

INTERVENTO DI SISTEMAZIONE IDRAULICA NEI  
COMUNI DI PESCARA, SPOLTORE, CEPAGATTI E  
SAN GIOVANNI TEATINO (2° LOTTO) [Cod. A40]  
(pos.7/E1/11)

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori, previa acquisizione del

**PROGETTO DEFINITIVO**

in sede di gara sulla base del progetto preliminare

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Emanuele Ucci

CUP: C54H07000030002

CIG: 6325527602

CPV: 45246200-5

Impresa :  
S.A.CE.B S.r.l.  
Zona Industriale  
66010 San Martino Sulla Marrucina (CH)



Progettista:  
INTEGRA S.r.l.  
Via di Sant'Erasmo 16  
00184 ROMA  
www.integer.it



Responsabile di progetto:  
Prof. Ing. Marco Petrangeli

Gruppo di lavoro:  
Ing. Luca Gasperoni  
Ing. Andrea Tagliaferri  
Ing. Paolo Tortolini  
Ing. Massimo Di Muzio

Codice Elaborato: RIG375SP-ID01

Titolo Elaborato: Relazione idrologica e idraulica

Data: 12 Gennaio 2016

Formato	Scala	Redatto	Verificato	Approvato
A4	-	P.T.	M.P.	M.P.



## INDICE

1	PREMESSA .....	1
2	NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO .....	1
3	GLI INTERVENTI DA REALIZZARE.....	2
3.1	Ubicazione .....	2
3.2	Caratteristiche generali .....	5
3.3	Intervento 1 .....	6
3.4	Intervento 2 .....	7
3.5	Intervento 3 .....	8
3.6	Intervento 4 .....	9
4	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E TERRITORIALE .....	10
5	REGIME IDROLOGICO E IDROGRAMMI DI PIENA .....	15
5.1	Metodologia .....	15
5.2	Sezioni idrauliche.....	19
5.3	Portate e idrogrammi di piena .....	19
6	STUDIO IDRAULICO DEGLI INTERVENTI DI PROTEZIONE ARGINALE.....	22
6.1	Metodologia di verifica delle sezioni idrauliche .....	22
6.2	Verifica delle sezioni idrauliche .....	23





## **1      PREMESSA**

La presente relazione fa parte degli elaborati del Progetto Definitivo Progetto Definitivo degli interventi di sistemazione idraulica lungo il fiume Pescara – Il Lotto – Comuni di Pescara, Spoltore, Cepagatti, San Giovanni Teatino. Il progetto prevede la sistemazione di 4 tratti distinti del fiume Pescara.

Lo studio del regime idrologico del fiume Pescara è stato condotto, mediante un approccio statistico, dall'Autorità dei bacini regionali dell'Abruzzo e del bacino interregionale del fiume Sangro istituito presso la Regione Abruzzo (Regione, Abruzzo, 2003) nell'ambito della redazione del Piano Stralcio Difesa Alluvioni (PSDA) e ha fornito dei risultati relativi alla regionalizzazione delle piogge e delle portate.

In particolare, sono state calcolate le portate di picco e gli idrogrammi di piena nelle sezioni di interesse in corrispondenza dei tempi di ritorno  $T_r = 20, 50, 100, 200$  e  $500$  anni. La metodologia utilizzata è quella della grandezza indice, così come formulato nell'ambito del Progetto VAPI, promosso dal C.N.R. – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.).

Le portate determinate sono state utilizzate successivamente per la verifica idraulica delle sezioni di progetto dopo gli interventi su sistemazione fluviale.

## **2      NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO**

- C.N.R. - Gruppo Nazionale per la difesa dalle catastrofi idrogeologiche - Progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia – Rapporto di sintesi (capp. 8 e 9) - 2001
- U.S. Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service – Urban hydrology for small watersheds - 1986
- D.Tonini – Elementi di idrografia ed idrologia – Vol. 2 – Ed. Cortina - 1983
- G.Supino - Le reti idrauliche - Ed. Patron - Bologna - 1965
- A.Lencastre – Manuel d'hydraulique générale - Eyrolles – 1986
- Regione Molise, Aggiornamento e integrazione del piano di utilizzazione delle risorse idriche per lo sviluppo della regione, Aquater-C. Lotti & Associati, Luglio 1991.
- Autorità di Bacino dei fiumi Aterno e Pescara - Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico.
- Valutazione delle piene nei bacini delle sezioni idrografiche di Roma e Pescara (G. Calende, F.Campolo, C.Cosentino, R. Guercio) – 1994.

### 3 GLI INTERVENTI DA REALIZZARE

#### 3.1 Ubicazione

Il presente progetto definitivo della protezione spondale e sistemazione idraulica di 4 tratti distinti del fiume Pescara che interessano i comuni di Pescara , Spoltore, Cepagatti e S. Giovanni Teatino.

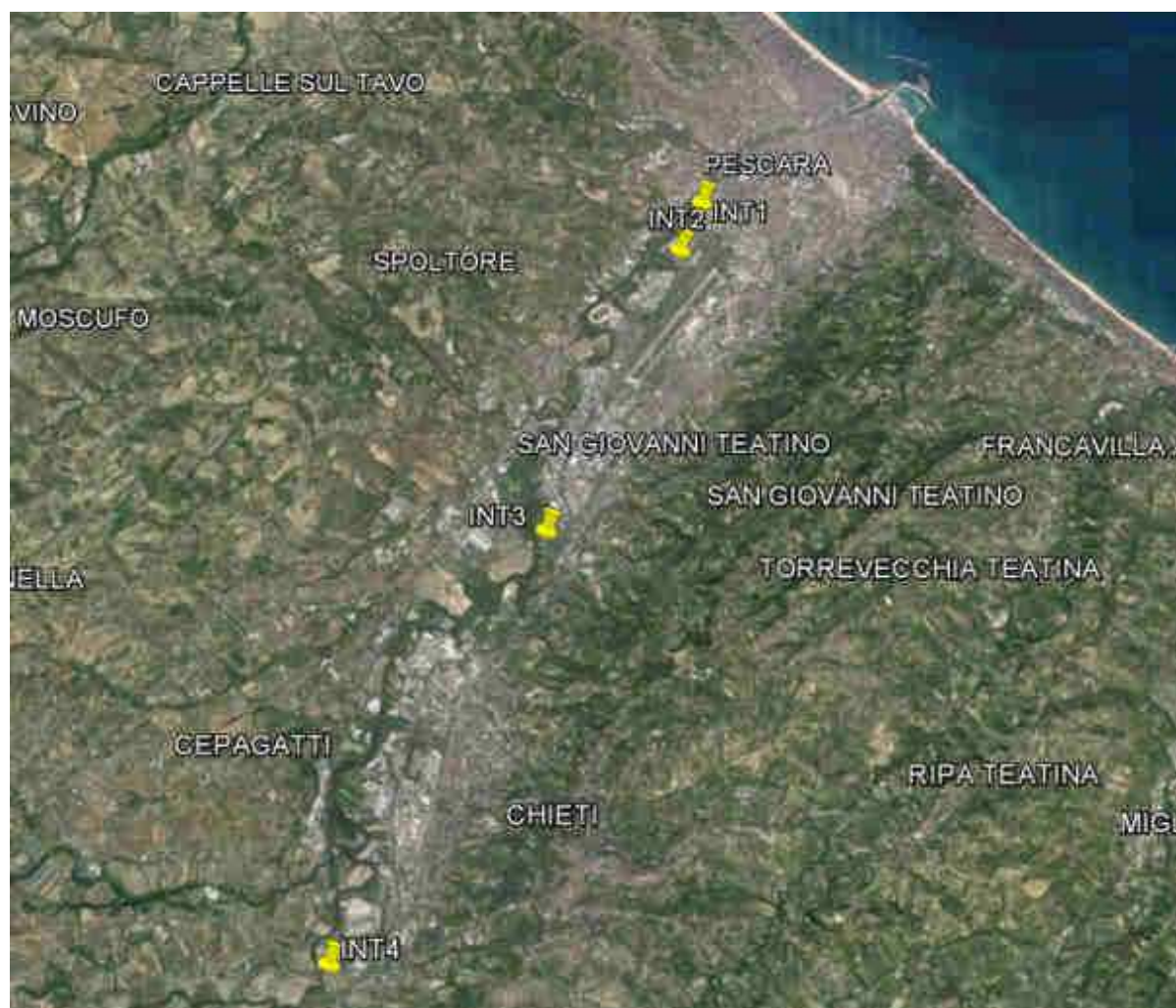
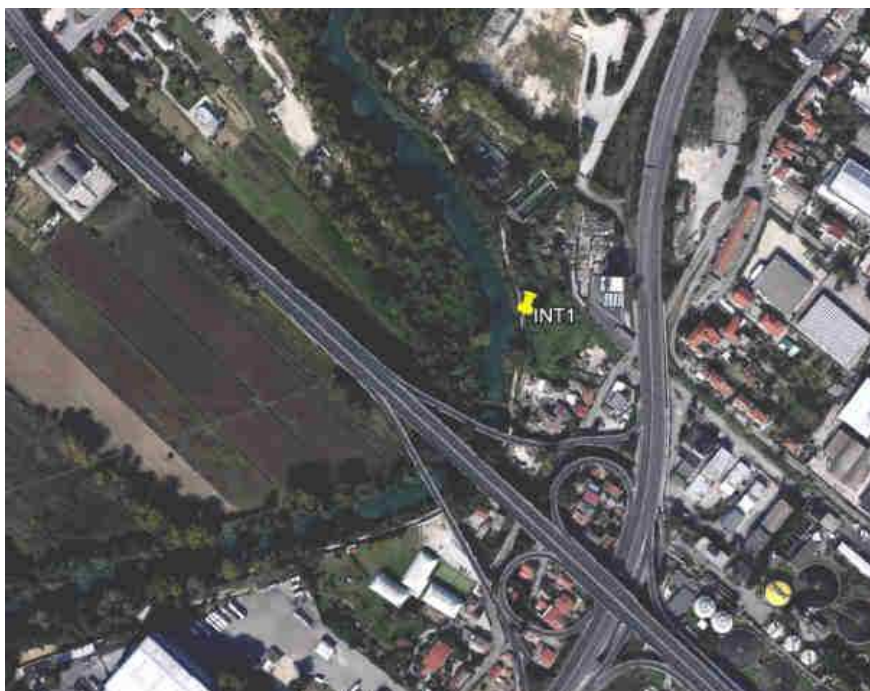


