

**IDROLOGIA E IDRAULICA**  
**RELAZIONE IDROLOGICA**

**INDICE**

**1    PREMESSE..... 3**

**2    INQUADRAMENTO TERRITORIALE..... 4**

    2.1    PIANIFICAZIONE ASSETTO IDROGEOLOGICO..... 4

    2.2    QUADRO LEGISLATIVO DI RIFERIMENTO..... 4

    2.3    PRIMO PIANO STRALCIO FASCE FLUVIALI ..... 5

**3    ELABORATI DI RIFERIMENTO..... 7**

**4    CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA DEI BACINI E DEI CORSI D'ACQUA..... 8**

**5    PORTATE AL COLMO DI PIENA..... 13**

    5.1    TEMPO DI CORRIVAZIONE..... 13

    5.2    ALTEZZA DI PIOGGIA LORDA ..... 14

    5.3    ALTEZZA DI PIOGGIA NETTA ..... 17

    5.4    PORTATA AL COLMO ..... 19

---

## 1 PREMESSE

La presente relazione riferisce lo studio eseguito per la definizione dei caratteri idrologici dei bacini idrografici sottesi alle interferenze con il reticolo idrografico di superficie dell'asse stradale in progetto per la realizzazione della Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia" - Comuni di Torriglia e Montebruno.

Oggetto dello studio è la definizione di valori di colmo delle massime portate di piena da porre a base dello studio idraulico necessario sia al corretto dimensionamento delle opere di attraversamento stradale dei corsi d'acqua, sia alla verifica della compatibilità idraulica delle opere proposte con l'assetto idrogeologico delle aste fluviali, così come definito nell'ambito delle vigenti norme, direttive e strumenti di pianificazione di bacino.

Nella presente relazione viene fornita una prima caratterizzazione idrologica-idraulica dell'area di interesse e vengono individuate le principali problematiche legate all'interazione tra l'infrastruttura e il sistema delle acque superficiali.

In particolare vengono affrontati i seguenti punti:

- inquadramento dello stato di attuazione della Pianificazione di Assetto Idrogeologico nell'area di intervento;
- caratterizzazione dell'area e individuazione delle principali problematiche dal punto di vista idrologico e idraulico;
- individuazione dei principali bacini idrografici interagenti con le opere di progetto e loro caratterizzazione idrologica e morfometrica;
- acquisizione delle curve di possibilità pluviometrica aventi pertinenza sulla zona in esame, necessarie per la stima, note le caratteristiche dei bacini idrografici scolanti, delle portate massime da utilizzare nello studio idraulico
- studio idrologico finalizzato alla determinazione delle portate massime attese con diversi tempi di ritorno in corrispondenza degli attraversamenti principali e secondari.

Lo studio idrologico è propedeutico alle analisi di compatibilità idraulica delle opere di attraversamento dei corsi d'acqua e al corretto dimensionamento e verifica delle opere medesime e degli elementi necessari al drenaggio della piattaforma stradale. Tali temi sono trattati nella Relazione Idraulica.

---

## **2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE**

### **2.1 PIANIFICAZIONE ASSETTO IDROGEOLOGICO**

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, con deliberazione 1/1999 in data 11/5/99, ha adottato il progetto di piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I) contenente la Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B".

Premesso che gli interventi in progetto non rientrano nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali; a norma della succitata Direttiva, ci si limita a verificare che non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante.

Lo studio idraulico viene condotto a servizio della progettazione stradale e non colfine ultimo di procedere ad interventi di sistemazione fluviale. Tale premessa è fondamentale per comprendere le scelte effettuate nella costruzione dei modelli di simulazione dei deflussi. L'obiettivo principale, infatti, è quello di garantire l'efficienza e la sicurezza della nuova viabilità in progetto in concomitanza di eventi di piena ad elevato tempo di ritorno.

Di seguito viene fornito un quadro della normativa vigente in merito alla pianificazione territoriale in merito al rischio idrogeologico.

### **2.2 QUADRO LEGISLATIVO DI RIFERIMENTO**

Competenza specifica dell'Autorità di bacino, in attuazione della legge 18 maggio 1989, n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", è la realizzazione del Piano di bacino, inteso come unico atto di pianificazione di settore, per le componenti attinenti la risorsa idrica. I contenuti propri del Piano di Bacino sono definiti dalla stessa legge all'art. 17, comma 3.

L'Autorità di Bacino, nel rispetto di tale impostazione, ha sviluppato le prime indicazioni metodologiche nello Schema Previsionale e Programmatico dell'ottobre 1990. Successivamente ha formulato il documento di impostazione strategica de Piano e il conseguente programma di lavoro per la sua redazione, adottandoli formalmente nel corso del 1991. Sulla base di questi primi indirizzi è stato predisposto lo Schema di Progetto di Piano (dicembre 1994).

Già in sede di Schema di Progetto di Piano l'Autorità di Bacino ha espresso la scelta di procedere alla realizzazione del Piano di Bacino attraverso stralci funzionali e territoriali, ai sensi dell'art. 17, comma 6-ter della legge 18 maggio 1989, n. 183.

