

**TRENO ALTA VELOCITA' S.p.A.**  
 Società con socio unico soggetta alla direzione e coordinamento  
 di RFI S.p.A. - Gruppo Ferrovie dello Stato



**ALTA SORVEGLIANZA:**

**ITALFERR S.p.A.**  
 Società con socio unico, soggetta all'attività di direzione e  
 coordinamento di Ferrovie dello Stato S.p.A.



**GENERAL CONTRACTOR:**

**CONSORZIO COCIV**

CONSORZIO



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
 LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V./A.C. MILANO-GENOVA. TERZO VALICO DEI GIOVI  
 CUP F81H92000000008  
 PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA III VALICO**

**INTEGRAZIONE PRESTAZIONI  
 SPECIALISTICHE  
 ORDINE INGEGNERI DI MILANO  
 n. 15/08  
 Ettore Pagani**

**IDROLOGIA E IDRAULICA  
 IDROLOGIA**

**RELAZIONE IDROLOGICA**

SCALA:

ALTA SORVEGLIANZA



Verificato	Data	Approvato	Data
Borgia		Gambelli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A301	00	D	CV	RI	ID0001	001	C

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR

Rev.	DATA	Descrizione emissione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
B.01	12/10/05	EMISSIONE EX ART.4 D.lgs.190/02	HYD	12/10/05	OC	12/10/05	PM	12/10/05	Malvagna 27/04/06
C.00	15/12/05	EMISSIONE PER ATTO INTEGRATIVO	HYD	15/12/05	OC	15/12/05	PM	15/12/05	
C.01	27/04/06	REVISIONE GENERALE	MRS	27/04/06	M. Maffoni	27/04/06	E. Ghislandi	27/04/06	

Nome File: A301-00-D-CV-RI-ID00-01-001\_C.01.doc

n. Elab.



## INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. ANALISI IDROLOGICA	1
3. CARATTERIZZAZIONE DEI CORSI D'ACQUA INTERCETTATI	2
4. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA	2
4.1 Metodo utilizzato per i corsi d'acqua ricadenti nel bacino del fiume Po	2
4.1.1 Analisi statistica	2
4.1.2 Regionalizzazione dei dati di pioggia	5
4.1.3 Metodo razionale	5
4.2 Metodo utilizzato per i corsi d'acqua ricadenti nel versante tirrenico	8
4.2.1 Scelta della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica del centro di scroscio	8
4.2.2 Stima della precipitazione efficace	8
4.2.3 Stima del tempo di risposta del bacino e dell'idrogramma unitario	9
4.2.4 Metodologia della stima della portata per un assegnato tempo di ritorno per bacini con superfici comprese tra i 2 e i 10 km <sup>2</sup>	9
4.2.5 Metodologia della stima della portata per un assegnato tempo di ritorno per bacini con superfici inferiori ai 2 km <sup>2</sup>	11
4.2.6 Coerenza con i valori di portata indicati dal Piano di bacino del torrente Polcevera	11
5. SINTESI DEI RISULTATI OTTENUTI	12
ALLEGATO 1 - Schede idrologiche per portate a tempo di ritorno assegnato su bacini interferenti con la Linea A.C.	

## **1. INTRODUZIONE**

Oggetto della presente relazione è l'analisi idrologica volta alla determinazione delle portate di assegnato tempo di ritorno per i corsi d'acqua naturali od artificiali interferenti con il tracciato della linea ferroviaria A.C. Milano-Genova che si sviluppa all'interno dei territori piemontese e ligure. Per i primi 12.0 km circa la linea A.C. si sviluppa in territorio ligure (versante tirrenico), mentre per i restanti 41.8 km in territorio piemontese all'interno del bacino idrografico del fiume Po.

La presente relazione intende descrivere i contenuti e le modalità di conduzione delle attività svolte per la caratterizzazione idrologica dell'intera area intercettata dal tracciato ferroviario; in particolare vengono definiti i parametri di calcolo delle precipitazioni intense di durata superiore all'ora, desunti dalla relazione pluviometrica alla quale si rimanda per ogni dettaglio, per le applicazioni relative alla determinazione della portata di progetto per il dimensionamento idraulico degli attraversamenti sui corsi d'acqua interferenti con la Linea A.C.

Lo studio è stato svolto secondo due diverse metodologie rispettivamente per le aree comprese nel bacino del Po e quelle ricadenti nel versante tirrenico, in ragione delle indicazioni contenute nei Piani di bacino, redatti a cura dell'Autorità di bacino del fiume Po e della Provincia di Genova, attualmente vigenti. Le descrizioni delle metodologie adottate sono riportate nel capitolo 2.

## **2. ANALISI IDROLOGICA**

Scopo dello studio è la definizione, per ciascuno dei corsi d'acqua interessati, della portata di piena con assegnato tempo di ritorno, in corrispondenza delle sezioni di intersezione con la linea ferroviaria.

Tali valori saranno assunti come dati di partenza per le successive verifiche idrauliche e per il dimensionamento delle necessarie sistemazioni in progetto.

Lo studio è stato svolto secondo le seguenti fasi:

- a) reperimento della cartografia di base (in scala 1:100.000, 1:25.000, 1:10.000) e di informazioni generali sulle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, forestali e d'uso dei suoli, necessarie alla definizione dei bacini di competenza dei corsi d'acqua intercettati dal tracciato ferroviario;
- b) individuazione delle interferenze del tracciato ferroviario con corsi d'acqua naturali ed artificiali;
- c) schematizzazione e ricerca delle caratteristiche morfologiche e fisiografiche (superficie, lunghezza dell'asta principale, acclività, copertura vegetale, uso del suolo, ecc.) dei bacini idrografici dei corsi d'acqua intercettati dal tracciato ferroviario;
- f) determinazione delle portate di piena, per tutti i corsi d'acqua intercettati dal tracciato ferroviario, attraverso l'applicazione di diverse metodologie di calcolo relative ai corsi d'acqua ricadenti rispettivamente nel bacino del fiume Po e nel versante tirrenico.

Data la mancanza di osservazioni dirette dei deflussi naturali (idrometria), nella valutazione delle portate massime probabili dei corsi d'acqua intercettati, e in particolare per quelli minori, si è fatto necessariamente riferimento a schemi di calcolo basati su una determinazione indiretta, a partire dalle curve di possibilità climatica caratteristiche dei rispettivi bacini.

### **3. CARATTERIZZAZIONE DEI CORSI D'ACQUA INTERCETTATI**

Le problematiche, di tipo idrologico - idraulico, da affrontare nello studio progettuale per la definizione degli attraversamenti sul tracciato ferroviario A.C. Milano-Genova risultano differenti a seconda delle caratteristiche del corso d'acqua coinvolto.

La linea ferroviaria in progetto interferisce, lungo il suo tracciato, con due differenti tipologie di corpi idrici così caratterizzabili:

- corsi d'acqua naturali: che, per le dimensioni del reticolo drenante, interessano aree di superficie di bacino idrografico non superiori ad 1 km<sup>2</sup>;
- fossi appartenenti al reticolo irriguo: nella zona interessata dal tracciato ferroviario risulta presente anche una rete di irrigazione, necessaria a soddisfare le richieste delle colture tipiche dell'agricoltura della zona.

Il presente rapporto ha lo scopo di definire, per ogni corpo idrico individuato, le portate di piena per assegnato tempo di ritorno; per i corsi d'acqua naturali esse rappresentano anche le portate di progetto per le successive verifiche idrauliche delle opere.

Per quanto riguarda i fossi appartenenti al reticolo irriguo, le portate individuate rappresentano il dato di input per le successive valutazioni di carattere idraulico - funzionale, svolte nell'ambito della specifica attività di ricognizione del reticolo idrografico.

Tale dato, opportunamente correlato con le caratteristiche funzionali delle opere irrigue, è stato utilizzato per l'individuazione delle portate di progetto da assumersi per questa seconda tipologia di corpo idrico.

### **4. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA**

#### **4.1 Metodo utilizzato per i corsi d'acqua ricadenti nel bacino del fiume Po**

Data la mancanza di osservazioni dirette dei deflussi naturali, nella valutazione delle portate massime probabili dei corsi d'acqua intercettati, e in particolare per quelli minori, si è fatto necessariamente riferimento a schemi di calcolo basati su una determinazione indiretta, a partire dalle curve di possibilità climatica caratteristiche dei rispettivi bacini.

##### **4.1.1 Analisi statistica**

Come già illustrato nella relazione pluviometrica, nelle aree interessate dal tracciato ferroviario sono state individuate 11 stazioni idrometriche del Servizio Idrografico Nazionale, in

Tabella 1 se ne riporta l'elenco con le principali caratteristiche.

