



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO  
PARMA

# Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

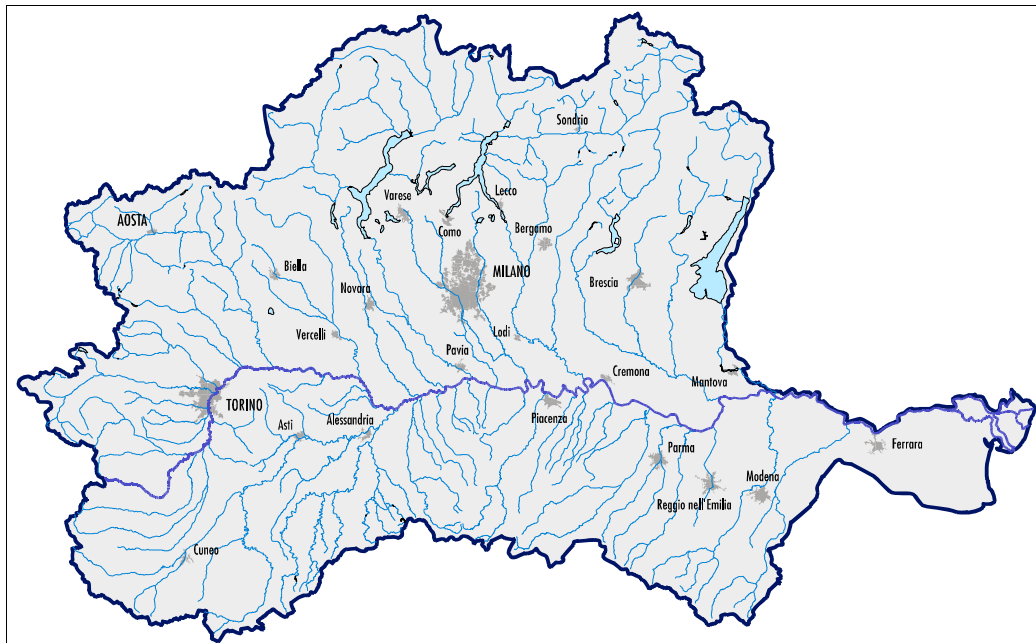
## Interventi sulla rete idrografica e sui versanti

Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter

Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001

7. Norme di attuazione

DIRETTIVA SULLA PIENA DI PROGETTO DA ASSUMERE PER LE PROGETTAZIONI  
E LE VERIFICHE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA



# INDICE

1	Premessa	3
2	Contenuti della direttiva	4
3	Delimitazione dei sottobacini idrografici	5
4	Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica puntuali	6
5	Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense	7
6	Indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografiche di piccole dimensioni	8
	6.1. Metodo razionale	9
	6.2. Metodo S.C.S.	11
	6.3. Considerazioni	13
7	Stima delle portate di piena in sezioni significative dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali	15
8	Profili di piena per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali	17
9	Monitoraggio morfologico e idrologico dei corsi di acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali	18
	Elenco Allegati	20
	Elenco Tabelle	20

# 1 Premessa

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), all'art.10 delle Norme di attuazione, dispone quanto segue.

*“1. L’Autorità di bacino definisce, con propria direttiva:*

- i valori delle portate di piena e delle precipitazioni intense da assumere come base di progetto e relativi metodi e procedure di valutazione per le diverse aree del bacino;*
- i criteri e i metodi di calcolo dei profili di piena nei corsi d’acqua;*
- i tempi di ritorno delle portate di piena per il dimensionamento o la verifica delle diverse opere;*
- i franchi da assumere per i rilevati arginali e per le opere di contenimento e di attraversamento.*

*2. Nella progettazione delle opere di difesa idraulica, delle opere di consolidamento dei versanti e delle infrastrutture interferenti con i corsi d’acqua, le Amministrazioni competenti sono tenute a rispettare la direttiva di cui al precedente comma. Le stesse Amministrazioni possono applicare deroghe, in relazione a particolari situazioni collegate sia a specifiche modalità di uso del territorio e ai relativi insediamenti, sia alle caratteristiche idrologiche dei corsi d’acqua, esplicitando le motivazioni delle scelte compiute e indicando gli effetti sulle opere progettate e sul livello di rischio per il territorio.*

*3. Ogni variazione rispetto ai valori definiti nella direttiva di cui al precedente comma 1, viene comunicata per l’approvazione dall’Amministrazione competente all’Autorità di bacino che provvede, se del caso, a validare i dati ed eventualmente ad aggiornare le tabelle di riferimento. “*

La presente direttiva, in attuazione dell’art. 10, contiene i valori delle precipitazioni intense nelle diverse aree del bacino e quelli delle portate di piena sui corsi d’acqua principali, interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali (nell’ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - PSFF e del PAI) e, per gli stessi corsi d’acqua, il profilo della piena di progetto.