La redazione del Piano di bacino per stralci è risultata l'unica realisticamente percorribile in relazione all'oggettiva complessità e vastità delle analisi da realizzare e problematiche da affrontare, unitamente alla necessità di anticipare, di volta in volta, la sua operatività per alcuni settori funzionali e ambiti territoriali critici. Il programma di redazione del Piano di bacino per stralci è stato definito dal Comitato Istituzionale con deliberazione n. 19 del novembre 1995 "Delibera quadro ai sensi della legge 18 maggio 1989, n. 183, articolo 17. Progetto di Piano di bacino e Piani stralcio: criteri, metodi e tempi per l'adozione per stralci

---

funzionali". In ragione dell'esigenza di anticipare l'operatività del Piano di bacino per il settore della difesa idrogeologica e della rete idrografica, è stata programmata la redazione immediata del primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e il suo successivo completamento, così come la redazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico relativo agli interventi strutturali sulla rete idrografica e sui versanti.

Il programma definito dalla Delibera quadro, per il settore della difesa idrogeologica, è stato già in parte attuato con l'approvazione del primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali – PSFF (vigente dal novembre 1998) sarà completato con l'adozione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico. Il "Secondo Piano stralcio delle Fasce Fluviali", parte integrante del progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – PAI, completa la delimitazione delle fasce fluviali del sistema idrografico principale di pianura e dei fondovalle montani del bacino, avviata con il primo PSFF.

Per quanto attiene l'assetto idrogeologico il Piano risponde alle disposizioni del D.L. 11 giugno 1998, n. 180 convertito in legge 3 agosto 1998, n. 267 "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi". Questo nuovo disposto legislativo prescrive, tra l'altro, per i Piani di bacino, l'individuazione, la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e l'adozione delle misure di salvaguardia con i contenuti di cui all'art. 6-bis della legge 18 maggio 1989, n. 183.

Le prescrizioni tecniche di attuazione della legge sono definite con il D.P.R. 29 settembre 1998 citato al quale il presente Piano fa altresì riferimento. In relazione alle esigenze di migliore gestione e riqualificazione delle aree del demanio fluviale il Piano fa riferimento alla legge 5 gennaio 1994, n. 37 "Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche" che introduce importanti innovazioni: trasferimento dal regime di proprietà privata al demanio dei nuovi terreni e degli alvei abbandonati dalle acque correnti, regolamentazione del rilascio di concessioni, affermazione del diritto di prelazione per gli interventi pubblici di recupero e di valorizzazione ambientale.

### **2.3 PRIMO PIANO STRALCIO FASCE FLUVIALI**

Il primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è stato definitivamente approvato nel luglio 1998, a conclusione dell'istruttoria prevista dalla legge 18 maggio 1989, n.183 così articolata: I. il Progetto di Piano è stato adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale del 5 febbraio 1996.

Il Piano, a seguito delle osservazioni e dei pareri regionali nonché delle modifiche relative, è adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale del 11 dicembre 1997, n. 26, (ai sensi dell'art 18, comma 10 della legge 18 maggio 1989, n. 183); G.U.R.I del 26 febbraio 1998, Supplemento ordinario n. 33; III. il Piano, a seguito del parere del Consiglio superiore dei lavori pubblici, è approvato con D.P.C.M. il 24 luglio 1998 (ai sensi dell'art 4, comma 1, lettera c) della legge 18 maggio 1989, n.183); G.U.R.I del 9 novembre 1998,

---

Serie generale n. 262. Con l'approvazione del primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali sono stati definiti:

1. il metodo di individuazione e delimitazione delle tre fasce fluviali
  - Fascia A di deflusso della piena,
  - Fascia B di esondazione,
  - Fascia C di inondazione per piene catastrofiche
2. le norme che dettano criteri e prescrizioni per l'uso del suolo e la realizzazione di interventi nei territori compresi nelle fasce, nonché definiscono gli effetti del Piano sugli strumenti di pianificazione territoriale di scala regionale, provinciale e comunale.

Per le considerazioni progettuali dell'intervento in oggetto sono state osservate le seguenti norme in vigore:

- Regolamento regionale 14/07/2011 n. 3: *"Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua"*;
- Regolamento regionale 10/07/2009 n. 4: *"Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne (Legge regionale 28 ottobre 2008, n. 39)"*;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico PAI – Norme di Attuazione *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"* – deliberazione n.18 del 26 aprile 2001 - Autorità di bacino del fiume Po - Parma
- Direttiva *"Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B"*- deliberazione n. 2/99, in data 11.05.1999, del Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del Fiume Po - Parma;

### **3 ELABORATI DI RIFERIMENTO**

**T00ID00IDRCO01A** Corografia del bacino del fiume Trebbia

**T00ID00IDRCO02A** Corografia dei bacini idrografici minori

---

## 4 CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA DEI BACINI E DEI CORSI D'ACQUA

Il Fiume Trebbia ha origine alle pendici Sud-Est del Monte Prelà, a quota 1135 m s.l.m..

La lunghezza del tratto di corso d'acqua che ricade nel territorio regionale ligure corrisponde a circa 30 Km; il fiume entra nel territorio della provincia di Piacenza a quota 509 m s.l.m. dopo la località Gorreto. La superficie del bacino idrografico nel territorio della regione Liguria è di 175 Km<sup>2</sup> è interessa un'area prevalentemente montuosa con crinali piuttosto elevati. Il bacino del F. Trebbia confina a Sud con il bacino idrografico del F. Entella, ad Est e Sud- Est con il bacino del T. Aveto, ad Ovest con il T. Scrivia ed infine a Nord e Nord-Ovest è delimitato dai confini con la regione Piemonte e l'Emilia Romagna.

