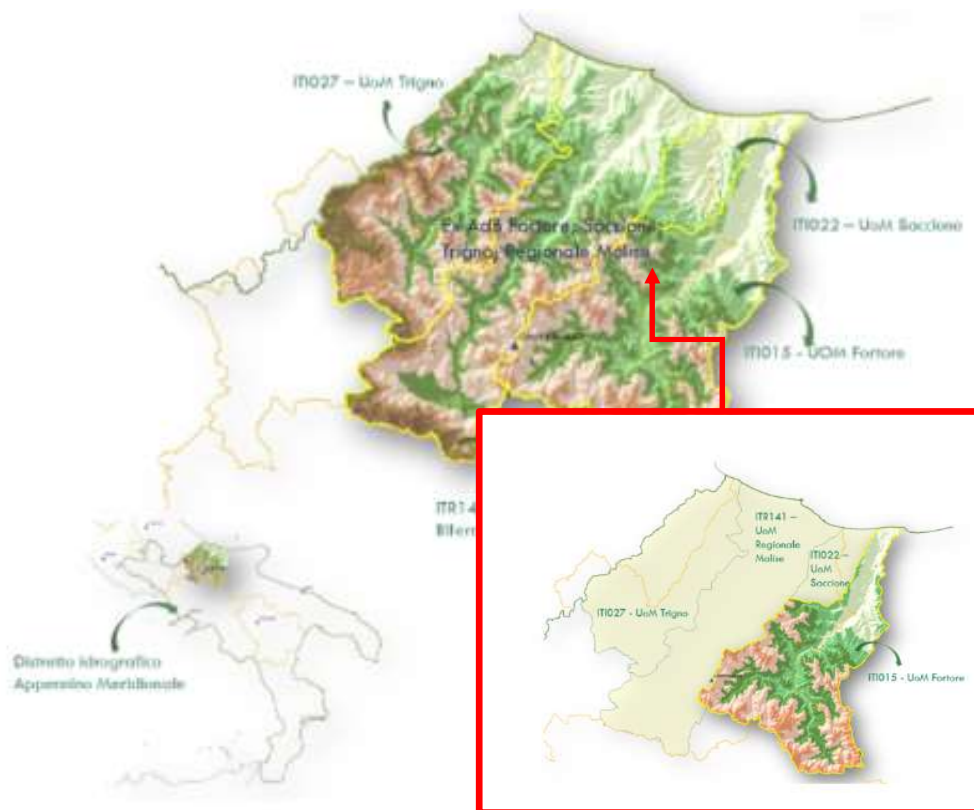
I lavori di cui al progetto "S.S.87 "Sannitica"" comprendono 5 intersezioni con vari corsi d'acqua, la totalità naturali. Il presente elaborato è redatto per la risoluzione della relativa interferenza viabilistica ed è relativo a tutti gli aspetti strettamente idrologici e idraulici.

Nella presente relazione verrà esposta l'analisi effettuata sui sottobacini nelle 5 sezioni di chiusura riferite alle altrettante intersezioni con la costruenda opera.

Si precisa che solo 2 intersecano il rilevato stradale di progetto, mentre le restanti 3 passano al di sotto dei viadotti di progetto e non interferiscono con le rispettive pile.

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Tutti i canali rientrano nell'area di competenza dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale, in particolare fanno parte del Bacino idrografico interregionale del Fortore.



Nel Piano stralcio per l'assetto idrogeologico si sono individuate le seguenti tre classi di aree a diversa pericolosità idraulica.

**Per le aree studiate su base idraulica:**

- Aree a pericolosità idraulica alta (PI3): aree inondabili per tempo di ritorno minore o uguale a 30 anni;
- Aree a pericolosità idraulica moderata (PI2): aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 30 e minore o uguale a 200 anni;
- Aree a pericolosità idraulica bassa (PI1): aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 200 e minore o uguale a 500 anni.

**Per le aree studiate su base geomorfologica:**

- a) Alveo attivo, aree golenali ed alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di breve periodo;
- b) Alveo attivo, aree golenali ed alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di medio periodo;
- c) Alveo attivo, aree golenali ed alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di lungo periodo.

**Nelle aree a pericolosità PI3**, non ricadenti nella fascia di riassetto fluviale, oltre agli interventi ammessi all'Art. 12 sono consentiti i seguenti interventi:

- a) interventi sui manufatti esistenti di restauro e risanamento conservativo come definito alla lettera c) comma 1 dell'art.3 del D.P.R. n.380 del 06-06- 2001 senza aumentare la vulnerabilità dell'edificio, senza cambio di destinazione che aumenti il carico insediativo e senza aumenti di superfici e volumi;
- b) interventi di ristrutturazione edilizia come definiti alla lettera d) comma 1 dell'art.3 del D.P.R. n.380 del 06-06-2001 a condizione che siano stati realizzati o siano realizzati contestualmente gli interventi previsti dal PAI previa autorizzazione dell'Autorità idraulica competente.