Per i corsi d’acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, i dati idrologici forniti costituiscono riferimento per le procedure di valutazione della compatibilità idraulica delle opere pubbliche e di interesse pubblico all’interno delle Fasce A e B, di cui all’art. 38 delle Norme di attuazione del PAI, che sono definite dalla specifica *“Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all’interno delle Fasce A e B”*.

## 2            **Contenuti della direttiva**

Ai fini di quanto richiesto dall'art. 10 delle Norme di attuazione del PAI, la direttiva è costituita dai seguenti punti:

- delimitazione dei sottobacini idrografici nella porzione collinare e montana del bacino del Po e degli ambiti idrografici di pianura,
- stima delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica puntuali nelle stazioni di misura delle precipitazioni,
- analisi della distribuzione spaziale delle precipitazioni intense,
- indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni,
- stima delle portate di piena in sezioni significative dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali,
- definizione del profilo di piena di progetto per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali.

### 3 Delimitazione dei sottobacini idrografici

Il bacino del Po, per la parte collinare e montana, è suddiviso in sottobacini idrografici elementari, che ne rappresentano le caratteristiche fisiografiche.

Sono stati individuati 2.262 sottobacini elementari, che sono riferiti a 202 corsi d'acqua cartograficamente identificati e codificati.

La delimitazione del confine idrografico per ciascun sottobacino elementare è tracciata sulla base della cartografia a scala 1:100.000 IGM.

Per ciascun sottobacino elementare sono definite le seguenti grandezze:

- codifica,
- superficie sottesa (km<sup>2</sup>),
- altitudine media (m s.m.),
- altitudine alla sezione di chiusura (m s.m.),
- curva ipsografica,
- superficie occupata da aree glaciali,
- superficie occupata da laghi.

La delimitazione del sottobacino idrografico sotteso da un'assegnata sezione sul reticolo idrografico e le relative grandezze fisiografiche correlate possono essere costruite tramite aggregazione dei valori relativi ai bacini elementari.

Nel caso di bacini di piccole dimensioni, di superficie indicativamente inferiore a 50 km<sup>2</sup>, è opportuno che la delimitazione del confine idrografico sia effettuata a una scala di maggiore dettaglio (1:25.000 – 1:10.000).

Per la parte di pianura del bacino sono state delimitate porzioni di territorio, denominate "*ambiti idrografici*", definiti secondo criteri di omogeneità delle caratteristiche e di funzionalità del reticolo idrografico minore, naturale e artificiale. Tali ambiti rappresentano una semplice ripartizione del territorio in aree omogenee rispetto al reticolo idrografico secondario e non costituiscono una delimitazione di bacino idrografico in senso idrologico.

La delimitazione dei sottobacini idrografici è rappresentata in Allegato 1, che contiene i seguenti elaborati:

- corografia, scala 1:1.250.000;
- delimitazione dei sottobacini idrografici elementari, scala 1:250.000;
- caratteristiche fisiografiche principali dei sottobacini montani nelle sezioni di chiusura principali;
- caratteristiche fisiografiche dei sottobacini montani elementari.

## 4 Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica puntuali

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 precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Si ricorda che con il termine altezza di precipitazione in un punto, comunemente 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:

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

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

Sono state utilizzate le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte I, tabella III) 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.

L'Allegato 2 contiene le caratteristiche delle stazioni di misura considerate, le serie dei dati storici utilizzati e l'ubicazione cartografica delle stazioni di misura a livello di corografia.

## 5 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense

Al fine di fornire uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette è stata condotta un'interpolazione spaziale con il metodo di kriging dei parametri  $a$  e  $n$  delle linee segnalatrici, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato.

I risultati sono rappresentati nell'Allegato 3; gli elaborati consentono il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione sulla corografia e, in dettaglio, sulla cartografia in scala 1:250.000.

I valori indicati costituiscono riferimento per le esigenze connesse a studi e progettazioni che, per dimensioni e importanza, non possano svolgere direttamente valutazioni idrologiche più approfondite a scala locale.

Nelle parti del bacino ove sono disponibili, possono essere utilizzati, in alternativa, i risultati derivanti da studi di regionalizzazione, che siano stati predisposti a cura della Regione interessata.

Gli studi idrologici che contengono stime di curve di probabilità pluviometrica devono indicare il modello di regionalizzazione eventualmente utilizzato ed evidenziare, effettuando gli opportuni confronti puntuali sullo specifico sottobacino idrografico, gli eventuali scostamenti rispetto ai valori forniti nell'Allegato 3.

## 6 Indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografiche di piccole dimensioni

Le procedure adottabili per stima della portata di piena in un corso d'acqua si differenziano in relazione alla disponibilità di serie storiche di dati idrologici rappresentativi.

Il caso più favorevole si ha quando nella sezione di interesse sono disponibili valori di portata misurati per un periodo di osservazione sufficientemente lungo; in queste condizioni l'analisi statistica diretta di frequenza delle piene consente di determinare le stime richieste.