A partire dal monte Prelà lo spartiacque tra il bacino del Trebbia e quello dello Scrivia, andando in direzione Sud-Nord, comprende i Monti Duso e Cremado, il Monte Antola (1597 m), il Monte delle tre Croci e raggiunge il Monte Carmo al confine tra le Regioni Liguria, Emilia e Piemonte. Il crinale che separa la Val Trebbia dalla Val d'Aveto comprende il Monte Laghicciola, il M. Gifarco, il M. Roccabruna, il M. Montarlone e il M. Orama e prosegue al di fuori del territorio regionale Ligure fino alla confluenza dei due corsi d'acqua.

I principali affluenti del F.Trebbia in destra idrografica sono: R. Bagordo, Fosso Costafontana, T. Cavagnaro, T. Cascinetta, T. Solve, T.Craveghie, T. Sermigliasca e T. Pescia. In sinistra idrografica troviamo: T. Brugneto, T. Terenzone, T. Cassingheno e T. Tagliana.

Come tutti i bacini liguri presenta una diversa esposizione alle perturbazioni meteorologiche, ancora a causa della particolare orografia del territorio, caratterizzato dalla presenza di rilievi appenninici e alpini nelle immediate vicinanze della costa. Ciò comporta un'ampia variabilità spaziale del regime pluviometrico, che spazia tra i circa 800 mm annui medi che si registrano nelle zone più occidentali della regione fino ai circa 2000 mm annui medi relativi alla porzione di levante.

Ciò nonostante l'intero territorio è considerato caratterizzato da un regime pluviometrico prevalente, ovvero quello sublitoraneo, che determina una distribuzione degli afflussi meteorici nell'anno caratterizzata da due massimi, uno primaverile e uno autunnale, e da due minimi, uno estivo e uno invernale. I bacini appartenenti al versante padano sono solitamente caratterizzati da un regime meno "regolare" e da precipitazioni più intense.

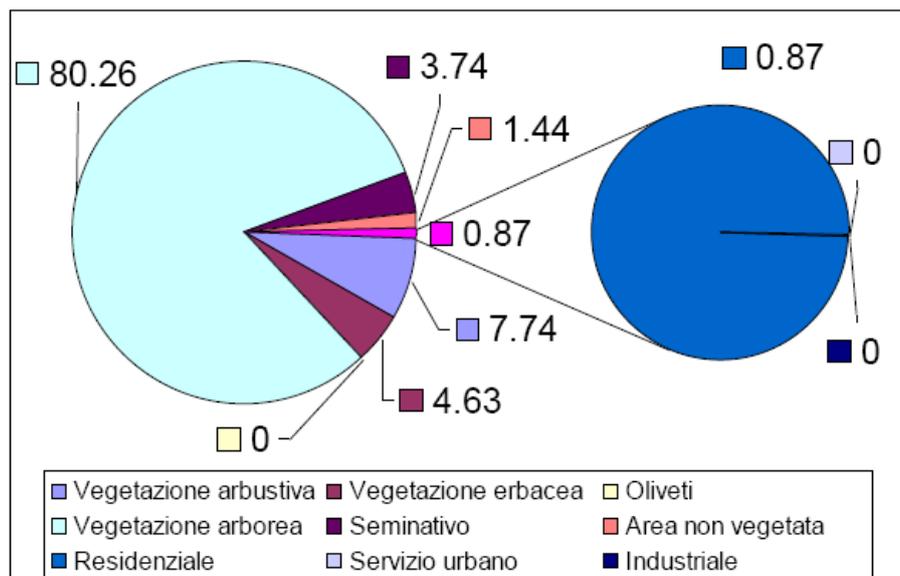
Le perturbazioni autunnali, in particolare, sono in generale responsabili delle piogge più intense e degli eventi critici per molti corsi d'acqua.

In particolare, considerando il bacino idrografico del Fiume Trebbia, si ritrova un afflusso piovoso medio di quasi 1900 mm/anno.

Nella parte alta del bacino idrografico l'ambiente risulta poco antropizzato, con zone boschive e versanti abbastanza acclivi. Alcuni insediamenti artigianali di piccole o medie dimensioni si rilevano dopo l'abitato di Montebruno. Le attività produttive legate a coltivazioni di tipo ortofrutticolo e allevamento di bovini sono realizzate in aziende a carattere familiare.

L'area del bacino idrografico risulta interessata in prevalenza da formazioni boschive. Alle quote più elevate risultano prevalenti le faggete, mentre al di sotto degli 800 m le zone boschive sono in gran parte costituite da castagneti e da bosco misto con carpino nero, orniello.

Nel territorio della Val Trebbia vi sono inoltre zone in cui è stato effettuato il rimboschimento con conifere come il pino nero e il pino silvestre. Sono inoltre presenti formazioni con robinie in prevalenza nella zona bassa della Val Trebbia, ad esempio nella zona di Gorreto. Alle quote inferiori nelle aree pianeggianti o in aree terrazzate sono presenti prati a sfalcio. Nel grafico seguente si schematizza l'uso del suolo del bacino in questione, riportando le classi individuate dal Piano di Tutela delle Acque (PTA).