**Aree a pericolosità idraulica moderata (PI2)**

Nelle aree a pericolosità PI2, non ricadenti nella fascia di riassetto fluviale, sono consentiti, oltre agli interventi ammessi all'Art. 12 e all'Art. 13, i seguenti interventi:

- a) interventi di ristrutturazione urbanistica di cui alla lettera e) comma 1 dell'art.3 del D.P.R. n.380 del 06-06-2001, a condizione che siano stati realizzati o siano realizzati contestualmente gli interventi previsti dal PAI previa autorizzazione dell'Autorità idraulica competente e acquisito il parere del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino.
- b) realizzazione di nuove infrastrutture purché progettate sulla base di uno studio di compatibilità idraulica, senza aumentare le condizioni di rischio e Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Fortore 15 a patto che risultino assunte le misure di protezione civile di cui al presente PAI e ai piani comunali di settore.

**Aree a pericolosità idraulica bassa (PI1)**

Nelle aree a pericolosità PI1 sono consentiti tutti gli interventi coerenti con le misure di protezione civile previste dal presente PAI e dai piani comunali di settore.

Per le aree limitrofe a corsi d'acqua, che non sono state oggetto o di verifiche idrauliche o di perimetrazioni su base geomorfologica e storica, per le quali non sono quindi disponibili la zonazione di pericolosità e la individuazione della fascia di riassetto fluviale, è stabilita una fascia di rispetto, misurata dai limiti dell'alveo attuale come definito all'art. 7 delle presenti norme sulla quale si applica la disciplina dell'Art. 12 pari a: a) 40 metri per il reticolo principale costituito dai corsi d'acqua Fortore e Tappino; b) 20 metri per il reticolo minore (affluenti del reticolo principale identificabili sulla cartografia IGM scala 1:25000 con propria denominazione); c) 10 metri per il reticolo minuto (restanti corsi d'acqua distinguibili sulla cartografia IGM scala 1:25000 ma privi di una propria denominazione).

**Realizzazione di opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse.**

La realizzazione di opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse nella fascia di riassetto fluviale o nelle fasce di pericolosità può essere autorizzata dall'Autorità competente in deroga ai conseguenti vincoli, previa acquisizione del parere favorevole del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino, a patto che: a) si tratti di servizi essenziali non delocalizzabili; b) non pregiudichino la realizzazione degli interventi del PAI; c) non concorrano ad aumentare il carico insediativo; d) siano realizzati con idonei accorgimenti costruttivi; e) risultino coerenti con le misure di protezione civile di cui al presente PAI e ai piani comunali di settore.

### 3 PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO

Dall'esame delle tavole e shp messe a disposizione dall' dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale, non risultano aree delimitate di rischio e pericolosità idraulico nelle zone oggetto di intervento.

### 4 ANALISI IDROLOGICA

Per la determinazione delle portate massime con tempi di ritorno variabili da 30 a 200 anni, si è fatto riferimento sia all'analisi idrologica utilizzando i dati di pioggia massimi per piogge inferiori ad un'ora. In prossimità della zona di intervento è presente, come nella mappa sotto riportata, la stazione pluviometrica di Campobasso, con le seguenti caratteristiche:

Stazione di misura	Tipo di apparecchio	Quota sul mare
Campobasso	Pluviometro	686m



**Figura 1 – Stazioni pluviometriche Molise**

Al fine di pervenire alla caratterizzazione climatica della località di intervento si è provveduto ad elaborare la curva di possibilità pluviometrica su base storico-statistica ricorrendo alla elaborazione dei dati di pioggia provenienti dalla stazione pluviometrica Campobasso forniti dalla Regione Molise IV Dipartimento – Protezione Civile. Poiché il nostro studio è rivolto al dimensionamento delle opere idrauliche a servizio della sede stradale, aventi tempi di corrivazione inferiori ad un'ora si è provveduto ad eseguire solo lo studio su tali piogge.

Tramite l'analisi statistica dei dati pluviometrici, di durata inferiore ad un'ora, è stato possibile costruire la curva di possibilità climatica per un tempo di ritorno variabile da 25 a 200 anni.

Per tale analisi idrologica non si sono usati i dati di pioggia degli anni 2002 e 2004 in quanto come evidente sono "anomali" rispetto an quelli registrati nei restanti anni.