Figura 1: Ubicazione degli interventi.



**Figura 2: Intervento n. 1.**



**Figura 3: Intervento n. 2.**





**Figura 4: Intervento n. 3.**



**Figura 5: Intervento n. 4.**

### **3.2 Caratteristiche generali**

I lavori progettati sono compatibili con le principali tecniche di ingegneria naturalistica e sono coerenti con le linee guida suggerite dal documento intitolato "Atto di indirizzi, criteri e metodi per la realizzazione di interventi sui corsi d'acqua della Regione Abruzzo", approvato con D.G.R. n. 494 del 30/03/2001, e dal C.I.R.F. (Centro Italiano per la riqualificazione idraulica).

Infatti tali opere determineranno effetti trascurabili sull'ecosistema fluviale, verrà garantito il rispetto ambientale favorendo la conservazione degli habitat e delle biodiversità presenti.

Le linee d'indirizzo progettuali che hanno ispirato la proposizione delle opere (nonché le loro modalità esecutive) per la sistemazione arginale ed il ripristino dell'officiosità idraulica nei tratti interessati prevedono di:

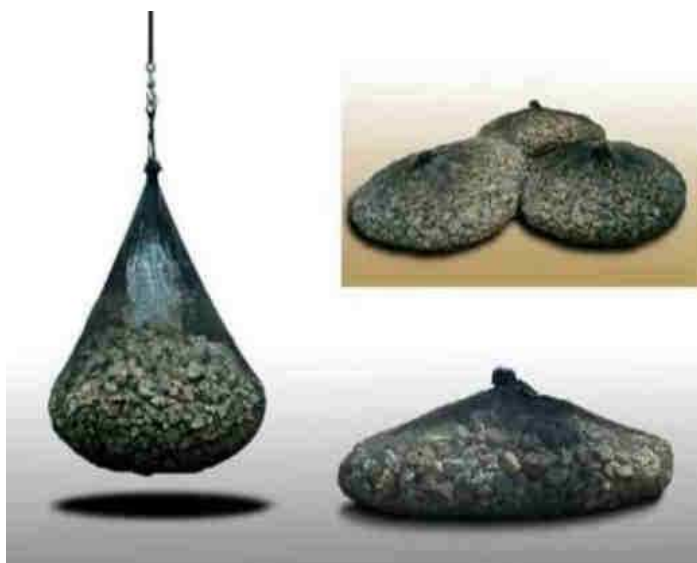
- evitare qualsiasi forma di canalizzazione e geometrizzazione dell'alveo, particolarmente quello di magra, con misure artificiali;
- assicurare il mantenimento e, ove possibile, il ripristino delle naturali aree di espansione del fiume e golenali ed evitando in maniera assoluta la riduzione delle aree inondabili e dei volumi di invaso in caso di piena;
- eseguire gli interventi in alveo in periodi che arrecano il minimo danno alla fauna presente, evitando in modo assoluto i periodi di riproduzione delle specie esistenti nel tratto di corso d'acqua interessato;
- ripristinare le situazioni idrauliche ed ambientali storiche, in particolare quelle vegetazionali.

### 3.3 *Intervento 1*

L'area d'intervento n. 1 si trova nella periferia industriale della città di Pescara, in corrispondenza dell'attraversamento del fiume da parte della variante della SS16 "Adriatica", in realtà l'area direttamente sottostante la sopraelevata non è ricompresa tra i lavori del presente progetto, essendo oggetto di un appalto già affidato all'impresa concorrente dal comune di Pescara ed attualmente in fase di realizzazione. Pertanto, i lavori attuali rappresentano una prosecuzione di questi ultimi sia a valle che a monte.

Gli interventi progettati prevedono:

- Sponda destra: Realizzazione di una protezione arginale mediante gabbioni in rete a doppia torsione a contenente pietrame di pezzatura grossolana (15-25cm), poggiati su basamento realizzato con elementi di contenimento di pietrame deformabili (sacconi realizzati con reti indemagliabili, Filter Unit). Rinverdimento della gabbionata mediante inserimento essenze arbustive e erbacee autoctone nelle apposite tasche vegetative preassemblate (gabbione verde). Messa a dimora di talee arboree per la rivegetazione dei terreni di riporto alle spalle della gabbionata e loro inerbimento mediante idrosemina.



- Sponda destra e sinistra : Manutenzione forestale dell'argine tramite taglio selettivo della vegetazione ripariale, favorendo l'eliminazione degli esemplari arborei instabili, deperienti o secchi. Rimozione di carcasse arboree, pulizia da eventuali rifiuti ingombranti di origine antropica volta al ripristino dell'efficienza idraulica.