Uso del suolo del Bacino del Trebbia

I reticoli sottesi, come da classificazione ex art. 3 del R.R. Liguria 14/7/2011 n. 3 "Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua", delle opere che interessano il progetto sono:

Dai dati reperiti dall'Autorità di Bacino del Fiume PO risultano disponibili dati idrometrici riferiti a sezioni molto distanti dalla strada in progetto, nelle zone di confluenza del Po (progressive da oltre 94 km e superfici di bacino oltre 930 kmq), come risulta dalle seguenti tabelle:

Tabella 66: profilo di piena per il fiume Trebbia

Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni		Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni		Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni	
		Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m3/s)			Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m3/s)			Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m3/s)
030	94.684	139.30	3020	020	102.637	108.39		010	111.407	68.81	
029	95.193	137.63		019	103.285	104.83		009	112.433	65.14	
028	95.719	135.66		018	104.186	99.97		008	113.288	62.76	
027	95.988	134.49		017	105.158	95.05		007	114.548	61.06	
026	96.712	131.02		016	105.936	91.68		006	115.387	60.08	
025	97.853	125.63		015	106.699	88.27		005	115.430	59.57	
024	98.551	123.61		014	107.687	83.36		004	116.412	54.41	
023	100.176	118.92		013	108.827	78.27		003	117.060	52.83	3050
022	101.206	115.50		012	109.686	74.57		002	118.129	49.87	
021	101.951	112.45		011	110.292	72.37		001	118.498	49.66	

Tabella 22: portate di piena per il fiume Trebbia

Bacino	Corso d'acqua	Sezione			Superficie km <sup>2</sup>	Q20 m <sup>3</sup> /s	Q100 m <sup>3</sup> /s	Q200 m <sup>3</sup> /s	Q500 m <sup>3</sup> /s	Idrometro	
		Progr.( km)	Cod.	Denomin.						Denominazione	
Trebbia	Trebbia	94.684	30	Rivergaro	931	2190	2770	3020	3350		
Trebbia	Trebbia	117.060	3	Confluenza in Po	982	2200	2800	3050	3400		

La porzione di bacino sottesa dalla sezione di interesse per il presente studio è molto ridotta, rispetto all'estensione complessiva (circa 1%).

Risulta quindi opportuno, conformemente alle indicazioni della Direttiva AdbPO per i bacini di piccole dimensioni di valutare le portate di piena mediante l'impiego di curve di possibilità pluviometrica per il calcolo della intensità di pioggia.

I dati caratteristici dei bacini elementari sono i seguenti:

BACINO	AREA [km <sup>2</sup> ]	L [m]	H max [m]	H min [m]	DH [m]	i media
A1 Bacino del trebbia	9.65	4646	1360	756	604	0.13
B3 Donderi	0.76	1526	1070	717	353	0.23
B4 Montebruno	0.356	751	887	720	167	0.22
B2 Costazza	0.214	716	945	745	200	0.28
B1 Costamaglio	0.053	321	893	786	107	0.33
C1 attraversamento	0.016	141	864	787	77	0.55
C2 attraversamento	0.03	108	842	788	54	0.50
C3 attraversamento	0.03	119	849	792	57	0.48

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di pioggia alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Con altezza di precipitazione (misurata in mm) si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo:

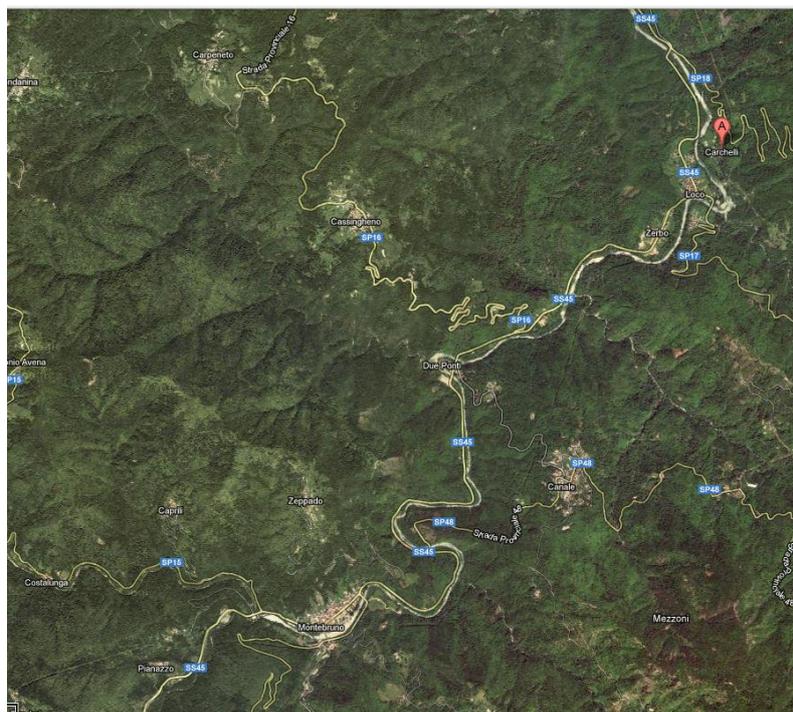
$$h(t) = a \times t^n$$

in cui i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Sono utilizzate le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive. L'intervallo di durata tra 1 e 24 ore rappresenta il campo entro cui sono da ricercare le durate critiche per la maggior parte dei corsi d'acqua per i quali la stima della portata di piena può essere effettuata tramite l'utilizzo delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.

