

Commissario:



Contraente:



Progettista:



Project & Construction Management &  
Quality Assurance: Rina Consulting SpA



**VIADOTTO POLCEVERA**

**EMISSIONE PER ENTI**

**PROGETTO ESECUTIVO di 1° LIVELLO**

**RELAZIONE IDRAULICA**

**DRENAGGIO DI PIATTAFORMA**

|             |                                                          |                  |
|-------------|----------------------------------------------------------|------------------|
| Contraente  | Project & Construction Management<br>& Quality Assurance | Direttore Lavori |
| Data: _____ | Data: _____                                              | Data: _____      |

COMMESSA

LOTTO

FASE

ENTE

TIPO DOC

OPERA/DISCIPLINA

PROGR

REV

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | G | 1 | 2 | 0 | 0 | E | 1 | 1 | R | H | I | D | 0 | 0 | 0 | 2 | C | 0 | 1 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| PROGETTAZIONE |                                   |           |          |            |          |                         |          | IL PROGETTO                                                                                                                                                     |
|---------------|-----------------------------------|-----------|----------|------------|----------|-------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rev.          | Descrizione                       | Redatto   | Data     | Verificato | Data     | Progettista Integratore | Data     | A. VITTOZZI                                                                                                                                                     |
| A             | Emissione esecutiva di 1° livello | C. CESALI | 25/02/19 | F. CABAS   | 25/02/19 | A. PAREGO               | 25/02/19 | ITALFERR S.p.A.<br>U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti<br>Dott. Ing. Andrea Vittozzi<br>Indirizzo degli Ingegneri della Provincia di Roma:<br>N° A20783 |
| B             |                                   |           |          |            |          |                         |          |                                                                                                                                                                 |
| C             |                                   |           |          |            |          |                         |          |                                                                                                                                                                 |
|               |                                   |           |          |            |          |                         |          | Data 25/02/19                                                                                                                                                   |

File: NG1200E11RHID0002C01A

|                             |                                                                                                                                               |             |                                          |           |                   |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|-----------|-------------------|
| CONTRAENTE<br><br>PERGENOVA | PROGETTISTA<br><br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                                          |           |                   |
| Doc. N.                     | Progetto<br>NG12                                                                                                                              | Lotto<br>00 | Codifica Documento<br>E 11 RH ID0002 C01 | Rev.<br>A | Foglio<br>2 di 18 |

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
E 11 RH ID0002 C01

Rev.  
A

Foglio  
3 di 18

## INDICE

|      |                                                                                              |    |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.   | PREMESSA.....                                                                                | 5  |
| 2.   | NORMATIVA DI RIFERIMENTO: ACQUE DI PRIMA PIOGGIA E INVARIANZA IDRAULICA .....                | 6  |
| 3.   | ANALISI IDROLOGICA.....                                                                      | 7  |
| 4.   | DESCRIZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO.....                                                     | 8  |
| 5.   | VERIFICHE IDRAULICHE .....                                                                   | 9  |
| 5.1. | OPERE DI DRENAGGIO .....                                                                     | 12 |
| 5.2. | OPERE DI INTERCETTAZIONE.....                                                                | 13 |
| 5.3. | VERIFICA DELLA RETE DI DRENAGGIO IN RELAZIONE ALLE PREVISIONI SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI..... | 14 |
| 6.   | VASCHE DI PRIMA PIOGGIA .....                                                                | 14 |
| 7.   | VASCHE DI LAMINAZIONE .....                                                                  | 15 |
| 8.   | RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....                                                              | 18 |

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
E 11 RH ID0002 C01

Rev.  
A

Foglio  
4 di 18

## INDICE DELLE FIGURE

|                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1.1 – INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO.....                                                                                                                         | 5  |
| FIGURA 1.1 – SCHEMA FUNZIONALE DELLA RETE DI DRENAGGIO DELLA PIATTAFORMA. ....                                                                                                  | 9  |
| FIGURA 5.1 – PLANIMETRIA SCHEMATICA DEI COLLETTORI DI DRENAGGIO. ....                                                                                                           | 12 |
| FIGURA 6.1 – SCHEMA FUNZIONALE DELLE VASCHE DI PRIMA PIOGGIA. ....                                                                                                              | 15 |
| FIGURA 7.1 – VOLUMI IN INGRESSO, IN USCITA E INVASATA NELLA VASCA DI LAMINAZIONE SU LATO PONENTE (SINISTRA) E SU LATO LEVANTE (DESTRA), PER UN TEMPO DI RITORNO DI 50 ANNI..... | 16 |

## INDICE DELLE TABELLE

|                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELLA 3.1 – VALORI DI ALTEZZA DI PIOGGIA DI PROGETTO ( $\tau = 10$ MIN), PER DIFFERENTI PERIODI DI RITORNO. ....                                            | 7  |
| TABELLA 3.2 – VALORI DI ALTEZZA DI PIOGGIA ( $\tau = 10$ MIN), PREVISTI PER GLI ANNI 2021-2050, 2041-2070, 2061-2090, PER DIFFERENTI PERIODI DI RITORNO. .... | 8  |
| TABELLA 5.1 – OPERE DI DRENAGGIO: RISULTATI DELLA VERIFICA IDRAULICA.....                                                                                     | 12 |
| TABELLA 5.2 – OPERE DI DRENAGGIO: RISULTATI DELLA VERIFICA IDRAULICA IN RELAZIONE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI. ..                                                | 14 |
| TABELLA 7.1 – VOLUMI DI LAMINAZIONE. ....                                                                                                                     | 17 |



|                                                                                   |                  |                                                                                    |                                          |           |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------|-------------------|
| Contraente                                                                        |                  | Progettista                                                                        |                                          |           |                   |
|  |                  |  |                                          |           |                   |
| Doc. N.                                                                           | Progetto<br>NG12 | Lotto<br>00                                                                        | Codifica Documento<br>E 11 RH ID0002 C01 | Rev.<br>A | Foglio<br>6 di 18 |

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO: ACQUE DI PRIMA PIOGGIA E INVARIANZA IDRAULICA

La tutela dei corpi idrici dall'inquinamento è disciplinata dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e successive modifiche/integrazioni. Il D.Lgs. 152/2006 demanda alle Regioni la definizione e la disciplina delle "acque di prima pioggia". Per la quantificazione delle acque di prima pioggia, il riferimento normativo principale è il Regolamento Regionale 10 Luglio 2009 n.4 *"Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne"* (Legge regionale 28 ottobre 2008 n.39). Sulla base di questo documento, le acque di prima pioggia sono definite come *"quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta delle acque meteoriche"*.