Poiché tale situazione si verifica raramente, in ragione del modesto numero di stazioni di misura esistenti e del ridotto periodo di osservazione disponibile per alcune di esse, nella maggior parte dei casi si è nelle condizioni di dover stimare i valori delle portate di piena con metodi indiretti.

In questo caso le procedure utilizzabili sono le seguenti:

- impiego di modelli di regionalizzazione del dato idrometrico, costruiti tramite l'analisi statistica dei dati idrologici disponibili relativi a una porzione di territorio ("regione idrologica") omogenea rispetto ai fenomeni di piena;
- analisi statistica delle osservazioni pluviometriche relative al bacino idrografico sotteso dalla sezione di interesse e impiego di modelli afflussi-deflussi per la trasformazione in portate.

Il primo metodo consiste nell'utilizzare l'intera informazione idrometrica disponibile all'interno di una regione idrologica omogenea. In tal modo si perviene a un campione di dati storici di dimensioni molto maggiori rispetto a quelle di una singola stazione; sulla base di tale campione si ottiene, in genere mediante l'impiego di leggi di regressione statistica, la stima della distribuzione di probabilità delle portate di piena.

Il campo di validità dei modelli di regionalizzazione comprende i bacini idrografici con superfici comprese all'interno dell'intervallo definito dal valore minimo e massimo per i quali si dispone di serie storiche sufficientemente estese.

La costruzione di un modello di regionalizzazione richiede pertanto uno studio idrologico su vasta scala, che non è normalmente compatibile con le esigenze di progettazione o di verifica idraulica, di un singolo intervento, soprattutto se di dimensioni modeste.

Nelle parti del bacino ove sono disponibili, possono essere utilizzati i risultati derivanti da studi di regionalizzazione, che siano stati predisposti a cura della Regione interessata. In tal caso gli studi idrologici devono indicare il modello di regionalizzazione eventualmente utilizzato.

Nei casi in cui non sono disponibili modelli di regionalizzazione applicabili o per i quali l'applicazione può condurre a margini di incertezza elevati è necessario ricorrere all'impiego di procedure appartenenti alla seconda categoria sopra indicata; tra queste ne vengono proposte due tra quelle di più semplice applicazione, rivolte soprattutto ai casi in cui le modeste dimensioni degli interventi in progetto non giustificano studi idrologici approfonditi.

## 6.1. Metodo razionale

La formula del metodo razionale si scrive:

$$Q_c = 0,28 c i A$$

dove:

$Q_c$	= portata al colmo	(m <sup>3</sup> /s)
$c$	= coefficiente di deflusso	(-)
$i$	= intensità di pioggia	(mm/hr)
$A$	= superficie del bacino	(km <sup>2</sup> )

Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino,
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno  $T$  di quello dell'intensità di pioggia,
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione,
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del *tempo di corrivazione*  $t_c$ .

Il tempo di corrivazione è definito in via teorica come il tempo che impiega la precipitazione che cade nella parte più distante del bacino a raggiungere la sezione terminale; una definizione forse migliore è che esso rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale.

Il coefficiente di deflusso tiene conto di tre fattori:

- il fattore di ragguaglio  $c_r$  della precipitazione alla superficie del bacino idrografico considerato,
- il fattore di trattenuta del terreno  $c_d$ , funzione della capacità di assorbimento del terreno (rapporto tra l'altezza di pioggia netta  $h_e$  e l'altezza di pioggia totale  $h$ ),
- il fattore di laminazione  $c_l$ , che dipende dalla capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico dello stesso.

In via teorica l'utilizzo della formula razionale per convertire una precipitazione di assegnato tempo di ritorno  $T$  in una portata al colmo con pari valore di  $T$ , richiede di caratterizzare anche il coefficiente di deflusso  $c$  con un valore medio di ricorrenza. Ciò è possibile solamente quando si disponga di serie storiche sufficientemente estese di dati pioggia e di portate al colmo.

### Tempo di corrivazione $t_c$

Il tempo di corrivazione del bacino è normalmente calcolato con formule empiriche; tra esse molto usata è quella di Giandotti (1934, 1937):

$$t_c = (4 \bar{O}A + 1,5 L)/(0,8 \bar{O}(H_m - H_0)) \quad (hr)$$

dove:

$L$	= lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino (km)
$H_m$	= altitudine media del bacino (m s.m.)

$H_0$  = altitudine della sezione di chiusura (m s.m.)

Altre formule empiriche sono le seguenti:

Ventura (1905):  $t_c = 0,127 \bar{Q}(A/p)$   $p$  = pendenza media (-/-)

Pezzoli (1970):  $t_c = 0,055 L / \bar{Q}p$

Merlo (1973):  $t_c = 0,396 L / \bar{Q}p (A/L^2 \bar{Q}(p/p_v))^{0,72}$

Puglisi (1978):  $t_c = 6 L^{2/3} (H_{max} - H_0)^{-1/3}$

Quando siano noti gli elementi della rete idrografica del bacino che consentono la stima di un valore medio delle velocità della corrente nell'alveo, il tempo di corrivazione può essere stimato dividendo il percorso più lungo della rete per il valore calcolato della velocità.