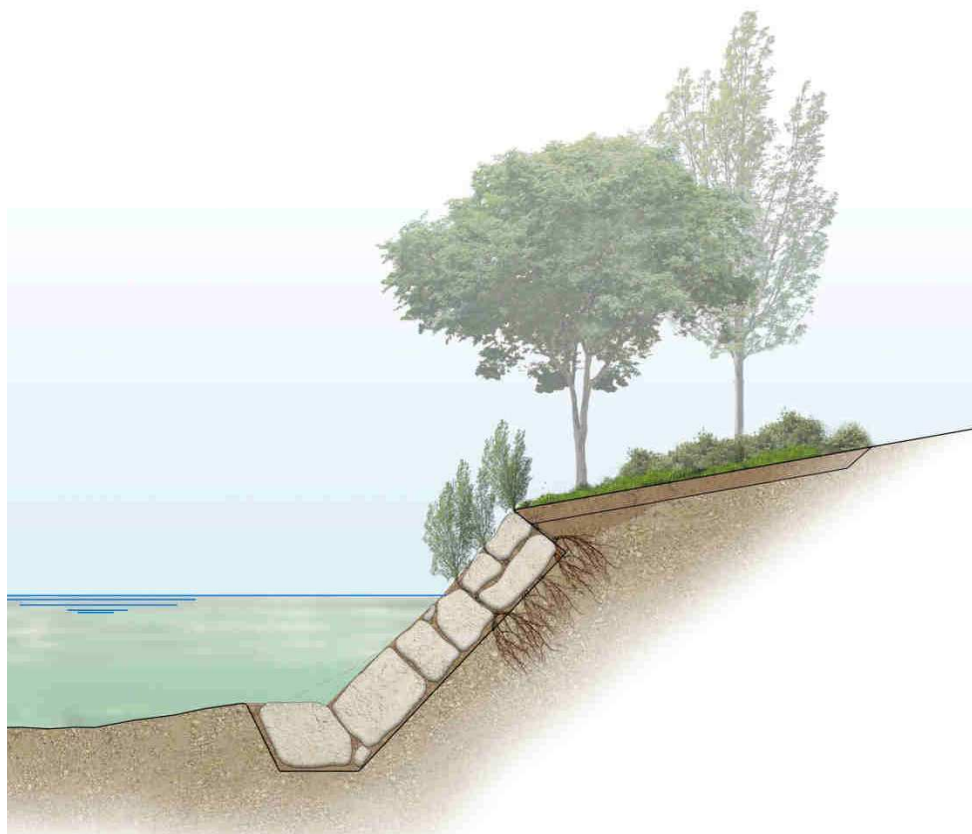


L'intervento di protezione con gabbioni interessa una lunghezza arginale totale di 280 m esclusivamente sull'argine destro; mentre la manutenzione forestale si sviluppa complessivamente tra i due argini su circa 1000 metri lineari per una superficie di circa 500 mq.

### **3.4** ***Intervento 2***

L'area d'intervento si trova a poche centinaia di metri dalla precedente, in questo tratto il fiume Pescara forma una importante ansa per ripiegare praticamente di 90° gradi il suo percorso. L'intervento si applica sulla sponda destra del fiume, quella su cui batte la corrente. La sponda presenta una morfologia abbastanza dolce e la parte retrostante l'argine presenta un'ampia zona ricca di vegetazione. Non sono evidenti fenomeni erosivi, tuttavia data la geometria dell'asta fluviale in questo tratto si ravvede la necessità di intervenire con un'opera di protezione spondale mediante scogliera in massi ciclopici. L'intervento si estende per circa 140 m, coprendo completamente la zona di attacco della corrente nell'ansa del fiume.

Completano l'intervento la manutenzione forestale della vegetazione ripariale in sponda destra applicata su una superficie di circa 400mq, la pulizia arginale e le opere di ingegneria naturalistica quali il rinverdimento della scogliera mediante piantumazione di talee di salice e la messa a dimora di essenze arboree autoctone.





### 3.5 *Intervento 3*

L'area in oggetto si trova nei comuni di San Giovanni Teatino e Cepagatti a circa 10 km dalla foce del fiume Pescara. L'intervento in progetto rappresenta la prosecuzione della difesa spondale realizzata qualche anno addietro in occasione della realizzazione della nuova viabilità di collegamento tra Calcasacco e la zona industriale Val Pescara. L'opera di protezione già realizzata è costituita da una scogliera tirantata (vincolata), interessa la sponda destra del fiume nel tratto compreso tra il nuovo viadotto e il viadotto dell'A14 adriatica. Nello studio della soluzione da adottare ci si è pertanto orientati verso la riproposizione della medesima scelta tecnica.



Il progetto prevede, dunque, la realizzazione di questo tipo di protezione spondale per un'estensione complessiva di 290 m. Si propone di sviluppare preferenzialmente la scogliera sulla sponda destra (270m), la quale presenta delle situazioni maggiormente problematiche. Infatti in questo lato l'assenza di vegetazione arginale e l'immediata vicinanza di terreni agricoli determinano un rischio idrogeologico più elevato, evidenziati da smottamenti appurati in sede di sopralluogo e soprattutto da un continuo arretramento arginale registrato nel corso degli ultimi anni.

In sponda sinistra tali fenomeni erosivi, pur presenti, sono controllati dall'abbondante vegetazione presente; mentre una situazione di criticità locale su questa sponda si individua in corrispondenza dell'opera di scavalco stradale, la cui pila, trovandosi molto prossima all'argine, risulta soggetta ad un forte scalzamento della fondazione. Si prevede pertanto di intervenire localmente a salvaguardia di questa struttura disponendo la scogliera di protezione per un'estensione di 30m.

A completamento delle opere di protezione spondale verranno realizzati degli interventi di mitigazione ambientale comprendenti il rinverdimento della scogliera con talee e la piantumazione di essenze arboree autoctone alle spalle della scogliera dove non presenti (in particolare lungo la sponda destra).



Verranno infine eseguiti lavori manutenzione forestale sulla vegetazione ripariale consistenti nell'eliminazione degli esemplari arborei instabili, deperienti o secchi con pulizia delle sponde per una maggiore estensione rispetto a quella direttamente interessata dalla scogliera (superficie complessiva di circa 150mq).

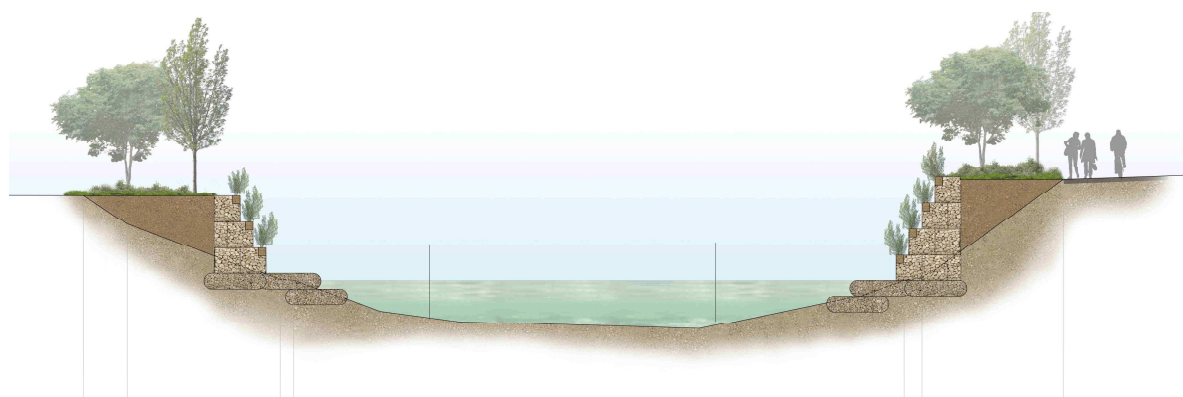
### **3.6 Intervento 4**

L'area interessata dagli interventi si trova nel comune di Cepagatti a circa 18 km dalla foce del fiume Pescara. Il tratto in questione è compreso in un'area agricola tra l'attraversamento stradale proveniente dallo svincolo dell'A24 Chieti-Pescara ed un vecchio attraversamento metallico in disuso e non più praticabile di tipo Bailey.

Nel tratto in esame si osservano degli importanti fenomeni erosivi sia in sponda destra che sinistra, i quali interessano anche le sottostrutture dell'opera di scavalco proveniente dallo svincolo autostradale.

Il progetto presentato prevede la rimodulazione dell'alveo interessato dagli smottamenti mediante gabbioni verdi poggiati su un piano di fondazione costituito da pietrame racchiuso in sacconi di rete indemagliabile (tecnica già adottata per l'intervento 1). L'opera di protezione si estende per 100 m lineari in entrambe le sponde e si protrae fin sotto l'opera di scavalco stradale, andando così a proteggere le sottostrutture della stessa.