Inoltre, la norma asserisce: *"le superfici scolanti, da rendere impermeabili ove interessate da operazioni dalle quali possa derivare un rischio di inquinamento, sono gestite in modo tale da mantenere senza soluzione di continuità condizioni tali da limitare la contaminazione delle acque di prima pioggia e di lavaggio, provvedendo alla loro pulizia con idonea frequenza. In caso di versamenti accidentali, la pulizia delle superfici interessate è tempestivamente eseguita a secco o con idonei materiali inerti assorbenti in relazione alla tipologia di materiali versati; i materiali residui derivati dalle predette operazioni sono smaltiti in conformità alla vigente normativa. Le acque meteoriche di dilavamento e di lavaggio devono essere convogliate in una apposita rete di raccolta per il loro successivo smaltimento; tale rete deve essere dimensionata assumendo un coefficiente di afflusso pari a 1 per tutte le superfici scolanti. Le acque di prima pioggia e di lavaggio devono essere raccolte in apposita vasca di stoccaggio dimensionata per contenere un volume dell'ordine di 50 mc per ettaro di superficie scolante. Le acque di prima pioggia e di lavaggio raccolte nella vasca di accumulo sono avviate gradualmente ai sistemi di trattamento in un arco di tempo compreso tra le 48 e le 60 ore dal loro stoccaggio"*.

Il concetto d'invarianza idraulica prevede la restituzione nel recettore finale di una portata proveniente da una superficie di nuovo insediamento pari a quella che arriverebbe al corpo idrico in condizioni indisturbate del territorio, onde perseguire la cosiddetta invarianza idraulica del territorio.

La normativa di riferimento in questo ambito è il Piano Urbanistico Comunale (PUC) della città di Genova. In particolare, all'art. 14 del PUC si asserisce: *"qualora indispensabile, la vasca di laminazione deve essere dimensionata per contenere per 30 minuti una pioggia avente intensità pari a 60 mm in 30 minuti cui corrisponde un deflusso istantaneo pari a 333,33 l/sec per ettaro e deve essere dotata di scarico di fondo e scarico di troppo pieno. La portata dello scarico di fondo (tubo di controllo di flusso) concessa nel corpo ricettore (fognatura, corso d'acqua, infiltrazione nel terreno) è di 20 l/s per ettaro di superficie addotta alla*



Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
E 11 RH ID0002 C01

Rev.  
A

Foglio  
7 di 18

*vasca, la quale corrisponde al deflusso che si avrebbe se l'intera superficie recapitata alla vasca risultasse coperta a bosco naturale. Il dimensionamento dello scarico di fondo deve essere effettuato considerando che quando la vasca di laminazione è piena (situazione di massimo carico idrostatico) possa comunque defluire la portata concessa in base all'entità delle superfici addotte alla vasca".*

### 3. ANALISI IDROLOGICA

Per la definizione delle portate transitanti nel sistema di drenaggio del nuovo viadotto Polcevera si fa riferimento alla curva di possibilità pluviometrica relativa ad un tempo di ritorno pari a 50 anni, così come valutata nello studio idrologico annesso.

In particolare, per la definizione dei parametri caratteristici di tale curva è stata effettuata l'analisi statistica dei dati di pioggia con durata

- maggiore all'ora (1, 3, 6, 12, 24 ore), ulteriormente elaborati tramite la ben nota relazione di Bell
- inferiore all'ora (5, 10, 15, 20, 25, 30 min)

registrati presso la stazione pluviometrica di Genova Università.

Dalle elaborazioni statistiche è emerso che, per tutti i tempi di ritorno considerati, le CPP dedotte mediante la formulazione di Bell forniscono valori di altezza di pioggia maggiori per durate  $\tau < 25$  min; per durate superiori invece l'analisi diretta delle registrazioni pluviometriche per  $\tau < 1$  ora fornisce parametri della CPP più cautelativi.

Vista la ridotta estensione del bacino tributario sotteso, si procede al dimensionamento idraulico della rete di drenaggio considerando un tempo di corrivazione (e quindi una durata di pioggia) pari a **10 min**.

Pertanto, sulla base delle considerazioni precedenti di natura idrologica e in ragione di un limitato numero di registrazioni pluviometriche per durate inferiori all'ora, le CPP di riferimento sono quelle derivanti dall'applicazione della relazione di Bell alle risultanze dell'elaborazione statistica dei dati di pioggia per  $\tau > 1$  ora. Nella tabella seguente sono riportati i valori dell'altezza di pioggia di progetto, con durata  $\tau = 10$  min, per differenti tempi di ritorno.

| $T_r$ (anni) | $h$ ( $\tau = 10$ min)<br>[mm] |
|--------------|--------------------------------|
| 25           | 43.092                         |
| <b>50</b>    | <b>49.249</b>                  |
| 100          | 54.954                         |
| 200          | 60.632                         |

**Tabella 3.1 – Valori di altezza di pioggia di progetto ( $\tau = 10$  min), per differenti periodi di ritorno.**

|                                                                                                 |                                                                                                   |             |                                          |           |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|-----------|-------------------|
| Contraente<br> | Progettista<br> |             |                                          |           |                   |
| Doc. N.                                                                                         | Progetto<br>NG12                                                                                  | Lotto<br>00 | Codifica Documento<br>E 11 RH ID0002 C01 | Rev.<br>A | Foglio<br>8 di 18 |

In definitiva, il dimensionamento dei collettori è effettuato quindi con riferimento ad eventi meteorici con tempo di ritorno di **50 anni** e tempo di corrivazione di **10 min**, ossia con intensità di pioggia pari 295.4 mm/h ( $h = 49.249 \text{ mm}$ ,  $\tau_c = 0.1667 \text{ h}$ ).