Nessuna delle formulazioni descritte è esente da critiche; pertanto, a meno che controlli sperimentali diretti non forniscano elementi sicuri per una scelta, conviene senz'altro riferirsi ai più semplici di essi.

#### Coefficiente di deflusso $c$

La stima del coefficiente di deflusso è estremamente difficile e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata. Il 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, che spesso sono adattabili con difficoltà alle effettive condizioni del bacino in studio.

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.

Normalmente per i bacini di piccole dimensioni si trascura l'effetto di invaso, mentre un'indicazione dei valori da attribuire al fattore di trattenuta del terreno è fornita nella letteratura scientifica come di seguito riportato.

Coefficienti di deflusso raccomandati da *American Society of Civil Engineers* e da *Pollution Control Federation*, con riferimento prevalente ai bacini urbani

Caratteristiche del bacino	$c$
Superfici pavimentate o impermeabili (strade, aree coperte, ecc.)	0,70 - 0,95
Suoli sabbiosi a debole pendenza (2%)	0,05 - 0,10
Suoli sabbiosi a pendenza media (2 - 7%)	0,10 - 0,15
Suoli sabbiosi a pendenza elevata (7%)	0,15 - 0,20
Suoli argillosi a debole pendenza (2%)	0,13 - 0,17
Suoli argillosi a pendenza media (2 - 7%)	0,18 - 0,22
Suoli argillosi a pendenza elevata (7%)	0,25 - 0,35

Coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964

Tipo di suolo	c	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

La stima del valore appropriato del coefficiente di deflusso richiede pertanto una notevole esperienza, integrata ovunque possibile da dati e osservazioni sperimentali su eventi di piena nella regione idrologica di interesse.

## 6.2. Metodo S.C.S.

Un'altra importante formula empirica per determinare la portata al colmo corrispondente a una precipitazione di assegnato tempo di ritorno è rappresentata dal Soil Conservation Service Method, applicabile per bacini di dimensioni medio-piccole, privi di stazioni di misura.

Il metodo adotta le seguenti assunzioni:

- la durata  $D$  della pioggia netta è inferiore o uguale di  $0,133 t_c$ ,
- la durata  $D$  è minore di  $0,2$  volte il tempo crescita dell'onda di piena ( $t_p$ ).

In queste condizioni il valore al colmo della portata si scrive:

$$Q_c = 28 R_o A / t_p \quad (m^3/s)$$

dove:

$R_o$  = volume netto di pioggia per unità di superficie (mm)

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

$t_p$  = tempo crescita dell'onda di piena (hr)

Il valore di  $t_p$  è posto:

$$t_p = D/2 + t_{lag}$$

dove:

$D$  = durata della pioggia (hr),

$t_{lag}$  = intervallo di tempo tra il centroide della pioggia e il colmo (hr),

con

$$t_{lag} = 0,6 t_c$$

e

$$t_{lag} = (2,587 L^{0,8} (1000/CN - 9)^{0,7}) / 1900 p^{0,5}$$

dove:

$L$  = lunghezza idraulica del bacino (m),

$CN$  = "curve number", dipende dal tipo di suolo e di copertura vegetale

$p$  = pendenza media del bacino (%)

$$L = 110 A^{0,6}$$

dove:

$A$  = superficie del bacino (ha)

Assumendo che l'invaso per infiltrazione nel suolo in ogni istante sia proporzionale al valore massimo dello stesso e che la precipitazione efficace sia proporzionale all'afflusso meteorico, si ha la seguente equazione (USDA – SCS, 1986):

$$R_o = (h - 0,2 S)^2 / (h + 0,8 S)$$

dove:

$h$  = precipitazione meteorica (mm)

$S$  = valore massimo dell'invaso per infiltrazione (mm)

Il valore di  $S$  è calcolato dall'equazione:

$$S = 25.400 / CN - 254 \quad (\text{mm})$$

Valori di  $CN$  in funzione delle diverse tipologia di uso del suolo, da *Handbook of Hydrology, D.R. Maidment, 1992*

Tipologie di uso del suolo	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Suoli coltivati	62 - 72	71 - 81	78 - 88	81 - 91
Pascoli	39 - 68	61 - 79	74 - 86	80 - 89
Prati	30	58	71	78
Boschi e foreste con copertura modesta	45	66	77	83
Boschi e foreste con buona copertura dall'erosione e sottobosco	25	55	70	77
Aree a parco e di fruizione ricreativa:				
- con copertura erbacea superiore al 75%	39	61	74	80
- con copertura erbacea dal 50 al 75%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabili per l'85%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabili per il 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con percentuale media impermeabile:				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi, aree coperte (impermeabili)	98	98	98	98
Strade:				
- asfaltate	98	98	98	98
- inghiaiate	76	85	89	91

Tipo di suolo:

- A: elevata infiltrazione, per suoli con strati sabbiosi o di loess profondi, a siltosi aggregati (diametro 0,002-0,05 mm);
- B: infiltrazione moderata, per suoli con tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi;
- C: infiltrazione lenta, per suoli con tessitura fine, quali argille limose, deboli strati di limo sabbioso, suoli con debole contenuto organico;
- D: infiltrazione molto lenta, per argille plastiche e compatte.