Completano gli interventi in tale zona la pulizia spondale attraverso la manutenzione forestale della vegetazione ripariale e le opere di mitigazione ambientale consistenti nel rinverdimento della gabbionata e delle aree arginali interessate dall'intervento di protezione grazie alla piantumazione di essenze arboree autoctone che a causa degli smottamenti occorsi oggi non sono più presenti nel tratto in esame.

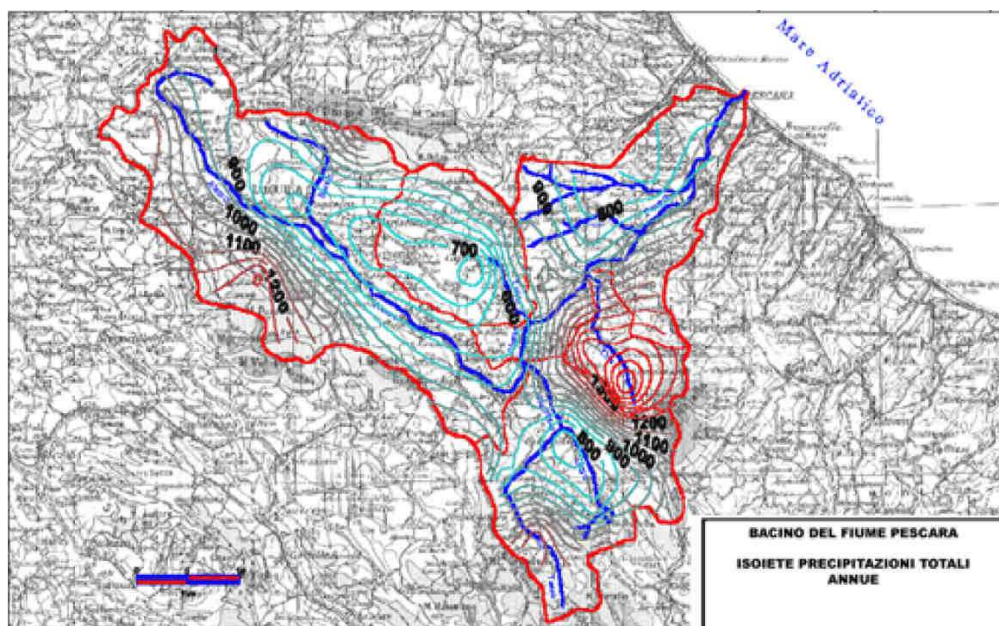


#### 4 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E TERRITORIALE

Il bacino idrografico afferente al fiume Aterno-Pescara si estende nei territori delle province dell'Aquila (75%), di Pescara (23.5%) e, per un'estensione esigua anche in quella di Chieti (1.5%), interessando complessivamente un territorio di circa 3200 km<sup>2</sup> (fig.1).

Il fiume Aterno ha origine dalle sorgenti dei Monti della Laga, in provincia di L'Aquila, e attraversa le valli Amiternina e Subequana e le gole di San Venanzio, ricevendo a valle di queste l'apporto delle acque del fiume Sagittario, che si immette in destra idraulica. Poco a valle, dopo la confluenza il fiume Aterno si unisce al fiume Pescara presso il comune di Popoli e prosegue verso il Mar Adriatico con la denominazione di Aterno-Pescara o semplicemente Pescara. Le sorgenti del Pescara sono invece ubicate a monte di Popoli pochi chilometri prima della confluenza con l'Aterno.

A valle della confluenza il fiume viene alimentato da una serie di sorgenti perenni ed in parte dallo scioglimento dei nevai in quota, tuttavia riceve anche contributi di origine sorgentifera, come il fiume Tirino, affluente di sinistra a valle della città di Popoli. Altri affluenti principali da menzionare sono il fiume Orta, il fiume Cigno e il torrente Nora.



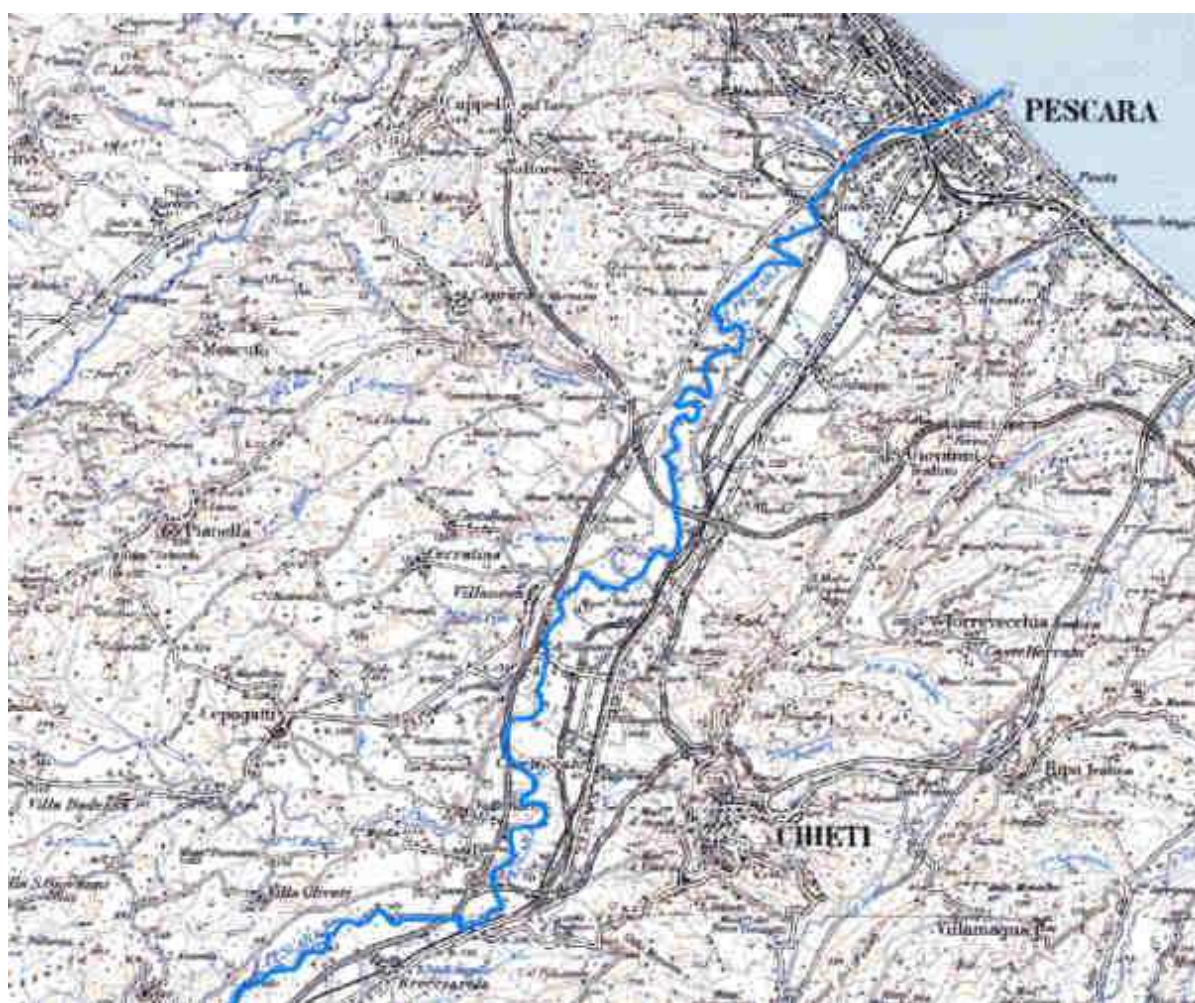
**Figura 6 : bacino idrografico Aterno-Pescara.**

Tuttavia le portate di massima piena del Pescara alla foce dipendono essenzialmente dalle precipitazioni che avvengono a valle della gola di Popoli, e in particolare dalla zona di Caramanico e S. Eufemia.