**RELAZIONE IDROLOGICO/IDRAULICA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

ANNO	15 MIN		30 MIN		45 MIN		1 ORA	
	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data
2000	11.4	28-ago	13.8	28-ago	13.8	28-ago	14.4	28-ago
2001	8.8	25-ago	10.2	29-giu	12.0	29-giu	13.4	11-nov
2002	127.0	3-ott	127.0	3-ott	127.0	3-ott	127.0	3-ott
2003	12.6	18-giu	22.4	18-giu	22.8	18-giu	23.0	18-giu
2004	201.0	5-feb	201.0	5-feb	201.0	5-feb	201.0	5-feb
2005	12.8	13-ago	21.4	13-ago	23.4	13-ago	23.6	13-ago
2006	8.2	24-lug	11.0	24-lug	13.8	8-ago	15.0	8-ago
2007	14.6	10-giu	16.8	10-giu	17.2	10-giu	17.6	10-giu
2008	19.4	30-giu	27.2	30-giu	35.0	5-nov	36.4	5-nov
2009	11.2	27-giu	14.0	27-giu	14.6	27-giu	14.8	27-giu
2010	15.0	3-ago	24.0	3-ago	24.8	3-ago	27.0	3-ago
2011	18.4	15-ago	29.2	15-ago	37.0	15-ago	38.2	15-ago
2012	8.8	26-mag	11.2	26-mag	13.2	26-mag	14.8	26-mag
2013	24.6	6-giu	32.6	6-giu	37.2	14-lug	38.8	14-lug
2014	18.8	12-apr	28.8	12-apr	34.4	12-apr	37.0	12-apr
2015	12.0	24-lug	17.4	24-lug	18.0	24-lug	18.2	24-lug
2016	17.2	6-giu	25.8	6-giu	27.8	6-giu	27.8	6-giu
2017	20.0	2-set	22.2	2-set	22.6	2-set	22.6	2-set
2018	11.2	17-ago	15.0	17-ago	16.6	17-ago	16.8	17-ago
2019	12.8	24-ago	25.2	24-ago	30.4	24-ago	31.2	24-ago
2020	18.6	4-lug	28.8	4-lug	31.6	4-lug	32.4	4-lug
2021	11.2	8-giu	17.8	8-giu	19.8	8-giu	21.0	8-giu

Dati Statistici

Campobasso < 1 ora				
Parametro	Durate			
	15 min	30 min	45 min	60 min
Dimensione campione	20	20	20	20
Somma dei dati	287.60	414.80	466.00	484.00
Valore minimo	8.20	10.20	12.00	13.40
Valore massimo	24.60	32.60	37.20	38.80
Valore medio	14.38	20.74	23.30	24.20
Dev. standard	4.45	6.89	8.56	8.83
Coeff. variazione	0.310	0.333	0.367	0.365
Coeff. asimmetria	0.588	0.012	0.344	0.437

**5 MODELLO DI GUMBEL**

L'insieme dei valori x assunti da una generica grandezza idrologica può essere considerato una variabile casuale X la cui popolazione è costituita dall'insieme di tutti i valori che la x ha assunto per il passato o potrà assumere in futuro.

La serie statistica costituita dagli n valori x1, x2..., xi..., xn assunti dalla x in una determinata stazione di misura, può essere considerato come un campione di dimensione n tratto a caso dalla popolazione della X.

Ci si propone di risalire dalla composizione nota del campione a quella incognita della popolazione, tenendo però bene in conto che, per difetto di campionatura, la composizione del primo può scostarsi, più o meno, da quella della seconda.

All'interno di una generica variabile casuale Z, definita variabile originaria, si considera un campione di dimensione k di osservazioni tratte a caso dalla popolazione della z e si assume come variabile il massimo valore  $x=zk$  assunto da z fra le osservazioni del campione.



**RELAZIONE IDROLOGICO/IDRAULICA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

Posto che dalla popolazione della  $z$  possono pensarsi tratti infiniti campioni di dimensione  $k$  e posto che  $z_k$  assume di volta in volta valori diversi, alla distribuzione della variabile originaria  $z$  si può associare quella del valore massimo in un campione di dimensione  $k$ .

Ciò premesso, la funzione di ripartizione  $\Phi(x)$  del massimo valore  $x=z_k$ , raggiunto dalla variabile originaria  $z$  in un campione di dimensione  $k$ , misura la probabilità che  $x$  risulti inferiore o al più eguale a un assegnato valore.

Se fosse nota la funzione di ripartizione  $\Phi(z)$  della  $z$ ,  $\Phi(x)$ , in base al quinto assioma del calcolo delle probabilità, sarebbe definito a mezzo della relazione:

$$\Phi(x = z_k) = [\Phi(z)]^k$$

se le  $k$  osservazioni che costituiscono il campione sono indipendenti una dall'altra.