Il funzionamento dei collettori sarà inoltre verificato anche con riferimento alle previsioni sui cambiamenti climatici. In particolare, sulla base delle analisi svolte nello studio idrologico, per tenere conto delle variazioni delle precipitazioni negli anni futuri, i valori di altezza di pioggia di progetto sono stati incrementati del 4.5%, con riferimento ai tre orizzonti temporali considerati.

| $T_r$ (anni) | $h$ ( $\tau = 10 \text{ min}$ ) [mm]<br>di progetto<br>(periodo 2011-2030) | $h$ ( $\tau = 10 \text{ min}$ ) [mm]<br>(periodo 2021-2050) | $h$ ( $\tau = 10 \text{ min}$ ) [mm]<br>(periodo 2041-2060) | $h$ ( $\tau = 10 \text{ min}$ ) [mm]<br>(periodo 2061-2090) |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 25           | 43.092                                                                     | 45.03                                                       | 47.06                                                       | 49.18                                                       |
| 50           | 49.249                                                                     | 51.47                                                       | 53.78                                                       | 56.20                                                       |
| 100          | 54.954                                                                     | 57.43                                                       | 60.01                                                       | 62.71                                                       |
| 200          | 60.632                                                                     | 63.36                                                       | 66.21                                                       | 69.19                                                       |

**Tabella 3.2 – Valori di altezza di pioggia ( $\tau = 10 \text{ min}$ ), previsti per gli anni 2021-2050, 2041-2070, 2061-2090, per differenti periodi di ritorno.**

#### 4. DESCRIZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO

Il sistema di drenaggio in progetto è costituito da collettori in PRFV, collocati all'interno dell'impalcato, caditoie sulla piattaforma stradale e tubazioni in PVC che convogliano le acque meteoriche raccolte dalle caditoie ai collettori, secondo lo schema riportato nella figura seguente.

Il nuovo viadotto ha pendenza praticamente nulla; quindi i collettori di drenaggio saranno dotati di "propria" pendenza, tale da consentire il convogliamento delle portate con  $T_r$  di 50 anni.

I collettori in PRFV in uscita dall'impalcato recapitano dapprima le acque nelle vasche di prima pioggia e/o nei bacini di accumulo degli sversamenti accidentali e successivamente nelle vasche di laminazione, prima del recapito finale.

Per quanto concerne le superfici scolanti, l'impalcato ha una lunghezza complessiva di circa 1070 m e una larghezza di 26 metri, per un'area scolante totale (tenendo conto anche del cordolo laterale del marciapiede, larghezza = 0.60 m circa) di 28300 m<sup>2</sup> (= 2.83 ha).



Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
E 11 RH ID0002 C01

Rev.  
A

Foglio  
9 di 18

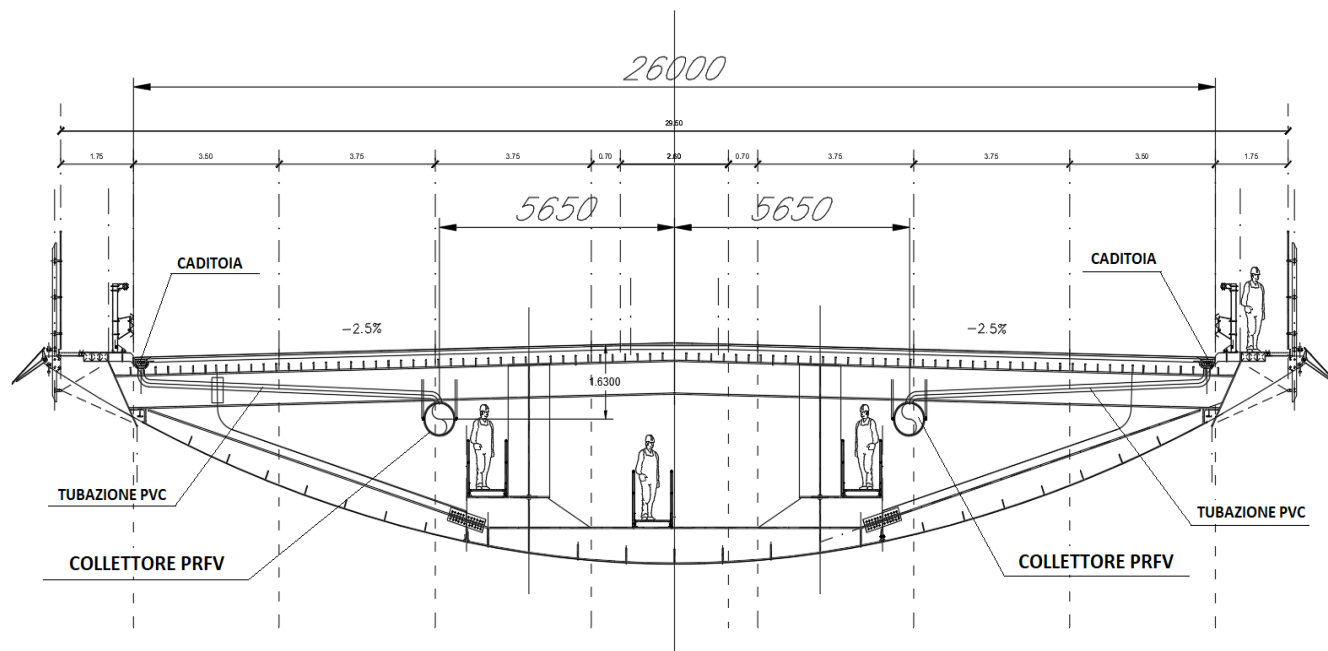


Figura 4.1 – Schema funzionale della rete di drenaggio della piattaforma.