La stima delle curve di probabilità pluviometrica nelle stazioni di misura è stata effettuata sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per le durate considerate, definendo i parametri a ed n per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

I valori delle curve di probabilità pluviometrica sono riportati in Tabella 1, la stazione più vicina agli interventi è Loco Carchelli cod. 1691, con distanza dal comune di Montebruno pari a 9 km, come riportato nella planimetria sottostante.



Cod.	Stazione di misura Denominazione	T = 20 anni		T = 100 anni		T = 200 anni		T = 500 anni	
		a	n	a	n	a	n	a	n
1570	Millesimo	42.96	0.416	55.44	0.411	60.77	0.409	67.80	0.408
1571	Cengio	47.57	0.452	61.38	0.457	67.29	0.459	75.05	0.460
1578	Cairo Montenotte	52.30	0.412	67.59	0.406	74.29	0.402	83.06	0.399
1584	Spigno Monferrato	43.68	0.419	57.87	0.419	63.94	0.418	71.93	0.418
1588	Piancastagna	62.03	0.409	82.12	0.407	90.69	0.407	101.99	0.406
1590	Acqui Terme	42.09	0.417	55.61	0.415	61.37	0.414	68.98	0.414
1593	Piampaludo	53.85	0.516	66.87	0.529	72.44	0.533	79.78	0.538
1594	Urbe	55.34	0.546	68.51	0.558	74.13	0.562	81.56	0.566
1596	Origlieto	69.27	0.464	91.28	0.469	100.61	0.470	112.90	0.471
1599	Masone	68.60	0.446	87.61	0.446	95.71	0.446	106.40	0.447
1602	Lavezze-Lago	65.55	0.453	83.96	0.454	91.81	0.454	102.18	0.454
1604	LAVAGNINA C.Le	55.45	0.486	70.04	0.498	76.20	0.502	84.41	0.506
1605	Gavi C.Le	63.48	0.401	85.67	0.397	95.13	0.396	107.64	0.394
1617	Val Noci Diga	62.83	0.408	78.31	0.415	84.89	0.417	93.63	0.420
1621	Scoffera	76.64	0.341	98.50	0.326	107.84	0.321	120.15	0.316
1629	Isola Del Cantone	52.05	0.391	67.84	0.384	74.56	0.382	83.46	0.380
1642	Tortona	50.52	0.272	65.55	0.272	71.96	0.272	80.42	0.272
1649	Montemarzino	37.53	0.331	49.20	0.331	54.18	0.331	60.74	0.331
1655	Varzi	42.57	0.284	54.50	0.281	59.58	0.280	66.31	0.278
1661	Voghera	44.91	0.231	58.87	0.217	64.83	0.213	72.45	0.211
1676	Sarmato	34.06	0.306	43.50	0.301	47.52	0.299	52.83	0.298
1691	Loos Carohelli C.Le	77.94	0.340	103.48	0.326	114.40	0.322	128.81	0.317
1698	Losso C.Le	47.06	0.348	61.17	0.333	67.22	0.329	75.16	0.324
1702	Cabanne	55.97	0.469	70.73	0.463	77.02	0.462	85.37	0.460
1707	Boschi D'aveto Diga	54.29	0.371	70.80	0.364	77.81	0.362	87.09	0.360
1713	Bolekio	41.77	0.318	53.31	0.313	58.19	0.312	64.67	0.311
1723	Ferriere	44.90	0.297	57.40	0.288	62.73	0.284	69.76	0.281
1730	Cassano	49.77	0.446	64.12	0.450	70.34	0.452	78.55	0.453
1739	Mignano Diga	47.25	0.332	60.43	0.329	66.06	0.327	73.48	0.326
1744	Fiorenzuola D'arda	48.19	0.259	62.40	0.250	68.46	0.247	76.45	0.243
1748	S.Maria Del Taro	65.92	0.413	83.21	0.403	90.57	0.400	100.30	0.397

**Tabella 1 – Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica**

---

## 5 PORTATE AL COLMO DI PIENA

La stima delle portate al colmo è stata effettuata attraverso i seguenti passi:

- calcolo del tempo di corrivazione
- calcolo dell'altezza di pioggia lorda
- calcolo dell'altezza di pioggia netta
- calcolo della portata al colmo

### 5.1 TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il calcolo del tempo di corrivazione  $t_c$  si rende necessario in quanto con esso si determina la durata dell'evento di precipitazione critico per il bacino.

In questo caso si impiega la seguente formula:

#### Puglisi

Tale formula, adatta per bacini aventi estensione inferiore a 50 km<sup>2</sup>, è una delle più conservative tra quelle presenti in letteratura.

$$t_c = 0,6L^{2/3} (h_{\max} - h_{\min})^{-1/3}$$

Dove:

$t_c$  è il tempo di corrivazione [h]

$h_{\max}$  è la quota massima del bacino [m]

$h_{\min}$  è la quota della sezione di chiusura [m]

L è la lunghezza dell'asta principale [km]

Il tempo di corrivazione deve sempre essere maggiore o uguale del tempo necessario alla formazione di deflussi ossia 10 minuti ( $t_c > 0,17$  h).