Codice stazione	Denominazione	Bacino idrografico	Periodo di misura		Numero dati di osservazione	Coordinate UTM	
			Anno inizio	Anno fine		Est	Nord
1564	Alessandria	Tanaro	1950	1985	23	467349	4974054
1602	Lavezze-Lago	Tanaro	1951	1986	34	488321	4931399
1604	Lavagnina C.Le	Tanaro	1950	1986	35	481721	4938819
1605	Gavi C.Le	Tanaro	1932	1968	32	484389	4948069
1617	Val Noci Diga	Scivia	1956	1986	28	502890	4927686
1621	Scoffera	Scivia	1953	1989	27	509517	4925841
1629	Isola Del Cantone	Scivia	1952	1986	31	496274	4944349
1642	Tortona	Scivia	1943	1986	32	489711	4972128
1649	Montemarzino	Curone	1952	1986	29	498921	4966565
1655	Varzi	Staffora	1953	1986	29	516048	4964733
1661	Voghera	Staffora	1951	1986	35	500238	4981377

Tabella 1 - Caratteristiche delle stazioni pluviometriche considerate per la parte di territorio compresa nel bacino padano.

Per la quasi totalità delle stazioni si hanno dati di misura a partire dagli anni 50 fino ad oltre la metà degli anni 80, con un campione significativo dal punto di vista statistico, in termini di estensione.

Le serie storiche di precipitazione intensa di durate superiori all'ora sono riportate in Appendice alla Relazione Pluviometrica.

Le serie storiche dei dati di pioggia per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore sono state sottoposte a regolarizzazione determinando i valori di precipitazione corrispondenti a tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni.

Il programma utilizzato per le elaborazioni statistiche, HCH\PMAX, determina per ogni singola stazione pluviometrica la curva di massima possibilità climatica nella forma  $h=a*t^n$ , per assegnati tempi di ritorno, utilizzando diversi metodi probabilistici di regolarizzazione.

Alle serie storiche delle osservazioni vengono adattati diversi tipi di distribuzione probabilistica:

1. distribuzione log-normale (Galton)

$$f(y)dy = \frac{.3989}{s} \exp\left\{-\frac{(\ln y - m)^2}{2s^2}\right\} dy$$

con parametri: s,m

## 2. distribuzione di Pearson Type III (funz. gamma)

$$f(y)dy = \frac{1}{\text{sgamma}(p)} \left(\frac{y-a}{s}\right)^{p-1} \exp\left\{-\left(\frac{y-a}{s}\right)\right\} dy$$

con parametri: s,p,a

## 3. distribuzione di Fisher-Tippet Type I (Gumbel)

$$f(y)dy = \frac{1}{a} \exp\left\{-\left(\frac{y-z}{a}\right) - \exp\left[-\left(\frac{y-z}{a}\right)\right]\right\} dy$$

con parametri: a,z

La stima dei parametri avviene utilizzando il metodo della massima verosimiglianza (maximum likelihood).

Noti i parametri per i diversi tipi di distribuzione, i valori richiesti di Y (altezza massima di pioggia di data durata per un assegnato tempo di ritorno TR) soddisfano la condizione per cui l'integrale, esteso tra Y e infinito di  $f(y)dy$  è uguale a  $1/TR$ , valore che rappresenta la probabilità che in un anno l'altezza massima di pioggia, di data durata, superi Y.

Per indirizzare la scelta del tipo di distribuzione, che meglio si adatta alla serie storica delle osservazioni, vengono calcolati i valori SQM e PROB.

Il primo rappresenta lo scarto quadratico medio degli scostamenti tra le distribuzioni teoriche e quelle osservate delle frequenze di non superamento ( $FC_i - FC_0$ ).

Il secondo rappresenta la probabilità, secondo il test di Kolmogorov-Smirnov, che la distribuzione teorica rappresenti adeguatamente quella osservata.

In particolare i valori  $Y_{mp}$  rappresentano le massime altezze di pioggia di diversa durata soddisfacenti la condizione di massima verosimiglianza.

I valori di a e n caratterizzanti la curva di possibilità climatica su ogni singola stazione di misura, funzione della durata per assegnato tempo di ritorno, sono riportati in Tabella 2.

Codice stazione	Denominazione	a_10	n_10	a_20	n_20	a_50	n_50	a_100	n_100	a_200	n_200	a_500	n_500
1564	ALESSANDRIA	28.59	0.293	32.80	0.290	38.12	0.285	42.18	0.282	46.23	0.279	51.57	0.276
1602	LAVEZZE-LAGO	57.42	0.453	65.55	0.453	76.08	0.454	83.96	0.454	91.81	0.454	102.18	0.454
1604	LAVAGNINA C.le	49.03	0.483	55.45	0.486	63.76	0.493	70.04	0.498	76.20	0.502	84.41	0.506
1605	GAVI C.LE	53.68	0.402	63.48	0.401	76.16	0.399	85.67	0.397	95.13	0.396	107.64	0.394
1617	VAL NOCI DIGA	56.00	0.406	62.83	0.408	71.68	0.413	78.31	0.415	84.89	0.417	93.63	0.420
1621	SCOFFERA	66.98	0.345	76.64	0.341	89.13	0.331	98.50	0.326	107.84	0.321	120.18	0.316
1629	ISOLA DEL CANTONE	45.08	0.393	52.05	0.391	61.08	0.387	67.84	0.384	74.56	0.382	83.46	0.380
1642	TORTONA	43.89	0.272	50.52	0.272	59.11	0.272	65.55	0.272	71.96	0.272	80.42	0.272

1649	MONTEMARZINO	32.38	0.331	37.53	0.331	44.19	0.331	49.20	0.331	54.18	0.331	60.74	0.331
1655	VARZI	37.30	0.285	42.57	0.284	49.39	0.282	54.50	0.281	59.58	0.280	66.31	0.278
1661	VOGHERA	38.84	0.233	44.91	0.231	52.89	0.222	58.87	0.217	64.83	0.213	72.45	0.211

Tabella 2 -Curve di possibilità climatica per piogge intense di durate superiori all'ora per tempi di ritorno 10,20,50,100,200,500 anni.

#### 4.1.2 Regionalizzazione dei dati di pioggia

Le curve di possibilità climatica, definite sulla singola stazione di misura, danno una rappresentazione puntuale della legge caratteristica di pioggia; per ottenere la distribuzione della precipitazione sulla porzione di territorio ricompresa tra le stazioni strumentate considerate, si è operata una regionalizzazione dell'informazione intensa pluviometrica, mediante ragguaglio alla superficie dei parametri  $a$  ed  $n$  delle curve di possibilità climatica, secondo una maglia costituita da un'area di dimensioni pari a 4 km<sup>2</sup>; l'operazione è stata eseguita utilizzando il metodo "KRIGING".

Tale procedura permette di definire in una qualsiasi area omogenea una altezza di pioggia per assegnati tempi di ritorno e durate.

#### 4.1.3 Metodo razionale

La caratterizzazione idrologica di piena per un bacino idrografico viene eseguita ragguagliando il valore di pioggia intensa per prefissato tempo di ritorno assegnato allo stesso bacino e successivamente attraverso un metodo di correlazione afflussi - deflussi si calcola il valore della portata. In tali casi vengono attribuiti alle piene gli stessi tempi di ritorno delle precipitazioni che le hanno generate.

Tale metodo di correlazione afflussi-deflussi è basato sull'ipotesi che la portata massima in un bacino, dovuta a precipitazioni di intensità costante nel tempo, si ha per eventi di durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  del bacino stesso e si verifica dopo il tempo  $t_c$  dall'inizio del fenomeno.

Il calcolo della portata avviene mediante l'applicazione della formula di Turazza:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

dove:

$S$  = superficie del bacino (km<sup>2</sup>);

$c$  = coefficiente di deflusso valutato in base a considerazioni di tipo generale;

$h$  = altezza massima di precipitazione per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);

$t_c$  = tempo di corrivazione del bacino (ore).

#### Determinazione del tempo di corrivazione

Si è precedentemente osservata la necessità di valutare il tempo di corrivazione dei bacini in esame allo scopo di definire la durata critica dell'evento di pioggia da considerare nell'applicazione del metodo razionale, considerando come tempo minimo di corrivazione 10 minuti.

Le formule normalmente adottate per la stima di tale valore sono le seguenti:

- formula di Giandotti;
- formula di Pezzoli;
- formula di Ventura;
- formula di Horton;
- formula di Kirpich;
- formula di Pasini.

Esse necessitano, come dati di input, di alcuni valori relativi alle caratteristiche morfologiche, fisiografiche ed altimetriche dei bacini definiti alle rispettive sezioni di chiusura, e più precisamente:

- superficie  $S$  ( $\text{km}^2$ );
- altitudine massima  $H_{\text{max}}$  (m s.m.);
- altitudine media  $H_{\text{med}}$  (m s.m.);
- quota della sezione di chiusura  $H_{\text{sez}}$  (m s.m.);
- lunghezza dell'asta principale  $L$  (km);
- pendenza dell'asta principale  $i$  (m/m);
- velocità di scorrimento  $v$  (m/s).