Infatti, a causa della particolare conformazione del bacino imbrifero, costituito da dorsali montuose molto alte che costituiscono gli spartiacque, gran parte di esso risulta protetto dalle perturbazioni provenienti da ovest e

da est. Il regime pluviometrico è quindi molto disuniforme, con valori minimi sui sottobacini dell'Aterno e del Sagittario, come evidenziato nella fig. 1.

La foce del fiume Pescara si trova presso l'omonima città di Pescara e avviene nel Mar Adriatico. Il corso d'acqua presenta una lunghezza complessiva di circa 145 km. Nell'ultimo tratto prima della foce, il corso d'acqua è completamente confinato dal nucleo abitato della città di Pescara: il territorio presenta un'urbanizzazione molto spinta e un'elevata presenza di reti infrastrutturali, Fig.2.



**Figura 7 : inquadramento territoriale dell'ultimo tratto del fiume Pescara.**

In condizioni di piena, invece, si osservano comportamenti molto differenti tra il bacino con sezione di chiusura a monte di Popoli e il bacino a valle: la risposta del bacino di monte è ritardata, a differenza di quella del bacino



di valle, particolarmente rapida a causa dell'instaurarsi di un regime torrentizio dovuto alla litologia dei bacini che occupano il versante Adriatico.

Durante eventi di piena di una certa intensità, si verifica un aumento sostanziale sia delle portate sia dei conseguenti volumi di piena dalla sezione iniziale del fiume Pescara, presso Popoli, fino alla sezione di immissione dell'ultimo grande affluente dell'Aterno-Pescara, il torrente Nora. La presenza degli sbarramenti elettrici sopraccitati ha un'influenza limitata sul comportamento dell'onda di piena: la gestione degli sbarramenti prevede la massima apertura degli organi di intercettazione a presidio delle luci di scarico in caso di piena.

Il fiume lungo la Valpescara presenta un andamento meandri forme descrivendo ampie anse all'interno delle quali si realizzano aree golenali naturali. La caratteristica principale delle golene è quella di presentarsi asciutte in condizioni ordinarie e allagate in condizioni di piena, con frequenza più o meno elevata. Tali spazi sono stati interessati dallo sviluppo di insediamenti urbani, specialmente di carattere industriale e commerciale, talvolta in contrasto con le esigenze ambientali legate al rispetto della naturale dinamica evolutiva del fiume.

Lo sviluppo urbano in tali aree ha generato una drastica diminuzione degli spazi dedicati alla libera espansione delle acque di piena; di conseguenza il fiume, durante gli eventi di piena, interessa con i suoi allagamenti spazi che prima erano funzionali per la sua libera espansione, riducendo la pericolosità del fenomeno, e che ora sono presentano insediamenti civili e industriali, producendo un ad un sensibile aumento delle criticità legate alla sicurezza idraulica.

Tali situazioni di criticità sono presentate nel Piano Stralcio Difesa Alluvioni (Regione Abruzzo, 2008). Si sottolinea che la risoluzione di criticità presenti a monte, mediante interventi che permettono di ridurre la frequenza e l'entità delle esondazioni, producono, d'altro canto, un aumento dei rischi per i territori posti a valle delle aree di intervento come conseguenza dell'aumento di portata derivante dagli interventi stessi di messa in sicurezza

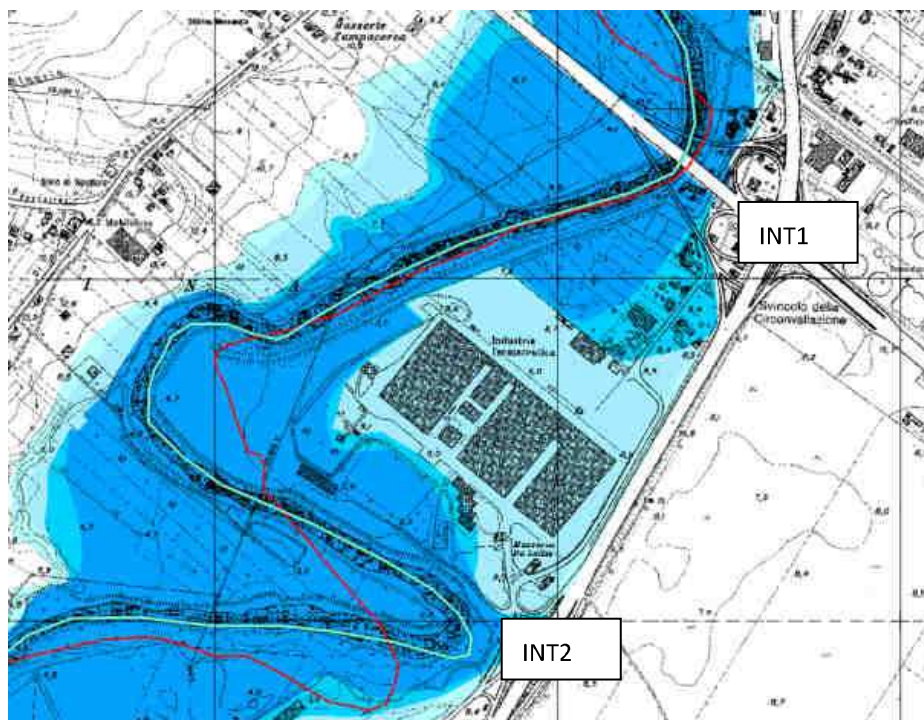


Figura 8: stralcio carta del di pericolosità idraulica(PSDA)dell' area degli interventi 1 e 2

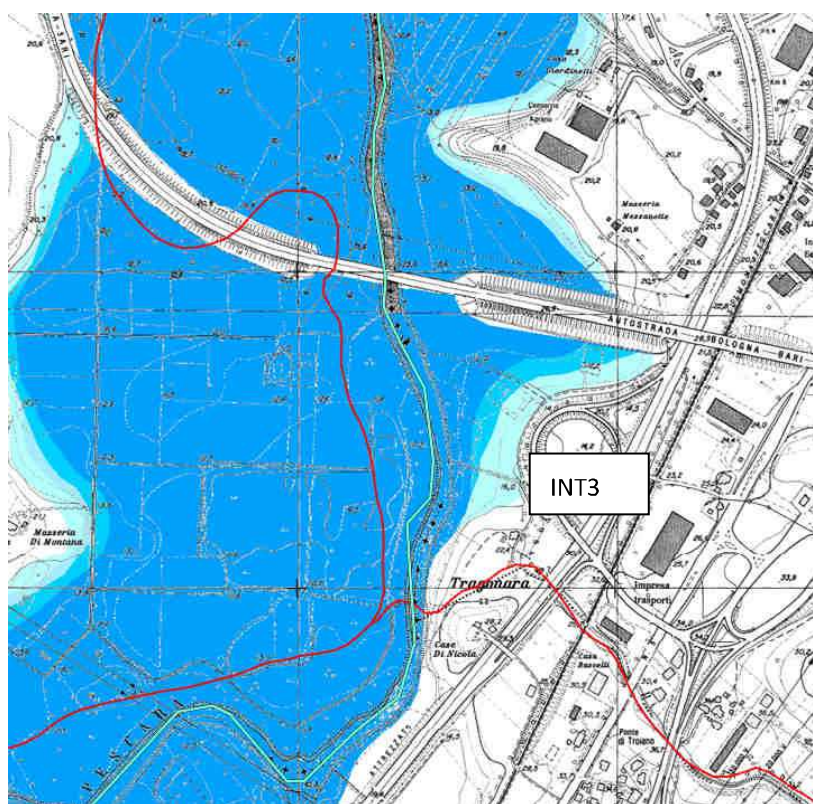


Figura 9: stralcio carta del di pericolosità idraulica(PSDA)dell' area d'intervento 3.