---

## 5.2 ALTEZZA DI PIOGGIA LORDA

Per l'individuazione della curva di possibilità climatica da prendere a riferimento per la caratterizzazione pluviometrica dell'area in esame sono stati confrontati i risultati delle analisi statistiche effettuate con lo Studio di Regionalizzazione delle piogge intense effettuato nell'ambito del PAI della AdB Po.

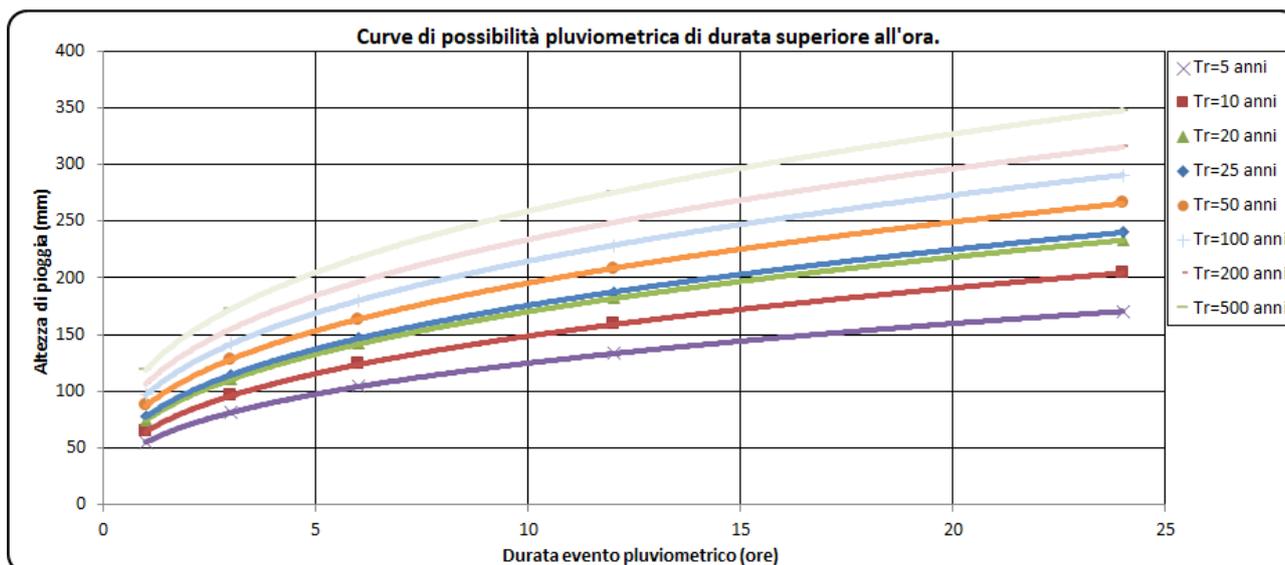
Lo studio fornisce per tutta l'area bacino del fiume Po, suddiviso secondo un reticolo a maglia quadrata di 2 km, l'espressione delle curve di possibilità pluviometrica.

Si evidenziano, per l'area interessata dagli interventi, con riferimento all'espressione monomia i valori dei parametri  $a$  ed  $n$  relativi alle curve di possibilità climatica riportati in funzione del tempo di ritorno, nella seguente tabella.

Per la determinazione dei parametri relativi ad un  $Tr$  di 25 anni, necessario per la stima delle portate dimensionanti i collettori stradali e per un  $Tr$  di 5 anni necessario per la stima delle portate dimensionanti per le opere provvisionali, si sono interpolati i risultati tra il tempo di ritorno di 20 anni e quello relativo ai 50 anni.

<b>Tempo di ritorno</b>	<b>a</b>	<b>n</b>
anni	(mm/h)	(adim.)
5	54.96	0.36
10	64.46	0.36
20	74.39	0.36
25	77.42	0.36
50	87.23	0.35
100	96.85	0.35
200	106.45	0.34
500	119.12	0.34

**Tabella 2: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica superiori all'ora**



**Figura 1: Curve di possibilità pluviometrica per piogge di durata superiore all'ora**

Le stazioni pluviometriche analizzate non consentono un'analisi statistica significativa delle misure di pioggia di durata inferiore all'ora in quanto i campioni disponibili negli "Annali Idrologici" risultano scarsamente numerosi.

Si è deciso pertanto di ricavare le massime altezze di pioggia di durata inferiore all'ora a partire dal dato disponibile delle altezze massime di durata oraria, prendendo a riferimento studi effettuati in altre località italiane. È noto infatti da letterature che i rapporti  $r_{\delta}$  tra le altezze di durata  $d$  molto breve e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località.

A partire dalla massima pioggia di durata oraria, si ricavano le corrispondenti altezze di pioggia di durata pari a frazioni d'ora mediante l'impiego di un coefficiente correttivo, denominato  $r_{\delta}$ .

Questo coefficiente può essere dedotto sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura tecnica e supportate da ricerche svolte su alcune stazioni di misura italiane appartenenti ad aree pluviometriche con differenti caratteristiche: i pluviografi di Milano Monviso e Roma Macao.