La pendenza dell'asta principale è stata determinata utilizzando la relazione del Fornari che permette la determinazione di tale parametro dal valore della pendenza dei singoli tratti, utilizzando la media pesata:

$$^1i = (\sum_{k=1}^n l_k / \sqrt{i_k})^{-1} * L$$

dove  $l_k$  ed  $i_k$  sono rispettivamente la lunghezza e la pendenza dei singoli tratti omogenei in cui l'asta principale si considera divisa.

Vengono di seguito esposte le formule di calcolo del tempo di corrivazione (espresso in ore), per ognuno dei metodi adottati. I simboli indicati rappresentano le grandezze precedentemente elencate.

Formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot S^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (H_m - H_{\text{sez}})^{0.5}};$$

Formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055 \cdot \frac{L}{i^{0.5}};$$

#### Formula di Kirpich:

$$t_c = 0.066 \cdot L^{0.77} \cdot (1000 \cdot L / (H_{\max} - H_{\text{sez}}))^{0.385} ;$$

#### Formula di Ventura:

$$t_c = 0.1272 \cdot (S / i)^{0.5} ;$$

#### Formula di Horton:

$$t_c = 3.6 \cdot L / v ;$$

#### Formula di Pasini:

$$t_c = 0.108 \cdot (S \cdot L)^{1/3} / i^{0.5} ;$$

#### Determinazione del coefficiente di deflusso

La stima del coefficiente di deflusso è estremamente delicata e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata. Esso ha un significato “sintetico”, essendo mediato su tutto il comprensorio in esame: esprime globalmente il rapporto fra i deflussi, che attraversano la sezione di chiusura in un intervallo definito nel tempo, e gli afflussi meteorici.

Tale parametro tiene conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia; si utilizzano normalmente valori di riferimento, tratti dalla letteratura scientifica, adattandoli alle effettive caratteristiche del bacino in studio, anche in base all'esperienza.

Per la stima di tale parametro si devono tenere in conto i diversi fattori che influiscono sulla formazione dei deflussi, fra cui la natura dei terreni e la loro copertura vegetale, la capacità di accumulo del bacino e l'effetto di laminazione dell'intera rete idrica superficiale, la dimensione del bacino, la presenza di zone urbanizzate, ecc...

Il ruolo del tipo di suolo e della copertura vegetale nella formazione del deflusso superficiale per gli stati idrologici di piena, che si identificano con eventi di piovosità intensa, è duplice: riguarda, infatti, sia la funzione di trattenuta o intercettazione (coefficiente di deflusso), sia il controllo del tempo di concentrazione delle portate superficiali.

Gli studi disponibili, per altro in numero piuttosto limitato, indicano tutti che il valore di  $c$  in un dato bacino varia in misura elevata da evento ad evento, in particolare in funzione delle differenti condizioni climatiche antecedenti. E' possibile comunque ipotizzare che, per gli eventi gravosi che sono di interesse nel campo della progettazione e delle verifiche idrauliche, il parametro assuma valori sufficientemente stabili. In qualche caso si assume che il valore di  $c$  cresca in funzione del tempo di ritorno dell'evento, supponendo in tal modo una risposta non lineare del bacino.

## 4.2 Metodo utilizzato per i corsi d'acqua ricadenti nel versante tirrenico

Per i corsi d'acqua ricadenti nel versante tirrenico, il calcolo della portata di progetto è stato condotto secondo le prescrizioni indicate dalla Autorità di bacino della Regione Liguria, sulla base del documento "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri - Rapporto finale" redatto a cura del CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale dell'Università degli Studi di Genova).

La metodologia di calcolo va distinta per corsi d'acqua con superficie compresa tra i 2 e i 10 km<sup>2</sup> e per corsi d'acqua di superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>. Di seguito si riassumono le procedure propedeutiche alla caratterizzazione della portata di progetto attraverso il metodo CIMA.

### 4.2.1 Scelta della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica del centro di scroscio

La costruzione della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica si basa sui risultati ottenuti dalla regionalizzazione delle precipitazioni, descritta all'interno della Relazione Pluviometrica del presente progetto definitivo, che consente di esprimere la linea segnalatrice di probabilità pluviometrica locale nella forma:

$$H(d, T) = K_T E[H_1] d^n = a_T d^n$$

### 4.2.2 Stima della precipitazione efficace

Per la stima della precipitazione efficace è utilizzato il metodo proposto da Fantoli, che separa i due fattori altezza di pioggia e caratteristiche del terreno, attraverso una formulazione di tipo monomio strettamente legata con l'espressione monomia delle curve di possibilità climatica. Tale metodo si basa sul calcolo del coefficiente di deflusso,  $\Phi$ , rapporto fra la pioggia netta (afflusso efficace) e la pioggia lorda (afflusso totale). Se si approssima tale metodo all'andamento della forma monomia, si può ipotizzare:

$$\Phi = 0.2811 \Phi_* H(d, T)^{1/3} = C_F H(d, T)^{1/3}$$

nella quale  $\Phi_*$  è il valore assegnato al coefficiente di deflusso standard, valutato per una precipitazione di durata standard pari ad 1 ora e intensità standard pari a 45 mm/ora.

Il coefficiente  $C_F$  può essere stimato anche facendo riferimento al metodo sviluppato dal Soil Conservation Service (USDA) detto CN (Curve Number). In tal caso si propone un'ipotesi di legame concettuale del tipo:

$$C_F = \frac{3}{4} \left( 4 \cdot 25.4 \frac{1000 - 10CN}{CN} \right)^{-1/3}$$

#### 4.2.3 Stima del tempo di risposta del bacino e dell'idrogramma unitario

Un possibile legame fra il tempo di corrivazione di un bacino,  $t_c$  e le grandezze fisiche per la sua quantificazione non può prescindere dal valore di area drenata che, per ambiti morfologicamente omogenei, può anche essere assunta come sufficiente alla sua determinazione. L'espressione che lega il  $t_c$  all'area contribuyente è espresso con la seguente:

$$t_c = 0.25 + 0.27A^{1/2}$$

nella quale  $t_c$  è ottenuto in ore con  $A$  in  $\text{km}^2$ .

Questo valore è quindi assunto come tempo di base,  $t_b$ , di un idrogramma unitario istantaneo,  $h(t)$ , avente forma triangolare, risposta di picco  $h_p=2/t_b$  e tempo al picco pari a  $t_p$ . La funzione  $h(t)$  può essere espressa :

$$h(t) = \begin{cases} \frac{h_p t}{t_p} & \text{se } 0 \leq t \leq t_p \\ \frac{h_p t_b}{t_b - t_p} - \frac{h_p t}{t_b - t_p} & \text{se } t_p \leq t \leq t_b \\ 0 & \text{se } t_b < t \end{cases}$$

La portata di picco della risposta del bacino ad un afflusso efficace di intensità  $i$  e durata finita,  $\Theta$ , è esprimibile con la seguente:

$$Q_{\max} = \max_{0 < t < \infty} \int_0^t h(t-\tau) i(\tau) d\tau$$

Per un IUH (idrogramma unitario) triangolare il valore  $Q_{\max}$  si ottiene per  $t_p = 0$  e vale:

$$Q_{\max} = Q_{\max}(\Theta, i) = 2i \frac{\Theta}{t_b} \left( 1 - \frac{\Theta}{2t_b} \right)$$

se  $Q < t_b$ , altrimenti  $Q_{\max} = i$ .

#### 4.2.4 Metodologia della stima della portata per un assegnato tempo di ritorno per bacini con superfici comprese tra i 2 e i 10 $\text{km}^2$

Per bacini di superficie compresa tra i 2 e i 10  $\text{km}^2$  la determinazione della portata di piena è stata eseguita in funzione della portata a tempo di ritorno 2.9 anni ( $Q_{2.9}$ ) nel seguente modo.

Nota la posizione geografica, in termini di longitudine, del bacino idrografico, la sua area contribuyente  $A$  e del coefficiente di deflusso  $\Phi^*$  ovvero del CN medio drenato nella sezione di interesse, assumendo  $n=0,39$ , si può procedere quindi nel modo seguente:

1. il valore di  $E[H_1]$ , è tabellato in funzione della longitudine;
2. si calcola  $a_{2.9} = 1.06 \cdot E[H_1]$  [ $\text{mm/ora}^{-0.39}$ ];
3. si calcola  $t_b = 0.25 + 0.27A^{1/2}$  [ore];

4. si calcola  $C_F = 0.2811\Phi_*$  [-]

oppure  $C_F = \frac{3}{4} \left( 4 \cdot 25.4 \frac{1000 - 10CN}{CN} \right)^{-1/3}$  [-].

dove:

- E[H1] valore atteso della altezza di precipitazione massima annuale per la durata di riferimento,
- $t_b$ , tempo di base di un idrogramma unitario istantaneo
- $C_F$ , coefficiente di deflusso del bacino
- $A$  superficie del bacino

La portata con tempo di ritorno 2.9 anni è fornita, in funzione dell'area espressa in  $km^2$ , dalla

$$Q_{2.9} = 0.3 \cdot A \cdot C_F \cdot a_{2.9}^{4/3} \cdot t_b^{-0.48} \quad [m^3 s^{-1}];$$

le portate per i diversi tempi di ritorno si ottengono dalla

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2.9} \quad [m^3 s^{-1}];$$

dove  $K_T$  (fattore di frequenza delle portate al variare del tempo di ritorno) Tabella 3

T [anni]	5	10	30	50	100	200	500
$K_T$	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

Tabella 3 - Valori del fattore di frequenza al variare del tempo di ritorno.