In effetti la  $\Phi(z)$  raramente è nota. Quando però si considerino campioni di grande dimensione, sicché i valori massimi  $z_k$  risultano spostati nel campo dei valori più grandi della  $x$ , ai fini applicativi è sufficiente conoscere l'andamento della  $F(z)$  in prossimità dei valori massimi e dedurre da questo l'andamento assunto dalla  $F(x)$  per diversi valori di  $k$ , in particolare esaminando se essa tende a una forma asintotica al crescere di  $k$  all'infinito.

Nel campo dell'idrologia la  $\Phi(z)$  risulta generalmente di tipo esponenziale.

Sia  $\varepsilon$  il valore di  $z$  che ci si deve attendere che venga superato una volta su  $k$  (estremo atteso), per cui:

$$k[1 - \Phi(z = \varepsilon)] = 1$$

considerando il parametro  $\alpha = k\Phi(z = \varepsilon)$  che misura la rapidità con cui  $\varepsilon$  varia al variare di  $k$  (intensità di funzione) e sviluppando in serie di Taylor la funzione  $\Phi(z)$  in prossimità di  $\varepsilon$  e si può dimostrare che per grandi valori di  $z$ , quale che sia  $\Phi(z)$ , risulta:

$$\Phi(z) = 1 - \frac{1}{k} e^{-\alpha(x-\varepsilon)}$$

$$\Phi(x) = \left[ 1 - \frac{1}{k} \cdot e^{-\alpha(x-\varepsilon)} \right]^k$$

che tende, per  $k$  tendente ad infinito, alla funzione asintotica:

$$\Phi(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}}$$

che viene perciò definita legge asintotica del massimo valore, o legge doppio esponenziale o legge di Gumbel.

I parametri  $\varepsilon$  ed  $\alpha$  sono legati alla media  $\eta$  e allo scarto quadratico medio  $\sigma$  della  $x$  dalle relazioni:

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma = \frac{\sigma}{1,28255}$$

$$\varepsilon = \eta - 0,450 \sigma$$

Elaborazioni statistiche con il metodo di Gumbel:

Parametro	Campobasso - Durate < 1ora			
	15 min	30 min	45 min	60 min
Dimensione campione	20	20	20	20
Valore medio	14.38	20.74	23.30	24.20

**RELAZIONE IDROLOGICO/IDRAULICA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

Dev. standard	4.45	6.90	8.56	8.83
Alfa	0.285	0.165	0.146	0.365
Epsilon	12.34	17.39	19.29	0.437

**Curve di pioggia:**

Coefficienti curva Campobasso < 1ora				Espressione
Tr	a	n	correlazione (r)	
25	45.14	0.431	0.959	$h(t)=45.14t^{0.431}$
50	50.45	0.438	0.957	$h(t)=50.45t^{0.438}$
100	55.72	0.444	0.956	$h(t)=55.72t^{0.444}$
200	60.97	0.449	0.955	$h(t)=60.97t^{0.449}$

**6 VALUTAZIONE PORTATE DI PIENA**

L'analisi idraulica, necessaria al calcolo della portata di massima piena per i bacini individuati nell'area in questione, può essere condotta secondo vari metodi, tra i quali possono essere considerati:

- i metodi empirici, che si basano unicamente su parametri morfologici del bacino in esame, senza tenere in considerazione alcuna misura pluviometrica o idrometrica;
- i metodi semiempirici (utilizzati nel presente studio), che valutano la portata anche in funzione dell'altezza di pioggia;
- i metodi analitici, che si basano sull'ipotesi di una correlazione diretta tra afflussi deflussi.

Il metodo da utilizzare dipende innanzitutto dal tipo di verifica idraulica che si intende condurre, in quanto, se si affronta un'analisi in moto permanente o addirittura uniforme, la portata massima può essere calcolata con metodi semplificati tipo il cinematico o razionale; quando la situazione morfologica ed idrografica diventa alquanto complessa, può rendersi indispensabile una verifica in moto vario e, di conseguenza, diventa necessario conoscere la forma dell'idrogramma di piena attraverso l'applicazione di metodi analitici.

In generale, nei casi di regolarità dell'asta fluviale e del bacino idrografico di pertinenza, è generalmente impiegato uno studio in moto permanente ricorrendo al metodo razionale per la determinazione della portata di massima piena.

La stima delle portate di piena è stata effettuata applicando metodi analitici di tipo semplificato, in grado di definire, su base geomorfologica, un parametro chiave nel processo di generazione dei deflussi di piena, quale il tempo di corrivazione del bacino (tc).