Durata (minuti)	1	2	3	4	5	10	15	30	45
$r_{\delta}$	0.13	0.18	0.229	0.272	0.322	0.489	0.601	0.811	0.913

**Tabella 3: Coefficienti riduttivi pluviografo di Milano Monviso**

Durata (minuti)	5	10	15	20	25	30
$r_{\delta}$	0.278	0.435	0.537	0.632	0.7	0.758

**Tabella 4: Coefficienti riduttivi pluviografo di Roma Macao**

Nel presente studio sono stati utilizzati coefficienti riduttivi ottenuti come la media dei precedenti. Da tali parametri sono stati ricavati i valori a ed n delle curve di possibilità pluviometrica inferiori all'ora.

Tempo di ritorno anni	a (mm/h)	n (adim.)
5	60.08	0.52
10	70.46	0.52
20	81.32	0.52
25	84.63	0.52
50	95.35	0.52
100	105.87	0.52
200	116.36	0.52
500	130.21	0.52

**Tabella 5: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica inferiori all'ora**

Determinati i parametri a ed n, l'altezza di pioggia lorda viene calcolata attraverso la curva di possibilità pluviometrica espressa dalla relazione:

$$h_c = a t_c^n$$

Dove:

$t_c$  è la durata dell'evento critico pari al tempo di corrivazione [h]

n è l'esponente della curva di possibilità pluviometrica

a è coefficiente della curva di possibilità pluviometrica.

BACINO	AREA [km2]	L [m]	H max [m]	H min [m]	DH [m]	i media	h media [h]	tc [h]	Tr 5 anni	Tr 25 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni	Tr 500 anni	Tr 5 anni	Tr 25 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni	Tr 500 anni
A1 Bacino del trebbia	9.65	4646	1360	756	604	0.13	1058	1.40	71.57	100.34	113.58	126.11	138.61	155.11	51.12	71.67	81.13	90.08	99.01	110.79
B3 Donderi	0.76	1526	1070	717	353	0.23	894	0.81	53.84	75.49	85.45	94.88	104.28	116.70	66.47	93.20	105.50	117.14	128.75	144.07
B4 Montebruno	0.356	751	887	720	167	0.22	804	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43
B2 Costazza	0.214	716	945	745	200	0.28	845	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43
B1 Costamaglio	0.0527	321	893	786	107	0.33	840	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43
C1 attraversamento	0.016	141	864	787	77	0.55	826	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43
C2 attraversamento	0.03	108	842	788	54	0.50	815	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43
C3 attraversamento	0.03	119	849	792	57	0.48	821	0.17	23.69	33.21	37.60	41.74	45.88	51.34	141.85	198.87	225.12	249.96	274.73	307.43

**Tabella 6: Valori di intensità di pioggia per vari tempi di ritorno**

### 5.3 ALTEZZA DI PIOGGIA NETTA

Il calcolo della pioggia netta, viene effettuato in base al metodo del "Curve Number", formulato dal SCS. Tale metodo mette in relazione l'altezza di pioggia affluita con l'altezza di pioggia  $h_n$  defluita in rete attraverso la seguente formula:

$$h_{netta}(T, \tau) = \frac{[H(T, \tau) - I]^2}{H(T, \tau) - I + S}$$

Dove:

$h_n$  è la pioggia netta [m]

$H_t$  è la pioggia lorda [m]

$S$  è l'altezza d'acqua massima immagazzinabile nel terreno a saturazione

$I$  è l'assorbimento iniziale che viene assunto usualmente pari a  $0.2 S$

Dove  $S$  rappresenta la massima ritenzione del bacino ed è funzione della tipologia di terreno del suo grado di saturazione e dell'uso del suolo e viene espresso sotto la forma:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Per determinare CN occorre stabilire prima di tutto la classe di appartenenza del suolo, il tipo di copertura, quale sia la destinazione d'uso del suolo e le sue condizioni idrauliche.

Il valore del CN varia a seconda dell'utilizzo e della gestione del suolo, poiché ciascun tipo di terreno può essere caratterizzato da un diverso grado di sfruttamento: basso, medio, alto.

Inoltre, a seconda delle condizioni idrauliche del terreno, si può avere un suolo asciutto (condizione I), un suolo medio (o AMC II) ed infine un suolo completamente saturo (condizione AMC III).

I valori del CN per ogni singola categoria sono quelli desumibili dalla seguente tabella:

Uso del Suolo		Tipo di Suolo SCS			
Codice	Descrizione	A	B	C	D
1	Urbanizzato	77	81	85	90
2	Seminativo	67	76	76	83
3	Seminativo arborato	50	61	71	82
4	Prati, pascoli ,incolti	54	62	70	80
5	Bosco rado	45	56	66	77
6	Bosco misto	35	48	60	73
7	Aree scoperte	84	86	89	91

**Tabella 7: Valori del CN (AMCII) in funzione del tipo di suolo**

Si è scelto di utilizzare il valore di CN pari a 73 corrispondente ad una condizione di bosco misto e SCS classe D.

Tale valore del "Curve Number", riferito a condizioni di saturazione intermedie (AMC II) è stato applicato per ciascun bacino e sottobacino, considerando per ognuno di questi, medesime condizioni geomorfologiche ed ambientali.