### 6.3. Considerazioni

I metodi sopra elencati rispondono all'esigenza di ottenere, in mancanza di dati di misura, una valutazione delle portate di piena prevedibili per assegnati tempi di ritorno in una sezione di un corso d'acqua che sottende un bacino di piccole dimensioni.

L'impiego di modelli di regionalizzazione del dato idrometrico, costruiti tramite l'analisi statistica dei dati idrologici disponibili, appare preferibile ovunque tali modelli siano stati messi a punto e validati.

Le stime ricavabili dai metodi sopra indicati di trasformazione piogge-portate debbono ritenersi tutte più o meno largamente approssimate. Ove possibile, in funzione dei vincoli economici e di tempo esistenti, è consigliabile ricorrere a metodi di valutazione più approfonditi, che permettano di tenere conto in modo meno sintetico delle caratteristiche del bacino che condizionano la risposta dello stesso ad un evento meteorico intenso.

Va sottolineata l'importanza dei dati sperimentali per qualsiasi estrapolazione: campagne di misura di durata da 1 a 3 anni, con registrazione contemporanea di precipitazioni e portate, sono in genere sufficienti per l'applicazione di modelli idrologici che consentono valutazioni più attendibili.

In ogni caso, anche quando installazioni di strumentazioni di misura non sono possibili per ragioni economiche e di importanza delle valutazioni, è indispensabile, per una buona applicazione dei metodi sopra indicati, procedere alla raccolta delle informazioni occasionali disponibili sul corso d'acqua in studio: esse sono costituite da dati sulle piene storiche e sulle relative conseguenze (danni, interazioni con le infrastrutture), notizie locali sulle aree inondate e sui livelli idrici massimi raggiunti, dati sul dimensionamento delle opere idrauliche presenti e sul loro comportamento in piena.

E' inoltre indispensabile una ricognizione accurata sul corso d'acqua nella sezione di interesse e sul tratto a monte, finalizzata a valutare, anche con metodi speditivi, l'assetto dell'alveo, la capacità di deflusso e di invaso e le eventuali modificazioni intervenute nel tempo a causa di interventi antropici (opere di difesa realizzate, presenza ed effetti di casse di laminazione, infrastrutture interferenti, ostacoli al deflusso).

Infine è consigliabile impiegare più di un metodo di stima in modo da avere, tramite il confronto dei diversi risultati, maggiori elementi per la scelta del valore più appropriato della portata di piena, tenendo in debito conto le

valutazioni, anche qualitative, derivate delle informazioni raccolte sulle piene storiche.

In conclusione occorre inoltre tenere presente che, per i piccoli corsi d'acqua nella porzione montana del bacino, la determinazione della portata liquida di piena non è sufficiente per un corretto dimensionamento delle opere idrauliche e degli attraversamenti, in quanto i livelli idrici sono fortemente condizionati dai fenomeni di trasporto solido alimentati dal materiale d'alveo e dalla frane che interessano le sponde dell'alveo.

## 7 Stima delle portate di piena in sezioni significative dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali

Per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) e del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), di seguito elencati, sono state determinate le portate di piena per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni nelle sezioni idrologicamente significative.