In riferimento al metodo sopra descritto, al fine di evitare che in taluni casi il parametro relativo alla stima del coefficiente di deflussi implichi delle valutazioni soggettive, per la scelta del valore da assegnare al parametro assunto a rappresentare la capacità del suolo ad assorbire la precipitazione ci si deve riferire a classi omogenee di variazioni limitate, valide per l'insieme dei bacini i bacini regionali; tale caratterizzazione è riportata nella seguente Tabella 4.

Tipo	Descrizione	CN
A	Bacini di tipo residenziale, industriale o commerciale caratterizzati da un elevato grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili superiore al 60%.	92
B	Bacini caratterizzati da un medio grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%.	87
C	Bacini caratterizzati da un basso grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 5% e 30%.	75
D	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	67

Tabella 4 - Classificazione dei bacini regionali per la stima del CN.

La portata a tempo di ritorno 2.9 anni può quindi essere espressa

$$Q_{2.9} = C_Q \cdot A \cdot (0.25 + 0.27 \cdot A^{1/2})^{-0.48} \quad [m^3 s^{-1}];$$

da cui quelle a tempo di ritorno assegnato

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2.9} \quad [m^3 s^{-1}];$$

con  $K_T$  fattore di frequenza delle portate.

Il coefficiente  $C_Q$  è tabellato in funzione della ubicazione del bacino (longitudine) e della sua classificazione secondo quanto riportato in Tabella 4.

#### 4.2.5 Metodologia della stima della portata per un assegnato tempo di ritorno per bacini con superfici inferiori ai 2 km<sup>2</sup>

Per bacini di superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>, la portata a tempo di ritorno assegnato è calcolabile in funzione del contributo specifico secondo la seguente espressione:

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3 s^{-1}];$$

in cui la superficie  $A$  è espressa in km<sup>2</sup>,  $U_{A=2}$  (contributo chilometrico specifico per bacino di superficie pari a 2 km<sup>2</sup>) in m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>,  $K_T$  il valore di frequenza delle portate espressa nella tabella in precedenza riportata. Il coefficiente  $U_{A=2}$ , è tabellato in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica.

Per quanto riguarda le interferenze con corsi d'acqua artificiali, il cui deflusso di piena non è funzione soltanto di fattori idrologici ma legati ad una regolazione (scolmatori di piena) o alla sistemazione scelta (rete irrigua esistente), nella presente relazione vengono definiti solo i dati strettamente "idrologici" relativi ai bacini ad essi sottesi, lasciando agli elaborati specifici di "ricognizione del reticolo idrografico" tutto ciò che riguarda la definizione delle portate di progetto.

#### 4.2.6 Coerenza con i valori di portata indicati dal Piano di bacino del torrente Polcevera

Per una verifica di coerenza dei risultati ottenuti, si è consultato il Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica del torrente Polcevera, approvato con DCP n. 14 del 02/04/03 redatto a cura della Provincia di Genova. Il Piano Stralcio ha determinato per alcuni sottobacini del torrente Polcevera i valori di portata per tempo di ritorno 50, 200 e 500 anni; il contributo chilometrico unitario che ne è derivato è stato confrontato con quello proveniente dalla metodo CIMA, di valore più elevato, che è stato assunto come di progetto, in quanto più cautelativo

## 5. SINTESI DEI RISULTATI OTTENUTI

I corsi d'acqua analizzati nel presente rapporto, per i quali si riportano in allegato le specifiche schede di caratterizzazione idrologica sono nel seguito riportati:

N°	N° Fosso in ricognizione	Prog.	Linea	Denominazione	Lunghezza a asta	Pendenza a asta	Superf.	Q50	Q200	Q500
[-]		[km]	[-]	[-]	[km]	[%]	[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
1	G68	0+096	A.C.	Rio Costiera	0.92	23.95	0.20	5.55	8.02	9.65
2	GM65	0+246	A.C.	Rio Rocca dei Corvi	0.22	34.97	0.02	0.69	0.99	1.20
3	G67	0+405	A.C.	-	0.35	31.03	0.04	1.02	1.48	1.77
3 BIS	G66	0+573	A.C.	-	0.56	28.57	0.11	3.05	4.41	5.31
3 TER		0+573	A.C.	Affluente di sinistra del 3 BIS	0.28	25.00	0.02	0.55	0.80	0.97
4		1+175.180	Portale Galleria interconnessione Valico-Campasso binario pari Sud	Affluente di destra Trasta	0.39	41.02	0.05	1.39	2.01	2.41
4 BIS	G63	1+175	A.C.	Rio Trasta	1.99	29.66	0.90	25.23	36.50	43.92
5	G59	1+860	A.C.	Rio Ciliegia	1.55	33.64	1.02	28.28	40.91	49.22
6 A	L1A	27+431	A.C.	Rio Campora	1.50	6.50	0.91	-	26.10	29.28
6	L1	28+334	A.C.	Fosso Pradella	1.50	8.00	0.75	17.83	22.16	25.01
7	L2	28+650	A.C.	-	0.80	10.00	0.23	8.04	10.04	11.36
8	L3	29+051	A.C.	-	0.98	15.00	0.33	11.23	14.01	15.85
8 BIS	L4	29+135	A.C.	-	0.12	17.00	0.02	0.68	0.85	0.96
9	L5	29+351	A.C.	-	0.51	14.00	0.07	2.39	2.98	3.37
10	L6	29+516	A.C.	-	0.59	18.00	0.20	6.84	8.53	9.66
12	29	36+696	A.C.	Scolmatore di Novi Ligure	-	-	-	-	16.00	-
13	30	36+866	A.C.	-	0.08	5.00	0.09	1.48	1.84	2.08
14	20C	37+851	A.C.	-	0.56	3.00	0.15	1.66	2.07	2.34
15 BIS	20D	38+105	A.C.	-	0.49	1.50	0.14	1.40	1.74	1.97
15	20A 20B	38+466	A.C.	-	2.06	1.00	0.83	3.19	3.95	4.46
16 BIS	18B	41+000	A.C.	-	4.50	0.80	4.06	8.67	10.72	12.07
16	18A	1+899	Shunt per Torino	-	1.74	1.10	1.38	5.77	7.14	8.05
17	17	2+424	Shunt per Torino	-	0.10	1.00	0.05	0.55	0.68	0.77
17BIS	17BIS	2+113	Shunt per Torino	-	0.14	1.00	0.03	0.37	0.46	0.52
18	16	2+569	Shunt per Torino	-	1.12	0.60	0.43	1.91	2.37	2.67
19	14	3+545	Shunt per Torino	-	1.34	0.90	0.36	1.66	2.05	2.32
20	13	3+616	Shunt per Torino	-	1.44	0.90	0.94	4.07	5.05	5.69
21	12	4+758	Shunt per Torino	Fosso di Castel Guazzo	0.95	0.70	0.29	1.54	1.91	2.15
22**	11	5+403	Shunt per Torino	Rio Gazzo	6.53	-	-	15.7	21.8	24.2
23	1	*	SEZ.F	Scaricatore Roggia Cerca	3.44	0.20	3.45	5.14	6.28	7.03

Nota: (\*) sezioni di chiusura esterne alla Linea A.C. in progetto

(\*\*) Portate di progetto Rio Gazzo risultano di 25,38 (TR50), 35,22 (TR200) e 40,10 m<sup>3</sup>/s (TR500)

I bacini idrografici Rio Costiera, Rio Trasta, Rio Ciliegia e i rii alle progressive 0+246 e 0+406 ricadono nel versante tirrenico mentre i restanti in quello padano.

Il bacino N.12 è costituito dallo scolmatore di piena di Novi Ligure. Esso provvederà in futuro, una volta adeguato idraulicamente, alla messa in sicurezza dell'abitato convogliando le acque di pioggia del sistema di drenaggio presente; la massima portata smaltibile dallo scolmatore attualmente è pari a 6.00 m<sup>3</sup>/s.

Quindi per i bacini N.12 (scolmatore di Novi Ligure) e N.22 (rio Lovassina) si sono analizzati idrologicamente 2 scenari relativi alle:

- situazione attuale, con lo scolmatore in grado di trasferire a valle una portata massima di 6,0 m<sup>3</sup>/s,
- situazione futura, con lo scolmatore adeguato in termini di sezione di deflusso ad una capacità di portata pari a 16,00 m<sup>3</sup>/s.