In particolare, è stato applicato, a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni), il metodo di razionale e il metodo del Curve Number (CN).

Di seguito si riportano le caratteristiche fondamentali dei bacini idrografici individuati.

BACINO 1					
S	L	H max	H min	Hmed	i
Km <sup>2</sup>	Km	m	m	m	%



**RELAZIONE IDROLOGICO/IDRAULICA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

0.0819	0.4200	879	850	864.5	6.90
<b>BACINO 2</b>					
<b>S</b>	<b>L</b>	<b>H max</b>	<b>H min</b>	<b>Hmed</b>	<b>i</b>
Km <sup>2</sup>	Km	m	m	m	%
0.0921	0.4800	884	851	867.5	6.88
<b>BACINO 3</b>					
<b>S</b>	<b>L</b>	<b>H max</b>	<b>H min</b>	<b>Hmed</b>	<b>i</b>
Km <sup>2</sup>	Km	m	m	m	%
0.0094	0.1310	847	841	844	4.58
<b>BACINO 4</b>					
<b>S</b>	<b>L</b>	<b>H max</b>	<b>H min</b>	<b>Hmed</b>	<b>i</b>
Km <sup>2</sup>	Km	m	m	m	%
0.0056	0.1100	859	850	854.5	8.18
<b>BACINO 5</b>					
<b>S</b>	<b>L</b>	<b>H max</b>	<b>H min</b>	<b>Hmed</b>	<b>i</b>
Km <sup>2</sup>	Km	m	m	m	%
0.0090	0.1350	857	847	852	7.41

## 6.1 METODO RAZIONALE

Per la determinazione della massima piena temibile è stato utilizzato il metodo razionale, che rappresenta un metodo indiretto basato sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari ha:

$$Q = \frac{c * h * A * k}{t_c}$$

Q = portata di piena [m<sup>3</sup>/sec]

c = coefficiente di deflusso

h = pioggia netta [mm]

A = area del bacino [km<sup>2</sup>]

t<sub>c</sub> = tempo di corrivazione [ore]

k = 0.2777 (fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura).

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione t<sub>c</sub>: infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo t<sub>c</sub> solo una parte del bacino A contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena.

Il tempo di corrivazione, che è un parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Pezzoli (1970), analizzando il comportamento di alcuni bacini piemontesi, ha proposto, invece, una diversa espressione del tempo di corrivazione che ha la seguente forma:

**RELAZIONE IDROLOGICO/IDRAULICA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}}$$

nella quale  $t_c$  è espresso in ore e L in km. Il parametro  $i_a$  rappresenta la pendenza media (m/m) dell'asta principale.

Kirpich, infine, utilizzando i dati sperimentali di sei bacini americani, nel 1940, aveva proposto una

correlazione grafica tra il tempo di corrivazione e il rapporto  $\frac{L}{\sqrt{i_a}}$ . Tale grafico, successivamente integrato dal contributo di altri dati sperimentali, ha condotto alla formulazione della seguente equazione, comunemente nota con il nome di equazione di Kirpich.

$$t_c = 0.00325 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

Il complesso dei valori determinabili con le succitate equazioni può essere ben rappresentato da un'unica espressione (Ferro, Sistemazione dei Bacini Idrografici, McGraw Hill, 2002), che integra tutti i contributi sperimentali derivanti dalle esperienze condotte, ed ha la seguente equazione, nel seguito denominata P-C-W-K:

$$t_c = 0.02221 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.8}$$

nella quale  $t_c$  è espresso in minuti e L in metri.

La valutazione successiva di stima della portata di piena di calcolo è stata eseguita facendo riferimento al tempo di corrivazione valutato dalla media tra le suddette relazioni. Il valore del tempo di corrivazione desunto dalla media è riportato nella tabella seguente:

	Tc (min)
BACINO 1	6.96
BACINO 2	2.43
BACINO 3	2.91
BACINO 4	1.98
BACINO 5	2.44

Tabella 1 – Tempo di corrivazione.

Per ciò che concerne il coefficiente di deflusso  $\phi$ , esso è stato stimato effettuando una media pesata dei valori stimati per le differenti sub-aree isoparametriche caratterizzate da un determinato valore di tipo di terreno, dal punto di vista della geologia e dell'uso del suolo, sulla base dei valori consigliati in letteratura; i pesi sono stati calcolati in funzione delle sotto aree sull'area totale del bacino individuato. Dalla mappatura dell'uso del suolo si evince che le aree delimitanti i bacini prima elencati sono a destinazione "seminativi in aree non irrigue" aventi coefficiente di deflusso pari a 0.25.