Corso d'acqua	Tratto		
Po	Martiniana Po – confluenza Tanaro		
Po	Confluenza Tanaro – incile Po di Goro		
Affluenti in destra		Affluenti in sinistra	
Corso d'acqua	Tratto	Corso d'acqua	Tratto
Varaita	Costiglione Saluzzo – conf. Po	Pellice	Ponte Bibiana/Bricherasio - confluenza in Po
Maira	Busca - confluenza in Po	Chisone	Pinerolo - confluenza in Pellice
Tanaro	Ceva - confluenza in Po	Dora Riparia	Susa - confluenza in Po
Stura di Demonte	Ponte di Vignolo (Borgo S. Dalmazzo) - confluenza Tanaro	Stura di Lanzo	Germagnano - confluenza in Po
Belbo	S. Stefano Belbo – conf. Tanaro	Orco	Cuornè - confluenza in Po
Bormida	Acqui Terme – conf. Tanaro	Dora Baltea	Aymavilles (AO) - confluenza Po
Orba	Silvano d'Orba – conf. Bormida	Sesia	Romagnano Sesia – conf. Po
Scrvia	Stazzano - confluenza in Po	Cervo	Biella - confluenza Sesia
Trebbia	Rivergaro (Case Marchesi) - confluenza in Po	Elvo	Occhieppo Inferiore–conf. Cervo
Nure	Ponte dell'Olio - confluenza Po	Agogna	ponte Briga (Gozzano) - confluenza Po
Chiavenna	Confluenza Ottosella - - confluenza in Po	Terdoppio	Conturbia–conf. Ticino (Cerano)
Arda	Castel'Arquato/Villa S. Lorenzo - confluenza in Po	Ticino	Lago Maggiore – confluenza Po
Ongina	Santinasso di sopra -- confluenza in Po	Toce	Confluenza Isorno (Crevoladossola) - Lago Maggiore
Taro	Fornovo di Taro - conf. Po	Arno	Gazzada - Castano Primo
Stirone	SP Salsediana - confluenza in Taro	Rile	Rovate - Cassano Magnago
Parma	Torrechiara - confluenza in Po	Tenore	Castel Seprio - SS 236
Baganza	San Michele de' Gatti - confluenza in Parma	Olona	Ponte SS 342 (Varese) - Rho (scolmatore)
Enza	Ciano d'Enza – conf. Po	Lambro	Laghi Pusiano e Alserio - confluenza in Po
Crostolo	Puianello - conf. Po	Adda Sottolacuale	Lago di Olginate - confluenza in Po
Secchia	Castellarano - confluenza in Po	Adda Sopralacuale	Ponte del Diavolo - confluenza nel Lago di Como
Panaro	Marano sul Panaro - confluenza in Po	Mera	Chiavenna - confluenza nel Lago di Como
Tiepido	Gorzano - confluenza in Panaro	Brembo	Lenna - confluenza Adda
		Serio	Alzano Lombardo – conf. Adda
		Oglio	Rino – conf. Po
		Chiese	Ponte Pier - confluenza Oglio
		Mella	Ponte di Concesio – conf. Oglio

Sono state utilizzate le serie storiche delle portate al colmo riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte II, Sezione C). In Allegato 4 si forniscono i valori delle serie storiche delle portate massime al colmo utilizzate e la rappresentazione cartografica della localizzazione delle stazioni di misura.

Le portate al colmo sono state definite in sezioni significative dal punto di vista idrologico, scelte secondo i seguenti criteri:

- inizio del tratto di corso interessato dalla delimitazione della fascia fluviale,
- in corrispondenza di stazioni idrometriche di misura,
- in corrispondenza di variazioni sensibili del valore delle portate (ad es. a valle di confluenze),
- in corrispondenza di opere di regolazione (manufatti regolatori sugli emissari dei grandi laghi alpini; a valle di casce di laminazione).

Le stime sono state effettuate tramite l'analisi statistica delle serie storiche dei valori di portata al colmo nelle stazioni strumentate e, per le sezioni prive di misure, tramite l'impiego di metodi regionalizzazione statistica e di modelli deterministici di simulazione della traslazione dell'onda di piena lungo il corso d'acqua.

Nelle Tabelle 2÷31 vengono riportati i valori stimati delle portate sui corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nelle sezioni di riferimento prescelte, identificate, oltre che con la denominazione della località, con un numero di codice e con una progressiva chilometrica; in Allegato 5 le sezioni indicate sono rappresentate su cartografia in scala 1:250.000.

## 8 Profili di piena per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali

Per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) e del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) sono forniti i profili di piena relativi alla portata di riferimento utilizzata per la delimitazione delle Fasce A e B di ciascun corso d'acqua.

Tale portata corrisponde alla *portata di progetto del corso d'acqua*, definita come il valore per cui è dimensionato il sistema di opere strutturali di difesa. In assenza di tale sistema, corrisponde al valore massimo per il quale l'estensione delle aree inondate è compatibile con l'assetto insediativo e infrastrutturale del territorio.

I profili sono pertanto relativi a condizioni di deflusso della piena nel corso d'acqua che corrispondono all'assetto di progetto dello stesso, quale individuato dalla definizione planimetrica delle Fasce A e B ad esso relative e dal corrispondente modello geometrico e idraulico dell'alveo.

I profili sono riferiti a una descrizione geometrica e idraulica dell'intera asta fluviale, finalizzata a rappresentare le caratteristiche di insieme delle condizioni di deflusso. Scostamenti locali del profilo di piena rispetto a quello di seguito rappresentato, dipendenti da una descrizione più accurata della geometria dell'alveo in corrispondenza di singolarità e dalla configurazione definitiva dello stesso a seguito della realizzazione delle opere di difesa in progetto sono possibili, a condizione che non risultino modificate le caratteristiche generali del regime idraulico di piena.

Ogni variazione riscontrata del profilo di piena rispetto a quello di riferimento deve essere comunicata a cura dell'amministrazione competente all'Autorità di bacino, che provvede a validare i dati e ad aggiornare le tabelle di riferimento.