## 5. VERIFICHE IDRAULICHE

Il dimensionamento dei collettori di smaltimento delle acque meteoriche è stato effettuato mediante l'applicazione del metodo dell'invaso lineare. Tale metodo si basa sulla seguente equazione di continuità:

$$p * dt = q * dt + dw \quad (1)$$

Considerando che la portata  $q$  può essere considerata costante, le variabili da determinare sono  $q(t)$ ,  $w(t)$ , e  $t$ , per cui l'equazione (2) non sarebbe integrabile se non fissando  $q$  o  $w$ .

Tuttavia, valutando che il valore massimo di portata verrà raggiunto alla fine dell'evento di pioggia di durata  $t$ , il problema si riduce ad individuare la durata di pioggia che massimizzi la portata, tenuto conto che al diminuire di questa aumenta l'intensità di pioggia  $i$ .

Tale problema è risolto, nell'ipotesi di intensità di pioggia ( $i$ ) costante e di rete di drenaggio inizialmente vuota ( $q = 0$  per  $t = 0$ ), considerando:

- una relazione lineare tra il volume  $w$  immagazzinato nella rete a monte e l'area della sezione idrica  $\omega$ :

$$w/\omega = W/\omega = \text{cost} \quad (2)$$

Questa condizione, nel caso di un singolo tratto, corrisponde all'ipotesi di moto uniforme,

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
E 11 RH ID0002 C01

Rev.  
A

Foglio  
10 di 18

mentre nel caso di reti, si basa su due ulteriori ipotesi: che i vari elementi si riempiano contemporaneamente senza che mai il deflusso affluente sia ostacolato (*funzionamento autonomo*) e che il grado di riempimento di ogni elemento sia coincidente con quello degli altri (*funzionamento sincrono*);

- una relazione lineare tra la portata defluente e l'area della sezione a monte:

$$q/\omega = Q/\Omega = \text{cost} \quad (3)$$

Tale relazione corrisponde all'ipotesi di velocità costante in condotta, ipotesi abbastanza prossima alla realtà nella fascia dei tiranti idrici che in genere si considerano.

Con queste ipotesi semplificative si ottiene:

$$\frac{dw}{W} = \frac{dq}{Q} \quad (4)$$

$$dw = \frac{dq}{Q} * W \quad (5)$$

L'equazione di continuità diviene quindi:

$$(p - q)dt = \frac{W}{Q} * dq$$

Ovvero:

$$p - q = \frac{dW}{dt}$$

L'integrazione dell'equazione di continuità consente di ottenere una relazione tra la portata e il tempo di riempimento di un canale, ovvero consente la stima dell'intervallo temporale tra un valore nullo di portata ed un valore massimo. Definendo  $\tau$  il tempo necessario per passare da  $q=0$  a  $q=q_{max}$ , e  $t_r$  il tempo di riempimento, un canale risulterà adeguato se  $\tau \leq t_r$ , viceversa se  $\tau > t_r$  il canale sarà insufficiente.

Il corretto dimensionamento del canale di drenaggio delle acque piovane si ottiene ponendo  $\tau = t_r$ , ovvero nel caso in cui la durata dell'evento piovoso eguagli il tempo di riempimento del canale. In quest'ottica nasce il metodo dell'invaso non come metodo di verifica, ma come strumento progettazione, imponendo la relazione  $\tau = t_r$  si ottiene l'espressione analitica del coefficiente udometrico:

$$u = k * \frac{(\varphi * a)^{1/n}}{w^{\frac{1}{n}-1}} \quad (6)$$

Il coefficiente udometrico rappresenta la portata per unità di superficie del bacino, ed è espresso in l/s\*ha;  $\varphi$  è il coefficiente di afflusso (**assunto pari a 1, nel caso in esame**);  $w$  è il volume di acqua invasata riferito

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
E 11 RH ID0002 C01

Rev.  
A

Foglio  
11 di 18

all'area del bacino in  $m^3/m^2$ ;  $a$  ed  $n$  sono i coefficienti della curva di possibilità climatica per durate inferiori all'ora ricavati nello studio idrologico annesso ( $a = 113.1 \text{ mm/h}^n$ ;  $n = 0.464$ , per  $Tr = 50$  anni);  $k$  è un coefficiente che assume il valore di "2168· $n$ " [Sistemi di Fognatura, Manuale di Progettazione, CSU Editore, Hoepli; Appunti di Costruzioni idrauliche, Girolamo Ippolito, Liguori Editore]

L'espressione finale del coefficiente udometrico è dunque:

$$u = 2168 * n * \frac{(\psi * a)^{1/n}}{w^{1/n-1}} \quad (7)$$

Il volume  $w$  rappresenta il volume specifico di invaso totale pari al rapporto tra il volume di invaso totale  $W_{tot}$  e la superficie drenata.  $W_{tot}$  è dato dalla somma del volume proprio di invaso,  $W1$ ; del volume di invaso dei tratti confluenti depurato del termine dei piccoli invasi,  $W2$ ; del volume dei piccoli invasi considerando l'intera superficie del bacino drenata,  $W3$ .

Nel caso specifico, il volume dei piccoli invasi  $W3$  è rappresentato dal volume di acqua che si può accumulare ai lati della piattaforma stradale, con un battente al massimo pari all'altezza del marciapiede al di sopra dello strato di usura.