## 6.2 METODO DEL CURVE NUMBER

Una metodologia per la stima delle precipitazioni efficaci che trova ampia applicazione è quella proposta dal Soil Conservation Service (1972). Il metodo, detto Metodo Curve Number (*"Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method"*, detto comunemente *Curve Number*), si basa sulla assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace)  $P_{net}$  risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda  $P$  (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

nella quale  $S$  è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed  $I_a$  è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro  $S$  corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha  $P > I_a$ ; fino all'istante in cui non si ha  $P > I_a$  il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale  $I_a$  si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di  $I_a$  si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 S$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di  $S$  può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = S_0 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

$S_0$  è un fattore di scala pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm.

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- GRUPPO A: Suoli aventi scarsa permeabilità di deflusso; capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
- GRUPPO B: Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso; elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
- GRUPPO C: Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
- GRUPPO D: Potenzialità di deflusso molto elevata; scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

**RELAZIONE IDROLOGICO/IDRAULICA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella 2 – Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale.

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
<b>I</b> (Terreno secco)	0 < P < 50
<b>II</b> (Umidità media)	50 < P < 110
<b>III</b> (Terreno da mediamente umido a saturo)	P > 110

Tabella 3 – Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC).

I valori del CN riportati nella tabella 4 si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

Per condizioni iniziali differenti, vengono utilizzate delle relazioni di trasformazione del valore CN (II), relativo a AMC I, CN (I), ed in quello relativo a AMC III, CN (III).

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}} \quad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)}$$

Nella fattispecie, considerata l'entità degli interventi e l'importanza degli stessi, **si è preferito, a vantaggio di sicurezza, adottare un valore di Curve Number pari al CN(III)**, in quanto trattasi di aree non completamente urbanizzate.

Nel caso in esame, quindi, sono stati sovrapposti i bacini idrografici sulla carta di uso del suolo e sulla carta geologica e ricavate le superfici specifiche in base alla qualità colturale e tipo di suolo.

**RELAZIONE IDROLOGICO/IDRAULICA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

Dalla media pesata in funzione della superficie sono stati ricavati i valori relativi al CN, riportati nella tabella seguente:

	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>
BACINO	85	92.95

**Tabella 4 – Calcolo del Curve Number per il bacino di interesse**

Tale procedimento ha reso possibile la stima dei due parametri  $S$  ed  $I_a$  a partire dalle caratteristiche litologiche e di uso del suolo del bacino e quindi la valutazione della pioggia netta.

Altro "tempo caratteristico" di un bacino è il "tempo di ritardo"  $t_L$  (lag time), generalmente definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, e il baricentro del pluvigramma netto.

Il Soil Conservation Service (SCS) americano ha dedotto, empiricamente, che il rapporto  $t_L/t_c$  è pari a 0.6 (rapporto tra tempo di ritardo e tempo di corrivazione).

Per la stima del tempo di ritardo del bacino, nel caso in esame, si è utilizzata la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui  $s$  è la pendenza del bacino espressa in %,  $L$  la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla displuviale espressa in Km.

Per il calcolo della portata al colmo  $Q_p$  ( $m^3/s$ ) si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata  $t_e$  (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in  $m^3$ , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_P}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_P t_b}{2}$$

avendo indicato con  $t_b$  la durata dell'evento di piena.

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale  $V$  di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena  $t_b$  e pertanto:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Utilizzando le formule di cui sopra, esprimendo il volume di deflusso  $V$  in  $mm$ , il tempo  $t_a$  in ore, l'area  $A$  del bacino in  $Km^2$ , si ottiene:

$$Q_P = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di  $t_a$ , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata  $t_p$  e indicando con  $t_L$  il tempo di ritardo, come prima calcolato, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

<b>TR=200 ANNI</b>	
	<b>METODO CN      FORMULA RAZIONALE</b>

**RELAZIONE IDROLOGICO/IDRAULICA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

<b>Bacino 1</b>	1.64	m <sup>3</sup> /s	1.98	m <sup>3</sup> /s
<b>Bacino 2</b>	1.32	m <sup>3</sup> /s	3.77	m <sup>3</sup> /s
<b>Bacino 3</b>	0.16	m <sup>3</sup> /s	0.35	m <sup>3</sup> /s
<b>Bacino 4</b>	0.09	m <sup>3</sup> /s	0.26	m <sup>3</sup> /s
<b>Bacino 5</b>	0.15	m <sup>3</sup> /s	0.37	m <sup>3</sup> /s

Dal confronto presente nella tabella soprariportata si evince come le portate maggiori con tempo di ritorno pari a 200 anni sono quelle determinate con il metodo razionale. A favore di sicurezza verranno utilizzate tali portate per le verifiche dei tre attraversamenti idraulici.