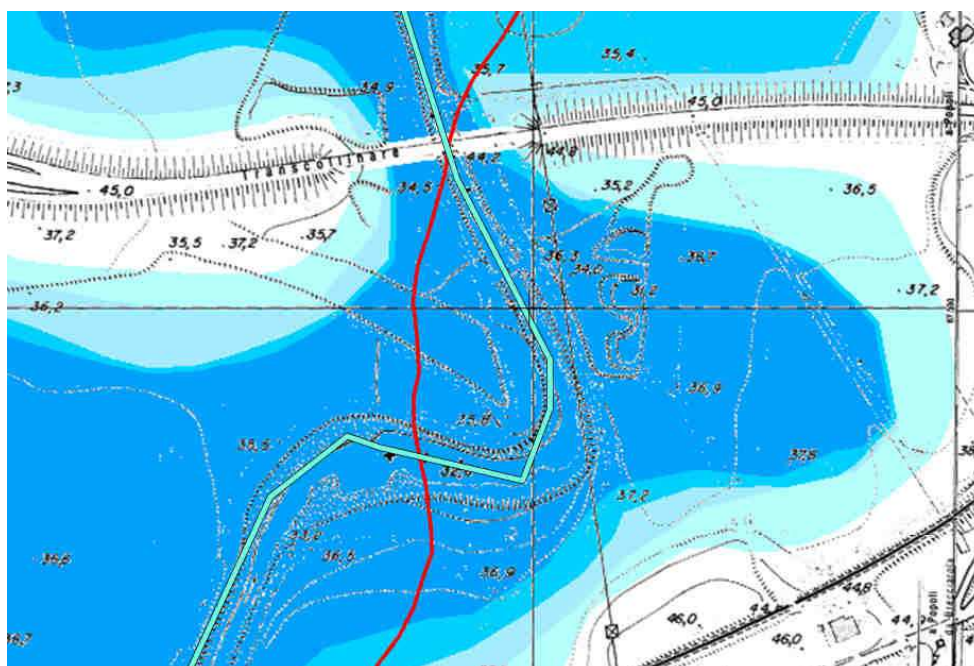


Figura 10: stralcio carta del di pericolosità idraulica(PSDA)dell' area d'intervento 4.

## 5 REGIME IDROLOGICO E IDROGRAMMI DI PIENA

### 5.1 Metodologia

Lo studio del regime idrologico del fiume Pescara è stato condotto, mediante un approccio statistico, dall'Autorità dei bacini regionali dell'Abruzzo e del bacino interregionale del fiume Sangro istituito presso la Regione Abruzzo (Regione, Abruzzo, 2003) nell'ambito della redazione del Piano Stralcio Difesa Alluvioni (PSDA) e ha fornito dei risultati relativi alla regionalizzazione delle piogge e delle portate.

In particolare, sono state calcolate le portate di picco e gli idrogrammi di piena nelle sezioni di interesse in corrispondenza dei tempi di ritorno  $T_r = 20, 50, 100, 200$  anni. La metodologia utilizzata è quella della grandezza indice, così come formulato nell'ambito del Progetto VAPI, promosso dal C.N.R. – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.).

L'obiettivo del Progetto VAPI è quello di consentire la stima del valore di una prefissata grandezza idrologica (precipitazione massima annua  $h_d$ ,  $T$  di durata  $d=1÷24$  ore o portata massima annua al colmo ( $Q_T$ ) per un assegnato tempo di ritorno  $T$ , in punti del territorio o in sezioni idrografiche, ove si possono verificare due diverse situazioni:

- nei siti di interesse è disponibile una serie storica sperimentale sufficientemente lunga da permettere la valutazione di alcuni parametri statistici, ma insufficiente a permettere una stima affidabile della grandezza idrologica corrispondente a tempi di ritorno elevati quali quelli considerati in questo studio;
- nei siti di interesse non è disponibile un'informazione sperimentale sufficiente per qualunque elaborazione statistica affidabile o l'informazione sperimentale è totalmente assente.

Come ampiamente riportato nella letteratura scientifica a partire da Wallis (1982), il modo migliore per conseguire una stima accurata delle grandezze idrologiche di interesse in entrambe le situazioni precedenti è rappresentata dalla "regionalizzazione" dell'informazione idrologica disponibile su un territorio più ampio, così da integrare la limitata o assente informazione temporale con la più ampia informazione spaziale.

Tra le possibili tecniche di analisi regionale, il Progetto VAPI suggerisce di fare riferimento al metodo della grandezza indice. L'idea di base di questa metodologia consiste nell'individuare una regione idrologicamente omogenea nei riguardi della variabile idrologica di interesse, cioè una regione costituita da un insieme di siti caratterizzati da una distribuzione di probabilità degli eventi idrologici intensi che si può ritenere unica a meno di un fattore di scala ed elaborare quindi unitamente l'insieme dei dati sperimentali rilevati.

Se si indica con  $X$  la variabile rappresentativa dei massimi annui della grandezza idrologica considerata, avente probabilità di non superamento  $F(x)$ , ovvero assegnato tempo di ritorno  $T = 1 / [1-F(x)]$ , l'analisi regionale consiste nel definire, in riferimento alla regione omogenea, la funzione di probabilità di non superamento  $F(x')$



della variabile casuale  $X' = X / \mu$ , ottenuta adimensionalizzando la variabile originaria  $X$  rispetto ad una grandezza indice  $\mu$ . La funzione  $F(x')$ , la sua inversa  $x'(F)$  e l'equivalente legge  $x'(T)$  vengono generalmente indicate, nel campo idrologico, con il termine di curva di crescita.

Definita pertanto la curva di crescita  $x'(T)$  ed una relazione che permetta il calcolo della grandezza indice  $\mu$ , la stima della variabile di assegnato tempo di ritorno risulta esprimibile mediante il semplice prodotto:

$$x_T = x'(T) \cdot \mu$$

Il concetto di regionalizzazione consente, in definitiva, di estendere la validità dell'equazione appena scritta, valutata sull'insieme delle stazioni di misura considerate, a tutti i siti di interesse che appartengono all'area omogenea esaminata. Posto che la regione considerata sia effettivamente omogenea nel senso prima detto, il metodo dell'analisi regionale della portata indice consente stime agevoli ed affidabili grazie alla maggiore informazione sugli eventi estremi utilizzata (Maidment, 1993). E' stato peraltro dimostrato che l'analisi regionale permette di ottenere stime più robuste e corrette rispetto ai risultati offerti da un'analisi di tipo puntuale, sia in presenza di parziale eterogeneità della regione sia in presenza di correlazione spaziale tra le stazioni, la quale, di fatto, riduce l'effettiva numerosità campionaria disponibile. Per queste ragioni l'analisi regionale viene considerata il mezzo più idoneo per ottenere valutazioni attendibili di  $x_T$  in corrispondenza di tempi di ritorno elevati, sia per sezioni non provviste di dati sperimentali sia per siti di misura con ridotta numerosità campionaria. La ricerca scientifica mostra infatti chiaramente che è sconsigliabile estendere l'estrapolazione statistica a livello puntuale oltre 2-3 volte la dimensione campionaria.

In sintesi, nell'analisi regionale basata sul metodo della grandezza indice si possono distinguere due fasi fondamentali:

- l'individuazione, all'interno della regione di studio, di zone idrologicamente omogenee nei confronti della variabile di interesse, ognuna delle quali è caratterizzata da una propria curva di crescita i cui parametri sono opportunamente stimati;
- la definizione di relazioni che permettono di valutare la grandezza indice, solitamente espressa come funzione delle grandezze geomorfoclimatiche.

L'individuazione di zone idrologicamente omogenee può essere condotta mediante criteri puramente geografici, o facendo ricorso a criteri di raggruppamento fondati sull'affinità delle caratteristiche idro-geomorfoclimatiche che intervengono nei processi idrologici, o infine utilizzando la similarità dei parametri statistici che caratterizzano le serie sperimentali.



Rimandando alla letteratura citata per un esame approfondito dei vantaggi-svantaggi offerti dai diversi approcci è comunque importante sottolineare che, qualunque sia il criterio di accorpamento utilizzato, è necessario verificarne la correttezza, valutando mediante opportuni test di omogeneità la capacità del modello di riprodurre le distribuzioni di frequenza delle variabili statistiche di controllo.