La verifica idraulica degli specchi in progetto, è stata effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = K\sqrt{Ri}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V$$

dove  $K$ , il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Kutter:

$$K = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$$

con  $m$  = coefficiente di Kutter;  $R$  = raggio idraulico;  $i$  = pendenza.

Per quanto concerne il coefficiente di Kutter, è stato adottato il valore  $m = 0.20$  (corrispondente a un coefficiente  $K_s$  di Gauckler-Strickler pari a  $85-90 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ , idoneo/cautelativo per i materiali scelti, PRFV, PVC).

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
E 11 RH ID0002 C01

Rev.  
A

Foglio  
12 di 18

## 5.1. Opere di drenaggio

Si è proceduto al dimensionamento dei collettori di drenaggio in PRFV considerando l'area scolante di una carreggiata e iterando sulla lunghezza dell'impalcato afferente alla rete drenaggio, assumendo inoltre di convogliare le acque verso le spalle del viadotto. Nella tabella seguente si riportano i risultati della verifica delle opere di drenaggio, per le quali è stato assunto un grado di riempimento massimo pari al 70%.

| ID tratto                        | Lungh.<br>(m) | Area<br>(m <sup>2</sup> ) | GR  | D<br>(mm) | A <sub>GR</sub><br>(m <sup>2</sup> ) | W <sub>1</sub><br>(mc) | W <sub>3</sub> (mc) | W <sub>tot</sub><br>(mc) | w<br>(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) | φ | u (l/s<br>ha) | Q<br>(mc/s) | p<br>(m/m) | Q <sub>max,70</sub><br>(mc/s) |
|----------------------------------|---------------|---------------------------|-----|-----------|--------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------------------|---|---------------|-------------|------------|-------------------------------|
| P7 - SA<br>(metà<br>carreggiata) | 350           | 4650                      | 0.7 | 600       | 0.2114                               | 74.0                   | 49.0                | 123.0                    | 0.026                                  | 1 | 609.54        | 0.283       | 0.0025     | 0.302                         |
| P7 - SB<br>(metà<br>carreggiata) | 720           | 9500                      | 0.7 | 700       | 0.2877                               | 207.2                  | 144.0               | 351.2                    | 0.037                                  | 1 | 414.06        | 0.393       | 0.0019     | 0.397                         |

Tabella 5.1 – Opere di drenaggio: risultati della verifica idraulica.

La verifica idraulica risulta soddisfatta, poiché  $Q < Q_{max,70}$  (in cui  $Q$  = portata di progetto,  $Q_{max,70}$  = portata massima convogliabile dalla tubazione considerata con un grado di riempimento del 70 %).

Il grado di riempimento effettivo per la portata di progetto è pari al 68% per i collettori DN600 e al 69% per i collettori DN700. In definitiva, sono necessari due collettori DN 600 (uno per carreggiata), di lunghezza pari a 350 m (dalla pila P7 alla spalla SA) e con pendenza pari a 0.25%, e due collettori DN 700 (uno per carreggiata), di lunghezza pari a 720 m (dalla pila P7 alla spalla SB) e con pendenza pari a 0.19 %. Si precisa che la modesta pendenza assegnata ai collettori è legata alla disponibilità di spazio all'interno dell'impalcato, dipendente a sua volta dalla disposizione degli elementi strutturali e degli altri sottoservizi.

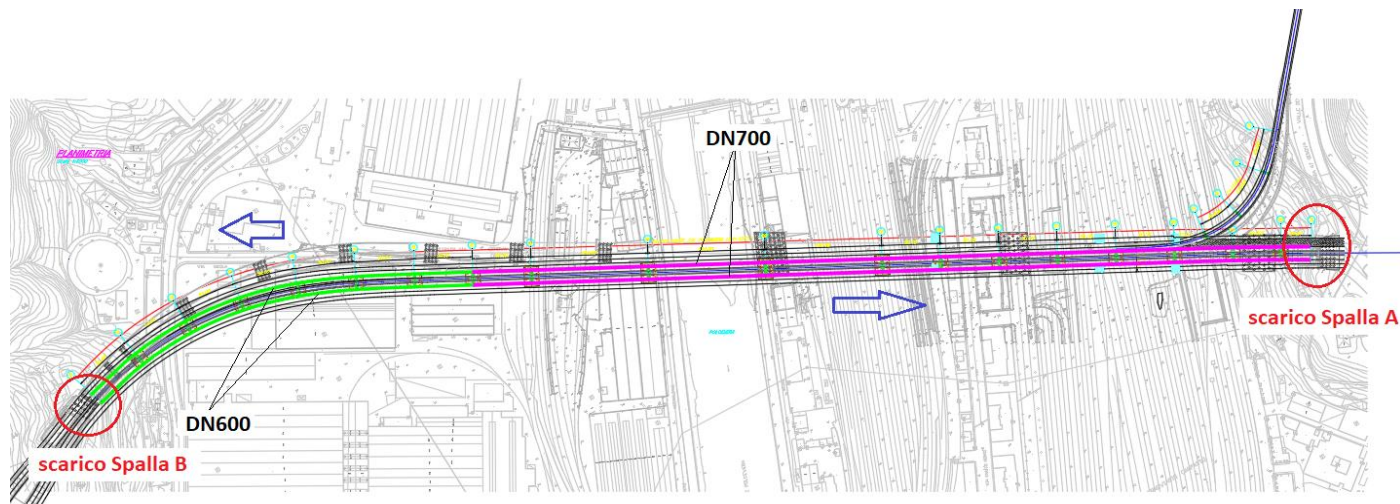


Figura 5.1 – Planimetria schematica dei collettori di drenaggio.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
E 11 RH ID0002 C01

Rev.  
A

Foglio  
13 di 18

## 5.2. Opere di intercettazione

L'interasse e la tipologia delle opere di intercettazione sono state dimensionate sulla base della portata per un tempo di ritorno di 50 anni stimata per la superficie di piattaforma stradale gravante sulla singola opera. In particolare, l'opera di intercettazione è costituita da un bocchettone, collegato ad una tubazione in PVC, a sua volta collegata al collettore in PRFV, all'interno dell'impalcato. L'interasse dei bocchettoni è stato fissato in 9 metri (il doppio dell'interasse dei trasversi dell'impalcato, in modo da collegare la tubazione PVC ad essi).