I valori del CN relativi alle altre due condizioni di saturazione sono.

$$CN_{AMCI} = \frac{4.2CN}{10 - 0.058CN} \qquad CN_{AMCIII} = \frac{23CN}{10 + 0.13CN}$$

### 5.4 PORTATA AL COLMO

La portata al colmo  $Q(T_r)$  funzione del tempo di ritorno  $T$  è calcolata con la formula dedotta dal metodo razionale:

$$Q(T_r)_c = \frac{h_n * S}{3,6 * \tau_c}$$

Dove:

$T_r$  è il tempo di ritorno dell'evento [anni]

$S$  è l'area del bacino [km<sup>2</sup>]

$\tau_c$  è il tempo di corrivazione [h]

Le altezze di pioggia netta riportate sono state determinate facendo riferimento alle condizioni peggiori del terreno (AMC III).

Le altezze ed intensità di pioggia lorda sono:

BACINO	AREA [km <sup>2</sup> ]	L [m]	H max [m]	H min [m]	DH [m]	i media	tc Puglisi [h]	tc [h]	h pioggia lorda [mm]						intensità di pioggia [mm/h]					
									Tr 5 anni	Tr 25 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni	Tr 500 anni	Tr 5 anni	Tr 25 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni	Tr 500 anni
A1 Bacino del trebbia	9.65	4646	1360	756	604	0.13	1.976	1.98	85.62	120.04	135.88	150.88	165.83	185.56	43.32	60.74	68.76	76.34	83.91	93.89
B3 Donderi	0.76	1526	1070	717	353	0.23	1.125	1.13	63.88	89.56	101.39	112.57	123.73	138.45	56.77	79.59	90.10	100.04	109.95	123.04
B4 Montebruno	0.356	751	887	720	167	0.22	0.900	0.90	56.88	79.75	90.28	100.24	110.17	123.28	63.19	88.59	100.29	111.35	122.38	136.95
B2 Costazza	0.214	716	945	745	200	0.28	0.821	0.82	54.23	76.03	86.06	95.56	105.03	117.53	66.04	92.59	104.81	116.37	127.90	143.13
B1 Costamaglio	0.0527	321	893	786	107	0.33	0.593	0.59	45.76	64.16	72.63	80.64	88.63	99.18	77.24	108.29	122.58	136.11	149.59	167.40
C1 attraversamento	0.016	141	864	787	77	0.55	0.382	0.38	36.43	51.07	57.81	64.19	70.55	78.95	95.35	133.67	151.32	168.02	184.66	206.64
C2 attraversamento	0.03	108	842	788	54	0.50	0.360	0.36	35.32	49.52	56.05	62.24	68.40	76.55	98.11	137.54	155.70	172.88	190.01	212.63
C3 attraversamento	0.03	119	849	792	57	0.48	0.377	0.38	36.19	50.73	57.43	63.77	70.08	78.42	95.94	134.50	152.26	169.05	185.80	207.92

Le portate di piena nelle sezioni di chiusura sono:

BACINO	AREA [km <sup>2</sup> ]	L [m]	H max [m]	H min [m]	DH [m]	i media	tc Puglisi [h]	tc [h]	h pioggia netta [mm]						Portata al colmo [m <sup>3</sup> /s]					
									Tr 5 anni	Tr 25 anni	Tr 50 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni	Tr 500 anni	Q Tr 5	Q Tr 25	Q Tr 50	Q Tr 100	Q Tr 200	Q Tr 500
A1 Bacino del trebbia	9.65	4646	1360	756	604	0.13	1.976	1.98	50.71	81.95	96.77	110.95	125.21	144.19	68.78	111.15	131.25	150.49	169.83	195.57
B3 Donderi	0.76	1526	1070	717	353	0.23	1.125	1.13	32.15	54.20	64.82	75.04	85.38	99.19	6.03	10.17	12.16	14.08	16.02	18.61
B4 Montebruno	0.356	751	887	720	167	0.22	0.900	0.90	26.50	45.57	54.83	63.77	72.83	84.96	2.91	5.01	6.02	7.01	8.00	9.33
B2 Costazza	0.214	716	945	745	200	0.28	0.821	0.82	24.41	42.36	51.10	59.55	68.13	79.62	1.77	3.07	3.70	4.31	4.93	5.76
B1 Costamaglio	0.0527	321	893	786	107	0.33	0.593	0.59	18.02	32.37	39.46	46.35	53.37	62.82	0.45	0.80	0.97	1.15	1.32	1.55
C1 attraversamento	0.016	141	864	787	77	0.55	0.382	0.38	11.56	21.98	27.24	32.40	37.70	44.88	0.13	0.26	0.32	0.38	0.44	0.52
C2 attraversamento	0.03	108	842	788	54	0.50	0.360	0.36	10.84	20.80	25.84	30.80	35.89	42.81	0.25	0.48	0.60	0.71	0.83	0.99
C3 attraversamento	0.03	119	849	792	57	0.48	0.377	0.38	11.40	21.72	26.93	32.05	37.30	44.43	0.25	0.48	0.59	0.71	0.82	0.98

**Tabella 8: Valori di portata al colmo per vari tempi di ritorno - AMC III**