Nello scenario relativo alla situazione attuale le portate rispettivamente a tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni defluenti a valle dello scolmatore risultano pari a 9,68, 13,42 e 15,90 m<sup>3</sup>/s, tali portate si immettono nel rio Lovassina sommandosi a quelle generate dal proprio bacino idrografico; le portate risultanti sul rio Lovassina risultano di 25,38 (TR50 anni), 35,22 (TR200 anni) e 40,10 m<sup>3</sup>/s (TR500 anni).

Nello scenario relativo alla situazione futura di adeguamento dello scolmatore, le portate rispettivamente a tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni defluenti a valle dello scolmatore risulteranno pari a 0,00, 3,42 e 5,90 m<sup>3</sup>/s, tali portate si immetteranno nel rio Lovassina sommandosi a quelle generate dal proprio bacino idrografico; le portate risultanti sul rio Lovassina risulteranno di 15,70 (TR50 anni), 25,22 (TR200 anni) e 30,10 m<sup>3</sup>/s (TR500 anni).

I valori di portata elencati nella tabella di sintesi dei risultati si riferiscono per lo scolmatore di Novi alla situazione futura di adeguamento mentre per il rio Lovassina alla situazione attuale.

I dati relativi ai bacini 15 e 16 sono riferiti alla configurazione di progetto in cui si tiene conto delle deviazioni dei rii stessi.

## **ALLEGATO 1**

**Schede idrologiche per portate  
a tempo di ritorno assegnato su  
bacini interferenti con la Linea A.C.**

## Bacino n.1 - Rio Costiera - km 0+096

Il rio Costiera è un affluente di destra del torrente Polcevera; esso nella sezione di chiusura di interferenza con la Linea A.C. misura un bacino idrografico di circa 0.2 km<sup>2</sup>.

La metodologia utilizzata per il calcolo idrologico di piena è quella indicata dalla Regione Liguria.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Per la stima della portata di piena si è utilizzata la formula per bacini di superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3 s^{-1}].$$

Si è determinato il contributo specifico corrispondente ad un bacino di superficie pari a 2 km<sup>2</sup> tabellato in funzione della longitudine, della copertura vegetale e dell'uso del suolo che lo caratterizza moltiplicandolo poi per il fattore di frequenza di crescita delle portate in funzione del tempo di ritorno; i contributi unitari specifici al variare del tempo di ritorno sono di seguito riportati:

q50	27.73 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q200	40.11 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q500	48.26 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]

Le portate ottenute sono le seguenti:

Q50	5.55 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q200	8.02 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q500	9.65 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Per una conferma di coerenza dei risultati ottenuti si è consultato il Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica del torrente Polcevera, approvato con DCP n. 14 del 02/04/03 redatto a cura della Provincia di Genova. Il Piano Stralcio ha determinato per il bacino del rio Trasta i contributi chilometrici unitari per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni di seguito riportati:

q50 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	25.95
q200 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	32.28
q500 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	37.34

Tali valori, per ora soltanto adottati, sono stati trasmessi direttamente dalla Provincia di Genova - Area 06 - Difesa del Suolo Opere Ambientali e Piani di bacino; essi si ritengono utilizzabili anche per il rio Costiera, data la sua similitudine idrologica con il rio Trasta in termini di esposizione, litotipi presenti, copertura del suolo.

I risultati ottenuti con il metodo CIMA in termini di contributo chilometrico sono superiori a quelli determinati dal Piano di bacino, infatti il loro confronto mostra differenze pari a:

q50	0.06
q200	0.20
q500	0.23

A titolo cautelativo si è scelto di utilizzare quale portata di progetto di dimensionamento della Linea A.C. quella ottenuta con il metodo CIMA.

## Bacino n.2 - Rio Rocca dei Corvi al km 0+246

Il rio Rocca dei Corvi nella sezione di chiusura di interferenza con la Linea A.C. misura un bacino idrografico di circa 0.02 km<sup>2</sup>.

La metodologia utilizzata per il calcolo idrologico di piena è quella indicata dalla Regione Liguria.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Per la stima della portata di piena si è utilizzata la formula per bacini di superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3 s^{-1}].$$

Si è determinato il contributo specifico corrispondente ad un bacino di superficie pari a 2 km<sup>2</sup> tabellato in funzione della longitudine, della copertura vegetale e dell'uso del suolo che lo caratterizza moltiplicandolo poi per il fattore di frequenza di crescita delle portate in funzione del tempo di ritorno; i contributi unitari specifici al variare del tempo di ritorno sono di seguito riportati:

q50	27.73 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q200	40.11 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q500	48.26 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]

Le portate ottenute sono le seguenti:

Q50	0.69 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q200	0.99 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q500	1.20 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Per una conferma di coerenza dei risultati ottenuti si è consultato il Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica del torrente Polcevera, approvato con DCP n. 14 del 02/04/03 redatto a cura della Provincia di Genova. Il Piano Stralcio ha determinato per il bacino del rio Trasta i contributi chilometrici unitari per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni di seguito riportati:

q50 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	25.95
q200 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	32.28
q500 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	37.34

Tali valori, per ora soltanto adottati, sono stati trasmessi direttamente dalla Provincia di Genova - Area 06 - Difesa del Suolo Opere Ambientali e Piani di bacino; essi si ritengono utilizzabili anche per il rio in studio, data la sua similitudine idrologica con il rio Trasta in termini di esposizione, litotipi presenti, copertura del suolo...

I risultati ottenuti con il metodo CIMA in termini di contributo chilometrico sono superiori a quelli determinati dal Piano di bacino, infatti il loro confronto mostra differenze pari a:

q50	0.06
q200	0.20
q500	0.23

A titolo cautelativo si è scelto di utilizzare quale portata di progetto di dimensionamento della Linea A.C. quella ottenuta con il metodo CIMA.

### Bacino n.3 - Rio al km 0+405

Il rio al km 0+405 nella sezione di chiusura di interferenza con la Linea A.C. misura un bacino idrografico di circa 0.04 km<sup>2</sup>.

La metodologia utilizzata per il calcolo idrologico di piena è quella indicata dalla Regione Liguria.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Per la stima della portata di piena si è utilizzata la formula per bacini di superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3 s^{-1}].$$

Si è determinato il contributo specifico corrispondente ad un bacino di superficie pari a 2 km<sup>2</sup> tabellato in funzione della longitudine, della copertura vegetale e dell'uso del suolo che lo caratterizza moltiplicandolo poi per il fattore di frequenza di crescita delle portate in funzione del tempo di ritorno; i contributi unitari specifici al variare del tempo di ritorno sono di seguito riportati:

q50	27.73 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q200	40.11 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q500	48.26 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]

Le portate ottenute sono le seguenti:

Q50	1.02 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q200	1.48 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q500	1.77 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Per una conferma di coerenza dei risultati ottenuti si è consultato il Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica del torrente Polcevera, approvato con DCP n. 14 del 02/04/03 redatto a cura della Provincia di Genova. Il Piano Stralcio ha determinato per il bacino del rio Trasta i contributi chilometrici unitari per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni di seguito riportati:

q50 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	25.95
q200 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	32.28
q500 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	37.34

Tali valori, per ora soltanto adottati, sono stati trasmessi direttamente dalla Provincia di Genova - Area 06 - Difesa del Suolo Opere Ambientali e Piani di bacino; essi si ritengono utilizzabili anche per il rio in studio, data la sua similitudine idrologica con il rio Trasta in termini di esposizione, litotipi presenti, copertura del suolo...

I risultati ottenuti con il metodo CIMA in termini di contributo chilometrico sono superiori a quelli determinati dal Piano di bacino, infatti il loro confronto mostra differenze pari a:

q50	0.06
q200	0.20
q500	0.23

A titolo cautelativo si è scelto di utilizzare quale portata di progetto di dimensionamento della Linea A.C. quella ottenuta con il metodo CIMA.

### Bacino n.3 BIS - Rio al km 0+573

Il rio al km 0+573 nella sezione di chiusura di interferenza con la Linea A.C. misura un bacino idrografico di circa 0.11 km<sup>2</sup>.

In sponda orografica sinistra è presente un affluente (bacino 3 Ter) il cui bacino alla sezione di confluenza risulta pari a 0.02 km<sup>2</sup>.