La verifica dei bocchettoni è stata effettuata ricorrendo alla formulazione riportata nella norma UNI EN 12056:

$$Q_b = \frac{K_0 D^2 \sqrt{h}}{15000}$$

in cui  $D$  è il diametro efficace della bocca di efflusso (mm,  $D = 0.9 \cdot D_0$ ,  $D_0$  = diametro del bocchettone);  $K_0$ , il coefficiente di scarico (1 per scarico libero, 0.5 in presenza di filtri);  $h$ , il carico alla bocca di efflusso (mm), pari a  $W \cdot Fh$ , con  $W$  = altezza dell'acqua e  $Fh$  = coefficiente di carico alla bocca (assunto pari a 0.65).

La superficie ( $S$ ) di piattaforma stradale gravante sul singolo bocchettone è pari a **121.5 m<sup>2</sup>**. Applicando il metodo cinematico:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i \cdot S}{3.6}$$

La portata di progetto ( $\varphi = 1$ ;  $i = 295.4$  mm/h) per il singolo bocchettone ammonta a 10 l/s.

Assumendo  $D_0 = 200$  mm ed imponendo  $Q_b = 10$  l/s, si ricava  $W = 30$  mm = 3 cm, compatibile con l'altezza del cordolo del marciapiede laterale (9 cm).

Per la verifica della tubazione in PVC di convogliamento delle acque dal bocchettone al collettore in PRFV, si ricorre alla formulazione della norma UNI EN 12056:

$$Q_p = 2.5 \cdot 10^{-4} \cdot k_0^{-0.167} \cdot D^{2.667} \cdot f^{1.667}$$

Imponendo  $D = 160$  mm,  $f$  (grado di riempimento) = 0.20,  $K_0$  (scabrezza) = 0.25 mm, si ha  $Q_p = 15$  l/s, maggiore della portata di progetto (10 l/s).

Si precisa che le opere di drenaggio sono state dimensionate con una certa ridondanza per traguardare la vita utile (200 anni) del nuovo viadotto in progetto, come dimostrato anche nel paragrafo successivo.

|                                                                                                 |                                                                                                   |             |                                          |           |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|-----------|--------------------|
| Contraente<br> | Progettista<br> |             |                                          |           |                    |
| Doc. N.                                                                                         | Progetto<br>NG12                                                                                  | Lotto<br>00 | Codifica Documento<br>E 11 RH ID0002 C01 | Rev.<br>A | Foglio<br>14 di 18 |

### 5.3. Verifica della rete di drenaggio in relazione alle previsioni sui cambiamenti climatici

La rete di drenaggio precedentemente dimensionata è stata verificata considerando un incremento delle precipitazioni negli anni futuri, secondo quanto riportato in Tabella 3.2.

Di seguito, il grado di riempimento delle tubazioni ed il relativo incremento rispetto allo scenario attuale di progettazione, per i tre scenari futuri considerati.

| collettore | GR [%] (attuale) | GR [%] (2021-2050) | GR [%] (2041-2070) | GR [%] (2061-2090) |
|------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| DN600      | 68               | 70 (+3%)           | 75 (+10%)          | 78 (+14.7%)        |
| DN700      | 69               | 74 (+7%)           | 78 (+13%)          | 85 (+23%)          |

**Tabella 5.2 – Opere di drenaggio: risultati della verifica idraulica in relazione ai cambiamenti climatici.**

Con riferimento ai bocchettoni (D = 200 mm), nello scenario 2061-2090, la portata afferente alla singola opera di intercettazione (11.4 l/s, a fronte di 10 l/s nello scenario attuale) produrrebbe un'altezza d'acqua alla bocca W pari a 4.5 cm. Anche nello scenario più gravoso, le dimensioni dei bocchettoni sono tali da non indurre un eccessivo carico alla bocca di efflusso.

Per quanto concerne le tubazioni in PVC, come precedentemente dimostrato, la portata massima che può essere smaltita (15 l/s) è maggiore rispetto a quella relativa allo scenario più gravoso (11,4 l/s).

I risultati ottenuti evidenziano il corretto funzionamento della rete di drenaggio in progetto anche nell'ipotesi di aumento delle precipitazioni nei prossimi 70-80 anni. In particolare, l'aumento massimo stimato del grado di riempimento (+14.7 % per il DN600, e +23% per il DN700) è tale per cui le tubazioni continuino a funzionare a pelo libero, con ancora un certo margine di sicurezza.

## 6. VASCHE DI PRIMA PIOGGIA

Le vasche di accumulo delle acque di prima pioggia sono realizzate in prossimità delle spalle del viadotto. Saranno costituite da elementi in c.a. prefabbricati e dotate di un bacino (40 mc, corrispondente a due autocisterne da 20 mc) per la raccolta degli sversamenti accidentali di liquidi pericolosi sulla piattaforma stradale. Il volume delle vasche di prima pioggia, secondo le indicazioni normative è dato dalla seguente relazione:

$$V^{1^a\text{ pioggia}} = S \times 5/1000 [m^3]$$

nella quale S è la superficie carrabile afferente in metri quadri.