Per quanto attiene la scelta del modello probabilistico da utilizzare per la definizione della curva di crescita, il Progetto VAPI suggerisce di far ricorso alla legge di distribuzione di probabilità a due componenti TCEV che ingloba in un'unica formulazione due "meccanismi probabilistici" di formazione degli eventi estremi. L'idea base del modello TCEV risiede nell'osservazione che nei campioni dei massimi annuali di una generica variabile idrologica si incontrano alcuni valori significativamente maggiori degli altri e chiamati con termine inglese outliers. Questa circostanza viene rappresentata interpretando i valori della serie come provenienti da due distinte popolazioni, la prima rappresentativa degli eventi medio-alti e la seconda degli eventi estremi o rari. La "doppia componente" del modello riproduce pertanto due meccanismi di formazione degli eventi estremi distinti e, nello stesso tempo, contigui.

Indicando con  $m_x$  il valore atteso della variabile casuale  $X$ ,  $m_x = E[X]$ , e introducendo la variabile ridotta adimensionale  $X' = X / m_x$ , è possibile scrivere la legge di distribuzione TCEV come:

$$F(x') = \exp \left[ -\lambda_1 \cdot \exp(-x' \cdot \eta) - \Lambda^* \cdot \lambda_1^{1/\Theta^*} \exp(-x' \cdot \eta / \Theta^*) \right]$$

Dove si è posto:

$$\eta = [(\ln \lambda_1 + 0.577) - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \cdot \lambda_1^{*,j}}{j!} \Gamma(j / \Theta^*)]$$

con

$\Lambda^*$ ,  $\Theta^*$ ,  $\lambda_1$  parametri della distribuzione TCEV, stimati su base regionale mediante la procedura di tipo gerarchico.

Per quanto attiene invece la grandezza indice  $\mu$  questa viene generalmente rappresentata dalla media dei valori massimi annuali, ipotesi utilizzata anche nel presente studio, o da altri indicatori (moda, mediana, grandezza di assegnato T) che caratterizzano la distribuzione dei dati sperimentali. In fase applicativa la stima di  $\mu$  viene quindi fatta coincidere con la media campionaria  $m_x$ . Per poter estendere il campo di applicazione dei risultati dell'analisi regionale anche a siti non strumentati la grandezza indice è quindi legata a parametri

geomorfoclimatici rappresentativi del bacino idrografico creando così una relazione valida sull'intera regione in esame.

Nel caso in cui l'interesse sia relativo alle portate di piena, la piena indice è solitamente correlata alle caratteristiche fisico-pedologiche dei bacini idrografici sottesi dalle varie stazioni, quali ad esempio la superficie totale, la superficie impermeabile, l'altitudine media e/o l'acclività, la piovosità, etc., mediante modelli statistici di regressione multipla lineare e/o non lineare. Ciò permette di stabilire relazioni di carattere statistico fra  $\mu \equiv m_Q$  (valore medio dei massimi annui delle portate al colmo nella generica stazione) e i parametri morfometrici  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  caratteristici del generico bacino imbrifero del tipo:

$$\mu \equiv m_Q = f(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$$

In alternativa ai metodi di tipo statistico rappresentati dall'equazione qui sopra riportata, la piena indice può anche essere calcolata facendo ricorso a modelli di tipo concettuale che schematizzano la dinamica della trasformazione afflussi-deflussi, ad esempio i modelli di tipo geomorfoclimatico, o, infine, mediante formule di tipo razionale. Una approfondita descrizione dei possibili metodi per la determinazione della piena indice e della loro affidabilità, nonché dei parametri geomorfologici di più frequente utilizzo è riportata in (Villani, 1990).

Nel caso in cui l'interesse sia relativo alle precipitazioni intense, la grandezza indice potrebbe, in generale, essere ricavata mediante l'applicazione di relazioni regionali tipo la quelle riportate sopra, tenendo conto di fattori morfologici come l'altimetria o l'esposizione rispetto alle direzioni prevalenti di movimento delle perturbazioni intense. Solitamente però la numerosità campionaria e la densità delle stazioni di monitoraggio di pioggia è sufficientemente elevata da permettere la stima della precipitazione indice direttamente dai dati, o, nei punti dove non è presente una stazione di rilievo, mediante interpolazione delle piogge indice calcolate sulle stazioni limitrofe. Se invece l'interesse è a scala di bacino, ad esempio per l'applicazione di modelli di trasformazione piogge - portate, la precipitazione indice da utilizzare deve essere rappresentativa dell'unità idrografica in indagine. La sua valutazione deve quindi discendere da un'operazione di media delle precipitazioni indice puntuali rilevate sull'intera superficie del bacino idrografico, in maniera da considerare implicitamente le relazioni esistenti tra la precipitazione e gli aspetti morfologici dell'area in esame (ad esempio la variazione della pioggia indice giornaliera in funzione dell'altimetria).

## 5.2 Sezioni idrauliche

Per il bacino dell'Aterno-Pescara, il PSDA rende disponibili i valori di portata al colmo e gli ideogrammi di piena con tempi di ritorno di 20, 50, 100, 200 anni per 12 sezioni di interesse. Direttamente sul fiume Pescara sono invece ubicate le sezioni indicate nella Figura 2.1. Esse sono le due sezioni Sez.PE01 e Sez.PE02, con aree sottese rispettivamente di 2674 e 3132 km<sup>2</sup>; la Sez.NO01 delimita invece il bacino imbrifero del torrente Nora, affluente in sinistra con un'area sottesa di 137 km<sup>2</sup>, a monte della confluenza con il Pescara. Il bacino Sez.PE01-NO01 rappresenta inoltre l'interbacino compreso tra la Sez.PE01 e la sezione d'alveo sul Pescara posta subito a monte della confluenza con il Nora; la Sez.NO01-PE02 individua infine l'interbacino compreso tra la sezione d'alveo a valle della confluenza e la sezione Sez.PE02.

Nell'ambito della porzione di bacino esaminata è presente una stazione di misura S.I.M.N. provvista di serie continuative di dati o comunque di informazioni sulle caratteristiche di permeabilità e su eventi significativi di piena. In particolare si sottolinea la corrispondenza tra la sezione strumentata di S. Teresa e la sezione idrografica impiegata nel calcolo PE02.

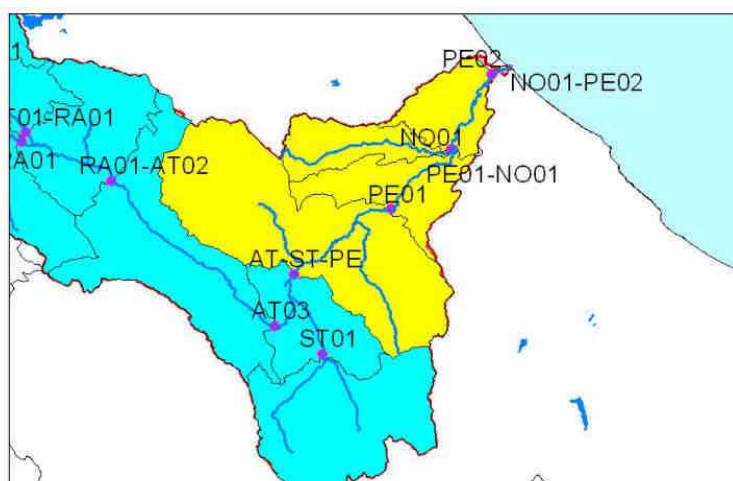


Figura 11: sezioni monitorate dal PSDA del bacino Aterno Pescara.