La metodologia utilizzata per il calcolo idrologico di piena è quella indicata dalla Regione Liguria.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Per la stima della portata di piena si è utilizzata la formula per bacini di superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3 s^{-1}].$$

Si è determinato il contributo specifico corrispondente ad un bacino di superficie pari a 2 km<sup>2</sup> tabellato in funzione della longitudine, della copertura vegetale e dell'uso del suolo che lo caratterizza moltiplicandolo poi per il fattore di frequenza di crescita delle portate in funzione del tempo di ritorno; i contributi unitari specifici al variare del tempo di ritorno sono di seguito riportati:

q50	27.73 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q200	40.11 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q500	48.26 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]

Le portate ottenute sono le seguenti:

Bacino 3BIS:

Q50	3.05 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q200	4.41 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q500	5.31 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Bacino 3TER:

Q50	0.55 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q200	0.80 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q500	0.97 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Per una conferma di coerenza dei risultati ottenuti, si è consultato il Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica del torrente Polcevera, approvato con DCP n. 14 del 02/04/03 redatto a cura della Provincia di Genova. Il Piano Stralcio ha determinato per il bacino del rio Trasta i contributi chilometrici unitari per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni di seguito riportati:

q50 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	25.95
--	-------

q200 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	32.28
q500 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	37.34

Tali valori sono stati trasmessi direttamente dalla Provincia di Genova - Area 06 - Difesa del Suolo Opere Ambientali e Piani di bacino; essi si ritengono utilizzabili anche per il rio in studio, data la sua similitudine idrologica con il rio Trasta in termini di esposizione, litotipi presenti, copertura del suolo, ecc..

I risultati ottenuti con il metodo CIMA in termini di contributo chilometrico sono superiori a quelli determinati dal Piano di bacino, infatti il loro confronto mostra differenze pari a:

q50	0.06
q200	0.20
q500	0.23

A titolo cautelativo si è scelto di utilizzare quale portata di progetto di dimensionamento della Linea A.C. quella ottenuta con il metodo CIMA.

#### Bacino n.4 - Rio affluente di destra del rio Trasta

Il rio è un affluente di destra del Trasta; esso nella sezione di chiusura localizzata in corrispondenza della confluenza in Trasta, non interferente con la Linea A.C., misura un bacino idrografico di circa 0.05 km<sup>2</sup>.

La metodologia utilizzata per il calcolo idrologico di piena è quella indicata dalla Regione Liguria.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Per la stima della portata di piena si è utilizzata la formula per bacini di superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3 s^{-1}].$$

Si è determinato il contributo specifico corrispondente ad un bacino di superficie pari a 2 km<sup>2</sup> tabellato in funzione della longitudine, della copertura vegetale e dell'uso del suolo che lo caratterizza moltiplicandolo poi per il fattore di frequenza di crescita delle portate in funzione del tempo di ritorno; i contributi unitari specifici al variare del tempo di ritorno sono di seguito riportati:

q50	27.73 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q200	40.11 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q500	48.26 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]

Le portate ottenute sono le seguenti:

Q50	1.39 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q200	2.01 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q500	2.41 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Per una conferma di coerenza dei risultati ottenuti, si è consultato il Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica del torrente Polcevera, approvato con DCP n. 14 del 02/04/03 redatto a cura della Provincia di Genova. Il Piano Stralcio ha determinato per il bacino del rio Trasta i contributi chilometrici unitari per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni di seguito riportati:

q50 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	25.95
q200 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	32.28
q500 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	37.34

Tali valori, per ora soltanto adottati, sono stati trasmessi direttamente dalla Provincia di Genova - Area 06 - Difesa del Suolo Opere Ambientali e Piani di bacino; essi si ritengono utilizzabili anche per il rio in studio, data la sua similitudine idrologica con il rio Trasta in termini di esposizione, litotipi presenti, copertura del suolo.

I risultati ottenuti con il metodo CIMA in termini di contributo chilometrico sono superiori a quelli determinati dal Piano di bacino, infatti il loro confronto mostra differenze pari a:

q50	0.06
q200	0.20
q500	0.23

A titolo cautelativo si è scelto di utilizzare quale portata di progetto di dimensionamento della Linea A.C. quella ottenuta con il metodo CIMA.

## Bacino n.4 BIS - Rio Trasta - km 1+175

Il rio Trasta è un affluente di destra del torrente Polcevera, esso nella sezione di chiusura di interferenza con la Linea A.C. misura un bacino idrografico di circa 0.9 km<sup>2</sup>.

La metodologia da utilizzare per il calcolo idrologico di piena è quella indicata dalla Regione Liguria.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Per la stima della portata di piena si è utilizzata la formula per bacini di superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3 s^{-1}].$$

Si è determinato il contributo specifico corrispondente ad un bacino di superficie pari a 2 km<sup>2</sup> tabellato in funzione della longitudine, della copertura vegetale e dell'uso del suolo che lo caratterizza moltiplicandolo poi per il fattore di frequenza di crescita delle portate in funzione del tempo di ritorno; i contributi unitari specifici al variare del tempo di ritorno sono di seguito riportati:

q50	27.73 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q200	40.11 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]
q500	48.26 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ]

Le portate ottenute sono le seguenti:

Q50	25.23 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q200	36.50 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Q500	43.92 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Per una conferma di coerenza dei risultati ottenuti si è consultato il Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica del torrente Polcevera, approvato con DCP n. 14 del 02/04/03 redatto a cura della Provincia di Genova. Il Piano Stralcio ha determinato proprio per il bacino del rio Trasta i contributi chilometrici unitari per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni di seguito riportati:

q50 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	25.95
q200 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	32.28
q500 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	37.34

Tali valori, per ora soltanto adottati, sono stati trasmessi direttamente dalla Provincia di Genova - Area 06 - Difesa del Suolo Opere Ambientali e Piani di bacino.

I risultati ottenuti con il metodo CIMA in termini di contributo chilometrico sono superiori a quelli determinati dal Piano di bacino, infatti il loro confronto mostra differenze pari a:

q50	0.06
q200	0.20
q500	0.23

A titolo cautelativo si è scelto di utilizzare quale portata di progetto di dimensionamento della Linea A.C. quella ottenuta con il metodo CIMA.

## Bacino n.5 - Rio Ciliegia - km 1+860

Il rio Ciliegia è un affluente di sinistra del rio Trasta, esso nella sezione di chiusura di interferenza con la Linea A.C., a monte della sua confluenza nel Trasta, misura un bacino idrografico di circa 1.02 km<sup>2</sup>.

La metodologia da utilizzare per il calcolo idrologico di piena è quella indicata dalla Regione Liguria.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Per la stima della portata di piena si è utilizzata la formula per bacini di superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3 s^{-1}].$$

Si è determinato il contributo specifico corrispondente ad un bacino di superficie pari a 2 km<sup>2</sup> tabellato in funzione della longitudine, della copertura vegetale e dell'uso del suolo che lo caratterizza moltiplicandolo poi per il fattore di frequenza di crescita delle portate in funzione del tempo di ritorno; i contributi unitari specifici al variare del tempo di ritorno sono di seguito riportati.

$$\begin{aligned} q_{50} & 27.73 [m^3 s^{-1} km^{-2}] \\ q_{200} & 40.11 [m^3 s^{-1} km^{-2}] \\ q_{500} & 48.26 [m^3 s^{-1} km^{-2}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{50} & 28.28 [m^3 s^{-1}] \\ Q_{200} & 40.91 [m^3 s^{-1}] \\ Q_{500} & 49.22 [m^3 s^{-1}] \end{aligned}$$

Per una conferma di coerenza dei risultati ottenuti si è consultato il Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica del torrente Polcevera, approvato con DCP n. 14 del 02/04/03 redatto a cura della Provincia di Genova. Il Piano Stralcio ha determinato per il bacino del rio Trasta i contributi chilometrici unitari per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni di seguito riportati:

q50 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	25.95
q200 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	32.28
q500 (m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup> )	37.34

Tali valori, per ora soltanto adottati, sono stati trasmessi direttamente dalla Provincia di Genova - Area 06 - Difesa del Suolo Opere Ambientali e Piani di bacino; essi si ritengono utilizzabili anche per il rio Ciliegia data la sua similitudine idrologica con il rio Trasta in termini di esposizione, litotipi presenti, copertura del suolo...

I risultati ottenuti con il metodo CIMA in termini di contributo chilometrico sono superiori a quelli determinati dal Piano di bacino, infatti il loro confronto mostra differenze pari a:

q50	0.06
q200	0.20
q500	0.23

A titolo cautelativo si è scelto di utilizzare quale portata di progetto di dimensionamento della Linea A.C. quella ottenuta con il metodo CIMA.

## Bacino n.6 A - Rio Campora - km 27+431

Il bacino idrografico di appartenenza è quello del torrente Scrivia, di cui il rio Campora è affluente di sinistra.

La metodologia da utilizzare per il calcolo idrologico di piena è quella indicata nel P.A.I. dall'Autorità di bacino del fiume Po.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 200 e 500 anni.

Le portate di progetto per la verifica dell'attraversamento del rio Campora sono state determinate mediante la formula razionale utilizzando le curve di probabilità pluviometrica del pluviometro di Isola del Cantone riportate nel P.A.I. per un periodo di ritorno pari a 200 anni, espressa nella forma  $h = 74.56 \cdot t^{0.382}$  e per un periodo di ritorno pari a 500 anni, espressa nella forma  $h = 83.46 \cdot t^{0.380}$  con  $h$  espressa in mm e  $t$  espresso in ore, espressa nella forma

$$Q = 0.28 \cdot c \cdot i_c \cdot A$$

dove  $Q[m^3/s]$  è la portata di piena con assegnato tempo di ritorno,  $c[-]$  è il coefficiente medio di deflusso, assunto cautelativamente pari a 0.8,  $i_c[mm/h]$  è l'intensità di pioggia massima per la durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$ , assunto pari ad almeno 15 minuti, e  $A[km^2]$  è l'area sottesa.