La vasca sarà integrata con un modulo in cui sono disposte due pompe di sollevamento, una operativa ed una di riserva, destinato alla disoleatura. Il sistema di pompaggio ha la funzione di svuotare la vasca nelle 48

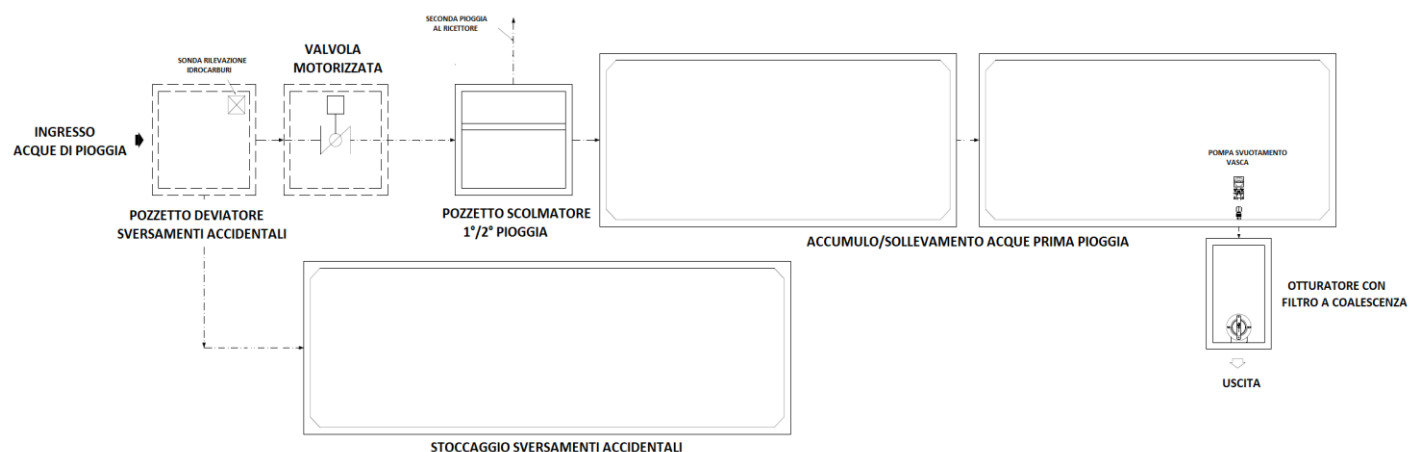


|                                                                                                 |                                                                                                   |             |                                          |           |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|-----------|--------------------|
| Contraente<br> | Progettista<br> |             |                                          |           |                    |
| Doc. N.                                                                                         | Progetto<br>NG12                                                                                  | Lotto<br>00 | Codifica Documento<br>E 11 RH ID0002 C01 | Rev.<br>A | Foglio<br>15 di 18 |

ore successive ad un evento di precipitazione.

Con riferimento ai due tratti del viadotto “scolanti” sulle spalle, si ottengono i seguenti volumi delle vasche di prima pioggia: vasca 1 (Spalla A, lato Ponente) = 50 mc; vasca 2 (Spalla B, lato Levante) = 100 mc.

Di seguito, lo schema funzionale del sistema di trattamento delle acque di prima pioggia e/o di liquidi pericolosi accidentalmente sversati sulla piattaforma stradale.



**Figura 6.1 – Schema funzionale delle vasche di prima pioggia.**

Le acque in uscita dal sistema di trattamento saranno convogliate in apposite vasche di laminazione, che, nella remota ipotesi di sversamenti accidentali superiori ai 40 mc durante l'evento di pioggia critico, assolvono anche la funzione di evitare la fuori uscita, e conseguente dispersione, di liquidi pericolosi nell'ambiente. Inoltre, su lato ponente, le vasche previste per lo stoccaggio dei liquidi pericolosi dovuti a sversamenti accidentali potrebbero essere integrate nel progetto relativo all'impianto di drenaggio della Galleria Coronata, redatto a cura di Autostrade Per l'Italia e non ancora realizzato, previo modifica del progetto stesso.

## 7. VASCHE DI LAMINAZIONE

In ottemperanza del PUC della città di Genova e al fine di evitare il sovraccarico della rete di drenaggio urbano esistente, si è proceduto alla determinazione dei volumi necessari alla realizzazione di vasche di laminazione per la raccolta e l'immagazzinamento temporaneo delle portate in arrivo dalla rete di drenaggio in progetto, prima dello sversamento “controllato” (20 l/s/ha) delle acque nel recapito finale.

Per la determinazione del volume massimo da invasare si è proceduto all'applicazione del metodo delle piogge, considerando 1) la CPP con tempo di ritorno di 50 anni, utilizzata per il dimensionamento della rete di drenaggio, 2) l'intensità di pioggia di progetto (60 mm in 30 minuti) indicata nel PUC.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
E 11 RH ID0002 C01

Rev.  
A

Foglio  
16 di 18

Il metodo delle piogge prevede dapprima il calcolo del volume da invasare  $V_i$  ad un certo istante di tempo  $t$  come la differenza tra il volume meteorico entrante  $V_e$  e il volume uscente  $V_u$ :

$$V_i = V_e - V_u$$

Il volume entrante  $V_e$  è determinato sulla base dell'afflusso meteorico  $h$  (altezza di precipitazione) su di una superficie  $S$  caratterizzata da un coefficiente di deflusso  $\varphi$  per una certa durata di pioggia  $t$ :

$$V_e = \varphi \cdot S \cdot h(t)$$

Il volume uscente  $V_u$ , nell'ipotesi di portata uscente  $Q_u$  costante, è dato da:  $V_u = Q_u \cdot t$ , con  $Q_u$  pari alla portata specifica massima ammessa in uscita dalla vasca (20 l/s ha come da PUC).