**7 VERIFICA TOMBNI**

I tombini previsti su tutta la rete di progetto sono Ø1550 per garantire la ispezionabilità. Per la verifica dei tombini in cls Ø1500 si è usata la nota formula di Gauckler-Strikler:

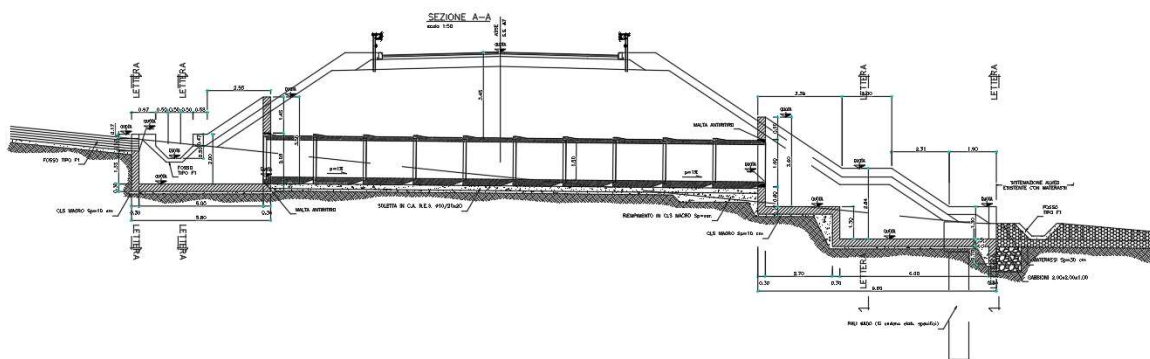
$$Q = K_s A R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

Con:

- A = area della sezione occupata dall'acqua;
- R = A/B Raggio idraulico;
- B = Contorno bagnato;
- i = pendenza di fondo;
- Ks = coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler pari a 60 m<sup>1/3</sup>/s.

Si riportano di seguito le relative scale di deflusso.

**TOMBINO BACINO 2 - pk. 1+296.00**



QSi= 849.82

Qsf= 849.62

L=19.20

i=1.00%



**RELAZIONE IDROLOGICO/IDRAULICA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

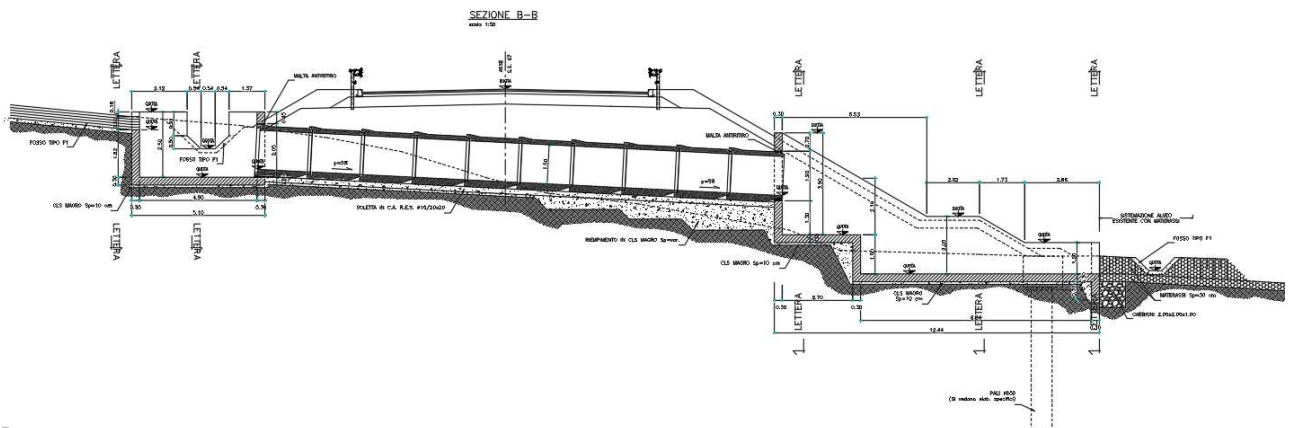
Diametro=	1.5	metri	
Area	1.7671444	m <sup>2</sup>	
Pendenza canale=	0.01	m/m	in ‰ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</span>
Coeff Scabrezza G.-Strickler=	60		
Portata di progetto=	3.77	m <sup>3</sup> /s	

% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s	Q/Qmax
5%	51.68	0.90	0.088	0.677	0.131	0.13647	0.075	1.544	2.48%
10%	73.74	1.29	0.177	0.965	0.183	0.34186	0.150	1.935	6.20%
15%	91.15	1.59	0.265	1.193	0.222	0.58341	0.225	2.201	10.58%
20%	106.26	1.85	0.353	1.391	0.254	0.85071	0.300	2.407	15.43%
25%	120.00	2.09	0.442	1.571	0.281	1.13787	0.375	2.576	20.64%
30%	132.84	2.32	0.530	1.739	0.305	1.44085	0.450	2.718	26.13%
35%	145.08	2.53	0.619	1.899	0.326	1.75662	0.525	2.840	31.86%
40%	156.93	2.74	0.707	2.054	0.344	2.08264	0.600	2.946	37.77%
45%	168.52	2.94	0.795	2.206	0.360	2.41673	0.675	3.039	43.83%
50%	180.00	3.14	0.884	2.356	0.375	2.75685	0.750	3.120	50.00%
55%	191.48	3.34	0.972	2.506	0.388	3.10101	0.825	3.191	56.24%
60%	203.07	3.54	1.060	2.658	0.399	3.44716	0.900	3.251	62.52%
65%	214.92	3.75	1.149	2.813	0.408	3.79306	0.975	3.302	68.79%
70%	227.16	3.96	1.237	2.973	0.416	4.13611	1.050	3.344	75.02%
75%	240.00	4.19	1.325	3.142	0.422	4.47308	1.125	3.375	81.13%
80%	253.74	4.43	1.414	3.321	0.426	4.79958	1.200	3.395	87.05%
85%	268.85	4.69	1.502	3.519	0.427	5.10896	1.275	3.401	92.66%
90%	286.26	5.00	1.590	3.747	0.424	5.38942	1.350	3.389	97.75%
95%	308.32	5.38	1.679	4.036	0.416	5.61290	1.425	3.343	101.80%
100%	360.00	6.28	1.767	4.712	0.375	5.51371	1.500	3.120	100.00%

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

65%	214.10	3.74	1.14	2.80	0.41	3.77	0.970	3.299
-----	--------	------	------	------	------	------	-------	-------

**TOMBINO BACINO 4 - pk. 2+188.75**



Q<sub>Si</sub>= 849.32  
Q<sub>Sf</sub>= 848.32  
L=19.60  
i= 5.0%

**RELAZIONE IDROLOGICO/IDRAULICA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

Diametro=	1.5	metri							
Area	1.7671444	mq							
Pendenza canale=	0.05	m/m			in ‰	5			
Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	60								
Portata di progetto=	0.26	mc/s							

% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s	Q/Qmax
5%	51.68	0.90	0.088	0.677	0.131	0.30515	0.075	3.454	2.48%
10%	73.74	1.29	0.177	0.965	0.183	0.76441	0.150	4.326	6.20%
15%	91.15	1.59	0.265	1.193	0.222	1.30454	0.225	4.921	10.58%
20%	106.26	1.85	0.353	1.391	0.254	1.90225	0.300	5.382	15.43%
25%	120.00	2.09	0.442	1.571	0.281	2.54435	0.375	5.759	20.64%
30%	132.84	2.32	0.530	1.739	0.305	3.22185	0.450	6.077	26.13%
35%	145.08	2.53	0.619	1.899	0.326	3.92792	0.525	6.351	31.86%
40%	156.93	2.74	0.707	2.054	0.344	4.65694	0.600	6.588	37.77%
45%	168.52	2.94	0.795	2.206	0.360	5.40398	0.675	6.796	43.83%
50%	180.00	3.14	0.884	2.356	0.375	6.16451	0.750	6.977	50.00%
55%	191.48	3.34	0.972	2.506	0.388	6.93407	0.825	7.134	56.24%
60%	203.07	3.54	1.060	2.658	0.399	7.70808	0.900	7.270	62.52%
65%	214.92	3.75	1.149	2.813	0.408	8.48154	0.975	7.384	68.79%
70%	227.16	3.96	1.237	2.973	0.416	9.24862	1.050	7.477	75.02%
75%	240.00	4.19	1.325	3.142	0.422	10.00211	1.125	7.547	81.13%
80%	253.74	4.43	1.414	3.321	0.426	10.73218	1.200	7.591	87.05%
85%	268.85	4.69	1.502	3.519	0.427	11.42398	1.275	7.605	92.66%
90%	286.26	5.00	1.590	3.747	0.424	12.05111	1.350	7.577	97.75%
95%	308.32	5.38	1.679	4.036	0.416	12.55082	1.425	7.476	101.80%
100%	360.00	6.28	1.767	4.712	0.375	12.32902	1.500	6.977	100.00%
<b>La portata di progetto defluisce con i seguenti dati</b>									
4%	48.62	0.85	0.08	0.64	0.12	0.26	0.067	3.320	