Alla chiusura di interesse il rio Campora risulta avere un bacino pari a  $0.91 \text{ km}^2$

La lunghezza dell'asta principale risulta pari a circa 1500 m; applicando la formula di Viparelli con  $v = 1 \text{ m/s}$ , si ottiene un tempo di corrivazione pari a 25 minuti.

In tali condizioni risultano un valore della portata di piena 200-ennale pari a circa  $26.1 \text{ m}^3/\text{s}$  e un valore della portata di piena 500-ennale pari a circa  $29.3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tali valori risultano congruenti con quelli riportati dal Comune di Arquata Scrivia nella *Variante in itinere al P.R.G.C. nell'Allegato Tecnico A – Studi idraulici*.

## **Interferenze idrauliche dal km 28+324 al 29+554 - Nodo di Libarna**

L'interferenza idraulica è rappresentata dal fosso Pradella e affluenti minori di sinistra.

La metodologia da utilizzare per il calcolo idrologico di piena è quella indicata nel P.A.I. dall'Autorità di bacino del fiume Po.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Le principali caratteristiche fisiografiche dei bacini sottesi alla Linea A.C. sono di seguito riportate

### **Bacino n. 6 - Fosso Pradella - km 28+334**

S (km <sup>2</sup> )	0.75
Hmax (m slm)	365.00
Hmed (m slm)	280.00
Hsez (m slm)	241.00
L (km)	1.50
i asta (%)	8.00

### **Bacino n.7 - Fosso al km 28+650**

S (km <sup>2</sup> )	0.23
Hmax (m slm)	325.00
Hmed (m slm)	267.00
Hsez (m slm)	241.00
L (km)	0.80
i asta (%)	10.00

### **Bacino n.8 - Fosso al km 29+051**

S (km <sup>2</sup> )	0.33
Hmax (m slm)	370.00
Hmed (m slm)	265.00
Hsez (m slm)	226.00
L (km)	0.98
i asta (%)	15.00

### **Bacino n.8 BIS - Fosso al km 29+135**

S (km <sup>2</sup> )	0.02
Hmax (m slm)	255.00
Hmed (m slm)	242.00
Hsez (m slm)	234.00
L (km)	0.12
i asta (%)	17.00

### **Bacino n.9 - Fosso al km 29+351**

S (km <sup>2</sup> )	0.07
Hmax (m slm)	300.00
Hmed (m slm)	260.00

Hsez (m slm) 230.00  
 L (km) 0.51  
 i asta (%) 14.00

Bacino n.10 - Fosso al km 29+516

S (km<sup>2</sup>) 0.20  
 Hmax (m slm) 400.00  
 Hmed (m slm) 310.00  
 Hsez (m slm) 232.00  
 L (km) 0.59  
 i asta (%)= 18.00

I valori di pioggia, provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, utilizzati per il bacino n.6 del fosso Pradella sono i seguenti:

AG_50	NG_50	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
68.77	0.394	85.16	0.391	95.98	0.390

I valori di pioggia, provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, utilizzati per i bacini n.7 e n.8 sono i seguenti:

AG_50	NG_50	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
68.54	0.389	85.01	0.386	95.87	0.384

I valori di pioggia, provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, utilizzati per il bacino n.8BIS-9-10 sono i seguenti:

AG_50	NG_50	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
67.86	0.384	84.20	0.381	94.99	0.379

Le portate idrologiche sono state calcolate secondo le formulazioni di Pezzoli e Kirpich, in ragione delle dimensioni dei bacini considerati, assumendo come valore minimo del tempo di corrvazione 10 minuti; i valori di portata per tempo di ritorno assegnato, riportati per ciascun corso d'acqua nella seguente tabella, corrispondono ai valori medi provenienti dalle formulazioni sopra descritte.

N°	Q50	Q200	Q500
[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
6	17.83	22.16	25.01
7	8.04	10.04	11.36
8	11.23	14.01	15.85
8BIS	0.68	0.85	0.96
9	2.39	2.98	3.37

N°	Q50	Q200	Q500
[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
10	6.84	8.53	9.66

## Interferenza idraulica del reticolo minore al km 36+696 canale scolmatore Novi Ligure (bacino 12)

La Linea A.C. presenta un'interferenza con il canale scolmatore di Novi Ligure al km 36+696 (bacino 12) a Sud dall'abitato stesso. Si sono valutate le portate idrologiche di bacino scolante sito in corrispondenza della Linea A.C.

La metodologia da utilizzare per il calcolo idrologico di piena è quella indicata nel P.A.I. dall'Autorità di bacino del fiume Po.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Le caratteristiche fisiografiche bacino n.12 sono le seguenti:

S (km <sup>2</sup> )	1.80
Hmax (m slm)	292.00
Hmed (m slm)	250.00
Hsez (m slm)	210.00
L(km)	2.30
i asta (%)	3.57

I valori di pioggia, provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, sono nel seguito riportati.

AG_50	NG_50	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
61.82	0.354	76.59	0.352	86.33	0.351

I valori di portata naturale del bacino per tempo di ritorno assegnato sono riportati nella seguente tabella.

N°	Q50	Q200	Q500
[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
12	15.68	19.42	21.90

Lo scolmatore nella situazione attuale è in grado di smaltire una portata massima di 6.0 m<sup>3</sup>/s; le portate defluenti a valle dello scolmatore (nel rio Lovassina) sono le seguenti:

N°	Q50	Q200	Q500
[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
12	9.68	13.42	15.90

Nella situazione futura di adeguamento idraulico lo scolmatore sarà in grado di smaltire una portata di 16.00 m<sup>3</sup>/s; le portate defluenti a valle dello scolmatore (nel rio Lovassina) saranno le seguenti:

N°	Q50	Q200	Q500
[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
12	0.00	3.42	5.90

## **Interferenze idrauliche del reticolo minore dal km 37+585 al 40+985 in corrispondenza dell'abitato di Novi Ligure**

La Linea A.C. presenta interferenza con tre fossi ai km 36+866, 37+851, e 38+105 (bacini 13, 14, 15BIS) uscenti dall'abitato di Novi Ligure.

Nello stato attuale tali fossi a valle dell'intersezione con la Linea A.C confluiscono nel fosso che sottende il bacino 15.

Nella configurazione di progetto solo il fosso che sottende il bacino 13 mantiene il corso attuale, mentre gli altri due vengono deviati tramite un canale parallelo alla linea costituendo il bacino 16.

Si sono valutate le portate idrologiche dei bacini scolanti siti in corrispondenza della Linea A.C.

La metodologia da utilizzare per il calcolo idrologico di piena è quella indicata nel P.A.I. dall'Autorità di bacino del fiume Po.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Le principali caratteristiche fisiografiche dei bacini sottesi alla Linea A.C. sono di seguito riportate

### Bacino n. 13 - Fosso al km 36+866

S (km <sup>2</sup> )	0.09
Hmax (m slm)	202.00
Hmed (m slm)	191.20
Hsez (m slm)	181.40
L(km)	0.08
i asta (%)	5.00

### Bacino n. 14 - Fosso al km 37+851

S (km <sup>2</sup> )	0.15
Hmax (m slm)	200.00
Hmed (m slm)	191.20
Hsez (m slm)	181.40
L(km)	0.56
i asta (%)	3.00

### Bacino n.15 BIS: Fosso al km 38+105

S (km <sup>2</sup> )	0.14
Hmax (m slm)	191.00
Hmed (m slm)	186.55
Hsez (m slm)	181.10
L (km)	0.49

i asta(%) 1.50

Bacino n.15: interferenza con il corpo ferroviario A.C. al km 38+466

S (km<sup>2</sup>) 0.83  
Hmax (m slm) 202.00  
Hmed (m slm) 182.40  
Hsez (m slm) 179.90  
L (km) 2.00  
i asta(%) 1.00

I valori di pioggia, provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, utilizzati per i bacini n.13, n.14, n.15BIS e n.15 sono i seguenti:

AG_50	NG_50	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
63.17	0.360	78.34	0.358	88.34	0.357

Le portate idrologiche sono state calcolate secondo le formulazioni di Pezzoli e Kirpich, in ragione delle dimensioni dei bacini considerati assumendo come valore minimo del tempo di corrivazione 10 minuti; i valori di portata per tempo di ritorno assegnato, riportati per il corso d'acqua nella seguente tabella, corrispondono ai valori medi provenienti dalle formulazioni sopra descritte.