Nelle tabelle 32÷79 sono riportati i profili di piena per tutti i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, riferiti alle sezioni trasversali, rappresentate sulla cartografia in scala 1:25.000 o 1:10.000 e alla progressiva chilometrica.

In Allegato 5 è rappresentata alla scala 1:250.000 l'ubicazione cartografica delle principali sezioni.

Per l'asta del fiume Po nel tratto medio-basso, oltre al profilo per la portata di progetto, è riportato il profilo SIMPO '82, che ha rappresentato il profilo di riferimento impiegato dal Magistrato per il Po per la definizione degli interventi di adeguamento del sistema arginale.

## 9 Monitoraggio morfologico e idrologico dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali

In attuazione dell'art. 18 delle Norme di attuazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) e dell'art. 42 del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), l'Autorità di bacino attua, direttamente e in coordinamento con i soggetti istituzionali che operano nei settori interessati, un monitoraggio sistematico delle caratteristiche idrologiche, morfologiche e dello stato delle opere idrauliche sui corsi interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, per i quali la presente direttiva fornisce le stime delle portate di piena nelle sezioni significative e il profilo della piena di progetto (v. punti 7 e 8).

Il monitoraggio è finalizzato alle necessità connesse all'attuazione del PSFF e del PAI e all'aggiornamento degli stessi, come previsto all'art. 1 delle Norme di attuazione del PAI, e deve produrre gli elementi conoscitivi relativi ai corsi d'acqua interessati necessari alle seguenti funzioni:

- aggiornamento delle valutazioni sulle portate di piena di progetto assunte per la delimitazione delle fasce fluviali e per la definizione e la verifica dell'assetto di progetto delle opere idrauliche;
- controllo dell'evoluzione della morfologia fluviale;
- controllo degli effetti delle opere idrauliche di difesa previste nei Piani stralcio e del livello di efficacia complessivo del sistema difensivo presente.

In funzione delle esigenze conoscitive dipendenti dalle condizioni dei sistemi indagati, le grandezze oggetto di monitoraggio nei diversi settori sono le seguenti.

### A. Caratteristiche idrologiche

I dati idrologici da raccogliere sono finalizzati a mantenere aggiornate e integrare le serie storiche delle misure utilizzate per le stime delle portate di piena di progetto nelle sezioni idrologicamente significative dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali. Sono rappresentati dalle seguenti grandezze:

- serie delle precipitazioni brevi e intense (durate da 1 a 24 ore e da 1 a 5 giorni consecutivi) sui sottobacini idrografici di testata dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali;
- serie idrometriche e delle portate relative ai fenomeni di piena nelle sezioni di misura sui corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, con scansione spaziale adeguata a una buona rappresentazione della variazione della portata di piena lungo l'asta fluviale (anche in conseguenza della realizzazione delle opere idrauliche previste, come ad es. casse di laminazione);
- rilevazione di profili in sviluppo e di profili contemporanei di piene significative.

B. Caratteristiche morfologiche

I dati morfologici sono finalizzati alla valutazione del trend evolutivo dell'alveo (particolarmente per la parte incisa e di magra) e all'affinamento, attraverso l'impiego di modelli numerici di calcolo, del profilo di piena di progetto dei corsi d'acqua. Sono rappresentati dalle seguenti grandezze:

- sezioni trasversali d'alveo;
- rilievi altimetrici e plano-altimetrici della regione fluviale allagabile (Fascia B), con densità di punti adeguata;
- caratteristiche granulometriche dei depositi di fondo alveo;
- misure torbidometriche e di trasporto al fondo;
- delimitazione delle aree inondate in occasione degli eventi di piena.

C. Catasto delle opere idrauliche

I dati riguardano la consistenza e lo stato di funzionalità delle opere presenti e il programma di realizzazione di quelle pianificate, ai fini della valutazione del grado di conseguimento degli effetti attesi.

## Elenco Allegati

Allegato 1	Delimitazione dei sottobacini idrografici elementari
Allegato 2	Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica puntuali
Allegato 3	Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense
Allegato 4	Stazioni di misura dei dati di portata massima al colmo
Allegato 5	Portate e inviluppo del profilo idrico di piena di progetto per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali

## Elenco Tabelle

Tabella 1:	Curve di probabilità pluviometrica nelle stazioni di misura
Tabella 2:	Portate di piena per il Po nel tratto da Martiniana a Isola Sant'Antonio (confluenza Tanaro)
Tabella 3:	Portate di piena per il Po nel tratto da Isola Sant'Antonio (confluenza Tanaro) al Delta (incile Po di Goro)
Tabella 4:	Portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino dell'Oglio (Oglio, Mella e Chiese)
Tabella 5:	Portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino dell'Adda (Adda, Brembo, Mera, Serio)
Tabella 6:	Portate di piena per il fiume Lambro
Tabella 7:	Portate di piena per il fiume Olona
Tabella 8:	Portate di piena per il fiume Ticino
Tabella 9:	Portate di piena per il torrente Terdoppio
Tabella 10:	Portate di piena per il torrente Agogna
Tabella 11:	Portate di piena per il fiume Toce
Tabella 12:	Portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino del Sesia (Sesia, Cervo, Elvo)
Tabella 13:	Portate di piena per il fiume Dora Baltea
Tabella 14:	Portate di piena per il torrente Orco
Tabella 15:	Portate di piena per il torrente Stura di Lanzo
Tabella 16:	Portate di piena per il fiume Dora Riparia
Tabella 17:	Portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino del Pellice (Pellice, Chisone)
Tabella 18:	Portate di piena per il torrente Varaita
Tabella 19:	Portate di piena per il torrente Maira
Tabella 20:	Portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino del Tanaro (Tanaro, Belbo, Bormida, Orba, Stura di Demonte)
Tabella 21:	Portate di piena per il fiume Scrivia
Tabella 22:	Portate di piena per il fiume Trebbia
Tabella 23:	Portate di piena per il torrente Nure
Tabella 24:	Portate di piena per il torrente Chiavenna
Tabella 25:	Portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino dell'Arda (Arda, Ongina)
Tabella 26:	Portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino del Taro (Taro, Stirone)
Tabella 27:	Portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino del Parma (Parma, Baganza)

Tabella 28:	Portate di piena per il torrente Enza
Tabella 29:	Portate di piena per il torrente Crostolo
Tabella 30:	Portate di piena per il fiume Secchia
Tabella 31:	Portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino del Panaro (Panaro, Tiepido)
Tabella 32:	Profilo di piena per il Po nel tratto da Martiniana a Isola Sant'Antonio (confluenza Tanaro)
Tabella 33:	Profilo di piena per il Po nel tratto da Isola Sant'Antonio (confluenza Tanaro) al Delta (incile Po di Goro)
Tabella 34:	Profilo di piena per il fiume Oglio sopralacuale
Tabella 35:	Profilo di piena per il fiume Oglio sottolacuale
Tabella 36:	Profilo di piena per il fiume Mella
Tabella 37:	Profilo di piena per il fiume Chiese
Tabella 38:	Profilo di piena per il fiume Adda sopralacuale
Tabella 39:	Profilo di piena per il fiume Adda sottolacuale
Tabella 40:	Profilo di piena per il fiume Brembo
Tabella 41:	Profilo di piena per il fiume Serio
Tabella 42:	Profilo di piena per il fiume Mera
Tabella 43:	Profilo di piena per il fiume Lambro
Tabella 44:	Profilo di piena per il fiume Olona
Tabella 45:	Profilo di piena per il fiume Ticino
Tabella 46:	Profilo di piena per il torrente Terdoppio
Tabella 47:	Profilo di piena per il torrente Agogna
Tabella 48:	Profilo di piena per il fiume Toce
Tabella 49:	Profilo di piena per il torrente Cervo
Tabella 50:	Profilo di piena per il torrente Elvo
Tabella 51:	Profilo di piena per il fiume Sesia
Tabella 52:	Profilo di piena per il fiume Dora Baltea
Tabella 53:	Profilo di piena per il torrente Orco
Tabella 54:	Profilo di piena per il torrente Stura di Lanzo
Tabella 55:	Profilo di piena per il fiume Dora Riparia
Tabella 56:	Profilo di piena per il torrente Chisone
Tabella 57:	Profilo di piena per il torrente Pellice
Tabella 58:	Profilo di piena per il torrente Varaita
Tabella 59:	Profilo di piena per il torrente Maira
Tabella 60:	Profilo di piena per il torrente Belbo
Tabella 61:	Profilo di piena per il fiume Bormida
Tabella 62:	Profilo di piena per il torrente Orba
Tabella 63:	Profilo di piena per il torrente Stura di Demonte
Tabella 64:	Profilo di piena per il fiume Tanaro
Tabella 65:	Profilo di piena per il fiume Scrivia
Tabella 66:	Profilo di piena per il fiume Trebbia
Tabella 67:	Profilo di piena per il torrente Nure
Tabella 68:	Profilo di piena per il torrente Chiavenna
Tabella 69:	Profilo di piena per il torrente Arda
Tabella 70:	Profilo di piena per il torrente Ongina
Tabella 71:	Profilo di piena per il torrente Stirone
Tabella 72:	Profilo di piena per il fiume Taro
Tabella 73:	Profilo di piena per il torrente Baganza
Tabella 74:	Profilo di piena per il torrente Parma
Tabella 75:	Profilo di piena per il torrente Enza
Tabella 76:	Profilo di piena per il torrente Crostolo
Tabella 77:	Profilo di piena per il fiume Secchia

Tabella 78: Profilo di piena per il fiume Panaro  
Tabella 79: Profilo di piena per il torrente Tiepido