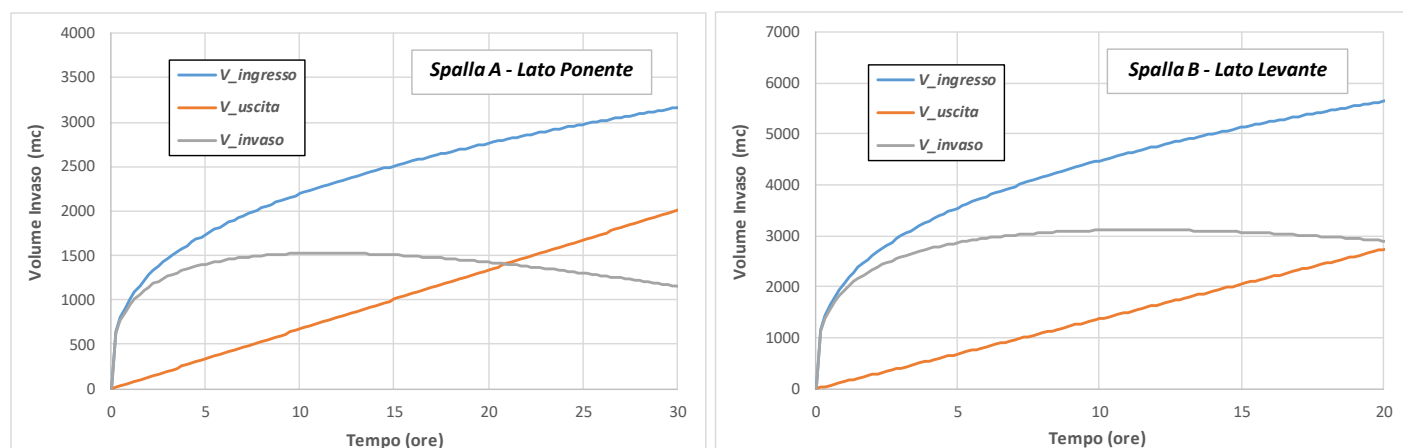
Pertanto, il volume da invasare nel caso di un evento meteorico di durata  $t$  risulta:

$$V_i = \varphi \cdot S \cdot h(t) - Q_u \cdot t$$

Mediante quest'ultima equazione si ricavano la durata dell'evento critico  $t$  ed il volume massimo di laminazione  $V_{max}$  corrispondente al volume da adottare per il dimensionamento della vasca di laminazione.

La portata in uscita è garantita da un impianto di sollevamento o da uno scarico a gravità regolato in modo tale che la massima portata uscente sia pari alla portata specifica di 20 l/s ha moltiplicata per la superficie sottesa dal sistema di drenaggio. In particolare, con riferimento ai due tratti di viadotto scolanti verso le spalle, le portate massime ammesse allo scarico, per i due lati Ponente e Levante, ammontano rispettivamente a: **18.6 l/s (Spalla A)** e **35.3 l/s (Spalla B)**.

Di seguito, i risultati in forma grafica e tabellare del calcolo del volume di laminazione necessario, secondo le CPP con  $Tr = 50$  anni e le indicazioni del PUC.



**Figura 7.1 – Volumi in ingresso, in uscita e invasata nella vasca di laminazione su Lato Ponente (sinistra) e su Lato Levante (destra), per un tempo di ritorno di 50 anni.**

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
E 11 RH ID0002 C01

Rev.  
A

Foglio  
17 di 18

|                                       | <i><b>Tr 50 anni</b></i> | <i><b>PUC</b></i> |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------|
| <i><b>Spalla A (lato Ponente)</b></i> | 1525.8                   | 524.5             |
| <i><b>Spalla B (lato Levante)</b></i> | 3117.2                   | 1071.6            |

**Tabella 7.1 – Volumi di laminazione.**

In definitiva, rispetto alla situazione attuale in cui le acque meteoriche del ponte autostradale sono sversate direttamente sul piano campagna sottostante, confluyendo quindi nelle rogge e sovraccaricando i collettori urbani esistenti, la rete di drenaggio in progetto nel suo complesso (tubazioni, vasche di trattamento e laminazione) consente di convogliare fino al recapito finale le acque di pioggia del nuovo viadotto, in maniera controllata, previo anche trattamento. La realizzazione delle vasche di laminazione consentirebbe non soltanto di accumulare le acque meteoriche prima della restituzione finale (abbattendo il colmo di piena), ma di valutare anche la possibilità di sversare le acque meteoriche del nuovo viadotto in maniera “tarata” (20 l/s/ha) all’interno delle rogge presenti nell’area di intervento, senza sovraccaricare la rete di drenaggio esistente, evitando inoltre di intaccare l’integrità strutturale degli argini del T. Polcevera, qualora quest’ultimo fosse scelto come recapito finale.

|                                                                                                     |                                                                                                       |             |                                          |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|-----------|--------------------|
| Contraente<br><br> | Progettista<br><br> |             |                                          |           |                    |
| Doc. N.                                                                                             | Progetto<br>NG12                                                                                      | Lotto<br>00 | Codifica Documento<br>E 11 RH ID0002 C01 | Rev.<br>A | Foglio<br>18 di 18 |

## 8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA. VV. Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.

Autorità di Bacino della Regione Liguria, PIANO DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO (approvato con Delibera del Consiglio Provinciale di Genova n.14 del 02/04/2003 ed entrato in vigore con BURL n. 18 del 03/05/2017 – parte II).

Autorità di Bacino della Regione Liguria, PIANO DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO – *Relazione generale Torrente Polcevera* (2017).

Ferro V., La sistemazione dei bacini idrografici, McGraw-Hill, Milano, 2006.

ISPRA, *Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali*, 2015

Maione U., Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali, La Goliardica Pavese, 1977.

Marani M., Processi e modelli dell'Idrometeorologia, Dispense, 2005.

Nuove Norme Tecniche per le costruzioni 2018, DECRETO 17 gennaio 2018 . Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», MINISTRO DELLE INFRASTRUTTURE.

Rossi F., Fiorentino M., Versace P., Two component extreme value distribution for Flood Frequency Analysis, Water Resources Research, Vol. 20, N.7, 1984.

Surendra, K. M., Vijay., P. S. Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology. Springer, pp. 84-146, 2003.