N°	Q50	Q200	Q500
[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
13	1.48	1.84	2.08
14	1.66	2.07	2.34
15BIS	1.40	1.74	1.97
15	3.19	3.95	4.46

## **Interferenze idrauliche sullo Shunt per Torino in corrispondenza dell'abitato di Novi Ligure**

La metodologia da utilizzare per il calcolo idrologico di piena è quella indicata nel P.A.I. dall'Autorità di bacino del fiume Po.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Le interferenze idrauliche sono costituite da 8 corsi d'acqua rappresentati da:

1. Fosso al km 1+899 il cui bacino idrografico è il n.16.
2. Fosso al km 2+113 il cui bacino idrografico è il n.17bis.
3. Fosso al km 2+424 il cui bacino idrografico è il n.17.
4. Fosso al km 2+569 il cui bacino idrografico è il n.18.
5. Fosso al km 3+545 il cui bacino idrografico è il n.19.
6. Fosso al km 3+616 il cui bacino idrografico è il n.20.
7. Fosso al km 4+758 il cui bacino idrografico è il n.21.
8. Rio Gazzo al km 5+403 il cui bacino idrografico è il n.22 ; per questo corso d'acqua i valori di portata per tempo di ritorno assegnato sono stati desunti dallo "Studio per l'attraversamento di Novi Ligure e Spinetta Marengo del Rio Gazzo e del Rio Lovassina e loro interferenze con la fognatura pubblica".

Il bacino 16 è stato valutato nella configurazione di progetto tenendo conto del nuovo canale parallelo alla linea che sottende anche i bacini 14 e 15bis.

Le principali caratteristiche fisiografiche dei bacini, sottesi alla Linea A.C., sono di seguito riportate.

### Bacino n.16

S (km <sup>2</sup> )	1.38
Hmax (m slm)	198.80
Hmed (m slm)	185.00
Hsez (m slm)	177.20
L (km)	1.74
i asta(%)	1.10

### Bacino n.17BIS al km 2+113

S (km <sup>2</sup> )	0.034
Hmax (m slm)	184.00
Hmed (m slm)	182.80
Hsez (m slm)=	180.00
L (km)	0.14
i asta (%)	1.00

### Bacino n.17 al km 2+424

S (km <sup>2</sup> )	0.05
Hmax (m slm)	182.00
Hmed (m slm)	181.00
Hsez (m slm)=	179.50

L (km) 0.10  
i asta (%) 1.00

**Bacino n.18 al km 2+569**

S (km<sup>2</sup>) 0.43  
Hmax (m slm) 187.00  
Hmed (m slm) 183.00  
Hsez (m slm) 180.80  
L (km) 1.12  
i asta(%) 0.60

**Bacino n.19 al km 3+545**

S (km<sup>2</sup>) 0.36  
Hmax (m slm) 185.60  
Hmed (m slm) 180.00  
Hsez (m slm) 174.00  
L (km) 1.34  
i asta (%) 0.90

**Bacino n.20 al km 3+616**

S (km<sup>2</sup>) 0.94  
Hmax (m slm) 187.00  
Hmed (m slm) 182.30  
Hsez (m slm) 173.80  
L (km) 1.43  
i asta (%) 0.90

**Bacino n.21 al km 4+758**

S (km<sup>2</sup>) 0.29  
Hmax (m slm) 176.00  
Hmed (m slm) 171.00  
Hsez (m slm) 168.10  
L (km) 0.95  
i asta(%) 0.70

I valori di pioggia, provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, utilizzati per ciascun bacino sono i seguenti.

**Bacino n.16**

AG_50	NG_50	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
61.30	0.351	75.89	0.349	85.51	0.348

**Bacino n.17, 17 BIS e 18**

AG_50	NG_50	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
61.38	0.351	76.01	0.349	85.66	0.348

Bacino n.19

AG_50	NG_50	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
62.42	0.356	77.38	0.354	87.24	0.353

Bacini n.20 e n.21

AG_50	NG_50	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
60.84	0.353	75.33	0.351	84.88	0.350

Le portate idrologiche sono state calcolate secondo le formulazioni di Pezzoli e Kirpich, in ragione delle dimensioni dei bacini considerati assumendo come valore minimo del tempo di corrivazione 10 minuti; i valori di portata per tempo di ritorno assegnato, riportati per ciascun corso d'acqua nella seguente tabella, corrispondono ai valori medi provenienti dalle formulazioni sopra descritte.

Per quanto attiene al calcolo delle portate per il Rio Gazzo si è utilizzato lo Studio redatto a cura della Provincia di Alessandria sopra citato, in cui sono state valutate le portate a tempo di ritorno 20, 50 e 100 anni; i valori relativi a tempo di ritorno 200 e 500 anni sono stati ricavati per estrapolazione dai precedenti, utilizzando la legge probabilistica secondo la formulazione di Gumbel

$$P(Q) = \exp(\exp(-\alpha \cdot (Q - \mu)))$$

che riprodotta sul piano bi logaritmico:

$$\ln\left(\ln\left(\frac{TR}{TR-1}\right)\right) = -\alpha \cdot (Q - \mu)$$

dove Q è la portata,  $\alpha$  e  $\mu$  sono i parametri della distribuzione e  $P(Q) = \left(\frac{TR}{TR-1}\right)$ .

In estrema sintesi le portate per il Nodo di Novi Ligure sono i seguenti:

N°	Q50	Q200	Q500
[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
16	5.78	7.17	8.08
17BIS	1.64	2.03	2.30
17	0.22	0.27	0.31
18	1.91	2.37	2.67
19	1.66	2.05	2.32
20	4.07	5.05	5.69
21	1.54	1.91	2.15
22	15.7	21.8	24.2

Le portate di progetto del reticolo idrografico sono la somma di quelle idrologiche e di quelle irrigue; i valori sono riportati sulla relazione di ricognizione del reticolo idrografico.

## Interferenze idrauliche del reticolo minore al km 41+000 (bacino 16bis)

La Linea A.C. presenta un'interferenza con un fosso al km 41+000 (bacino 16 bis) al di fuori dell'abitato di Novi Ligure; esso è la prosecuzione di un fosso che a monte già presenta un'interferenza con la linea (denominato bacino 15). In esso confluiscono anche le acque dei bacini 17, 17 bis, 18, 19, 20. Si sono valutate le portate idrologiche di bacino scolante sito in corrispondenza della Linea A.C.

La metodologia da utilizzare per il calcolo idrologico di piena è quella indicata nel P.A.I. dall'Autorità di bacino del fiume Po.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Le principali caratteristiche fisiografiche dei bacini sottesi alla Linea A.C. sono di seguito riportate

Bacino n. 16 bis - Fosso al km 41+000

S (km <sup>2</sup> )	4.06
Hmax (m slm)	202.00
Hmed (m slm)	180.00
Hsez (m slm)	166.00
L(km)	4.50
i asta (%)	0.80

I valori di pioggia, provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, utilizzati per la superficie del bacino del fosso, sono nel seguito riportate.

Sulla superficie scolante del bacino n.16 bis i parametri di pioggia utilizzati sono:

AG 50	NG 50	AG 200	NG 200	AG 500	NG 500
61.38	0.351	76.01	0.349	85.66	0.348

Le portate idrologiche sono state calcolate secondo le formulazioni di Pezzoli e Kirpich, in ragione delle dimensioni dei bacini considerati; i valori di portata per tempo di ritorno assegnato, riportati per il corso d'acqua nella seguente tabella, corrispondono ai valori medi provenienti dalle formulazioni sopra descritte.

N°	Q50	Q200	Q500
[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
16BIS	8.67	10.72	12.07

## Interferenze idrauliche del reticolo minore dal km 49+000 al 52+917 in corrispondenza dell'abitato di Tortona

La metodologia da utilizzare per il calcolo idrologico di piena è quella indicata nel P.A.I. dall'Autorità di bacino del fiume Po.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Le interferenze idrauliche con la Linea A.C. è costituita da un bacino scolante denominato N. 23, che risulta essere parallelo alla linea attuale e si sovrappone al progetto di allargamento della piattaforma previsto.

Le principali caratteristiche fisiografiche dei bacini, sottesi alla Linea A.C., sono di seguito riportate.

### Bacino n.23

S (km <sup>2</sup> )	3.45
Hmax (m slm)	127.00
Hmed (m slm)	121.00
Hsez (m slm)	116.00
L (km)	3.44
i asta (%)	0.2

I valori di pioggia, provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, utilizzati per ciascun bacino sono i seguenti.

AG_50	NG_50	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
56.74	0.295	69.43	0.294	77.80	0.293

Le portate idrologiche sono state calcolate secondo le formulazioni di Pezzoli e Kirpich, in ragione delle dimensioni dei bacini considerati; i valori di portata per tempo di ritorno assegnato, riportati per ciascun bacino nella seguente tabella, corrispondono ai valori medi provenienti dalle formulazioni sopra descritte.

N°	Q50	Q200	Q500
[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
23	5.14	6.28	7.03