## 5.3 Portate e idrogrammi di piena

Lo studio basato sulla tecnica della regionalizzazione statistica dei dati realizzato dalla Regione Abruzzo nell'ambito della redazione del PSDA, ha evidenziato come il territorio della Regione Abruzzo si possa suddividere in 2 sotto-zone omogenee (SZO) : una Zona Costiera ed una Zona Appenninica. Il bacino del fiume Pescara, anche se comprensivo del bacino del fiume Aterno che si estende all'interno della zona appenninica, viene considerato un bacino costiero in quanto i fenomeni meteorici che producono gli eventi di piena più intensi si concentrano in tale zona. Relativamente alla Zona Costiera, la curva di crescita regionale rappresentativa del comportamento statistico delle portate di piena è stata ricavata a partire dal modello

regionale delle piogge intense valido per la stessa zona, ipotizzando che il processo delle portate al picco di piena  $Q$  derivi dal processo dei picchi delle precipitazioni intense  $P$ .

E' stata quindi impiegata una valutazione empirica basata sulle caratteristiche morfologiche del bacino e in particolare alla sua velocità di risposta ai fenomeni meteorici (tempo di corrivazione) e della permeabilità dei versanti. Il bacino del fiume Pescara chiuso a Santa Teresa può essere considerato permeabile per il 58% della superficie come desumibile dai dati riportati negli annali del S.I.M.N.e come riassunto in Tabella.

Sezione	A (km <sup>2</sup> )	A imp. (km <sup>2</sup> )	A perm. (km <sup>2</sup> )	A perm. (%)
Santa Teresa (PE2)	3132.0	1315.4	1816.6	58

La procedura conduce all'individuazione dei seguenti fattori di crescita regionali in base ai diversi tempi di ritorno dell'evento presi in considerazione:

X'(20 anni)	=	2.48
X'(50 anni)	=	3.33
X'(100 anni)	=	3.97
X'(200 anni)	=	4.62

Nell'insieme del territorio costituito dai bacini idrografici scolanti nel versante adriatico, sulla base dei dati forniti dal S.I.M.N., sono state individuate 23 sezioni idrometrografiche, tra le quali è compresa la stazione sul fiume Pescara a S. Teresa, per le quali si dispone di più di 12 valori di portata al colmo massima annua. In aggiunta, si sono resi disponibili i valori di portata indice calcolati in altre 5 sezioni sulla base di un campione sperimentale di almeno 5 anni, che possono essere quindi utilizzate ai fini operativi.

In definitiva l'informazione sperimentale disponibile per la valutazione della portata indice, rappresentata dal valore  $m_Q$  in 28 sezioni di misura, è apparsa di discreta consistenza in termini di numerosità e di distribuzione sul territorio.

Per poter comunque permettere la valutazione della portata indice  $m_Q$  in una qualunque sezione di interesse, lo studio condotto nell'ambito del PSDA ha portato alla definizione di alcune relazioni, valide a livello regionale, tramite le quali pervenire a una stima indiretta di  $m_Q$ .

La portata indice, ovvero il valore medio dei valori della massima portata al colmo annua, è stata valutata pari a:

$$m_Q = 328.6 \text{ m}^3/\text{s}.$$

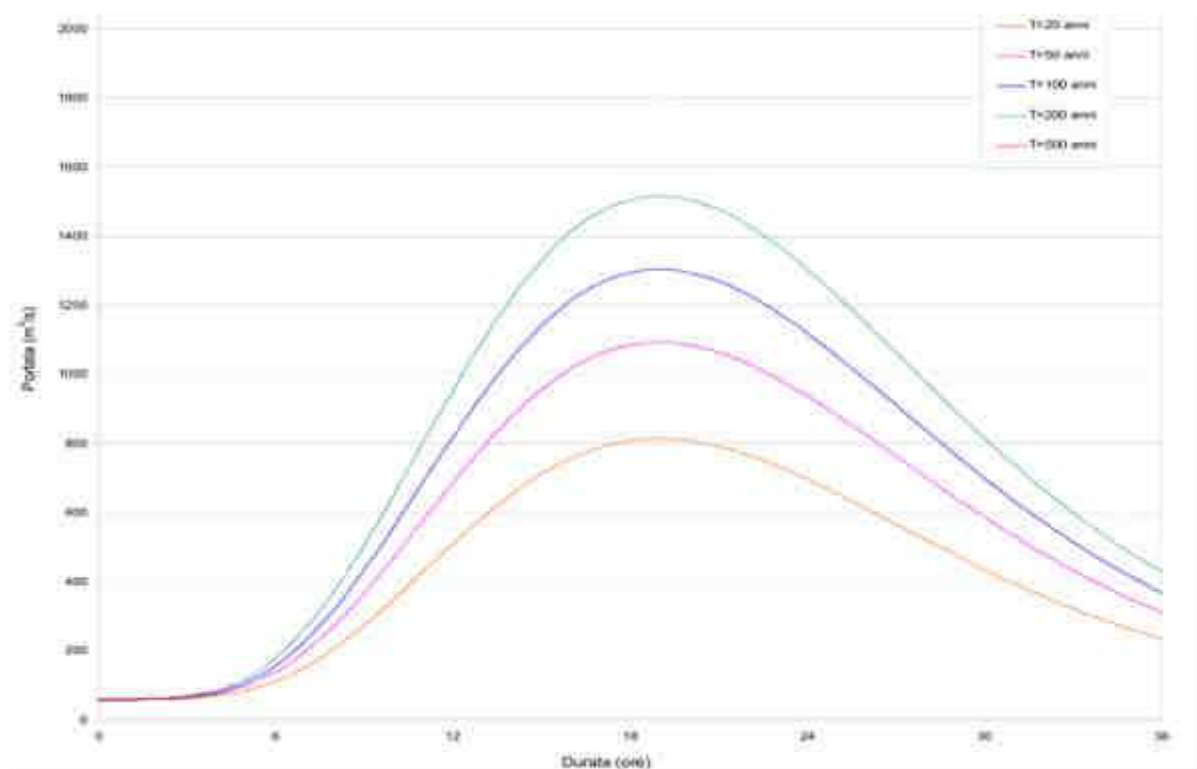
La portata di massima piena, relativamente ad un assegnato tempo di ritorno  $T$ , viene valutata semplicemente dal prodotto:

$$Q(T) = m_Q * X'(T)$$

Ottenendo i seguenti risultati:

$Q(20 \text{ anni})$	=	815	$\text{m}^3/\text{s}$
$Q(50 \text{ anni})$	=	1094	$\text{m}^3/\text{s}$
$Q(100 \text{ anni})$	=	1305	$\text{m}^3/\text{s}$
$Q(200 \text{ anni})$	=	1518	$\text{m}^3/\text{s}$

I risultati delle elaborazioni condotte nell'ambito dello studio del PSDA hanno quindi portato alla determinazione degli idrogrammi di piena per i tempi di ritorno di 20, 50, 100, 200 e 500 anni riportati in forma grafica nella Figura sottostante.



**Figura 12: Idrogrammi di piena del fiume Pescara.**

## 6 STUDIO IDRAULICO DEGLI INTERVENTI DI PROTEZIONE ARGINALE

In linea generale tutti gli interventi di protezione spondale proposti non modificano la originaria sezione idraulica mantenendo le medesime aree di deflusso (non si opera né un restringimento né alcuna forma di canalizzazione del fiume).

In questo senso gli interventi in progetto non riducono le capacità di deflusso potenziali delle zone trattate, anzi a seguito degli interventi l'efficienza idraulica verrà indubbiamente migliorata rispetto alla situazione attuale, grazie, se non altro, alla rimozione dei relitti solidi ed alla pulizia arginale effettuata contestualmente alla realizzazione delle opere di protezione.

Gli interventi, d'altronde, avendo un carattere puntuale, non hanno obiettivi di adeguamento funzionale o di incremento dell'attuale efficienza idraulica, ma si prefiggono di ripristinare l'efficienza e di sanare le situazioni di pericolo venutesi a creare localmente in questi ultimi anni.

Di seguito si riportano le verifiche idrauliche delle sezioni di fiume relative ai 4 interventi in progetto.

### 6.1 *Metodologia di verifica delle sezioni idrauliche*

La portata ammissibile di un canale a cielo aperto o di una tubazione si può calcolare tramite l'equazione di moto uniforme, espressa nella formulazione data da Chezy come:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

in cui:

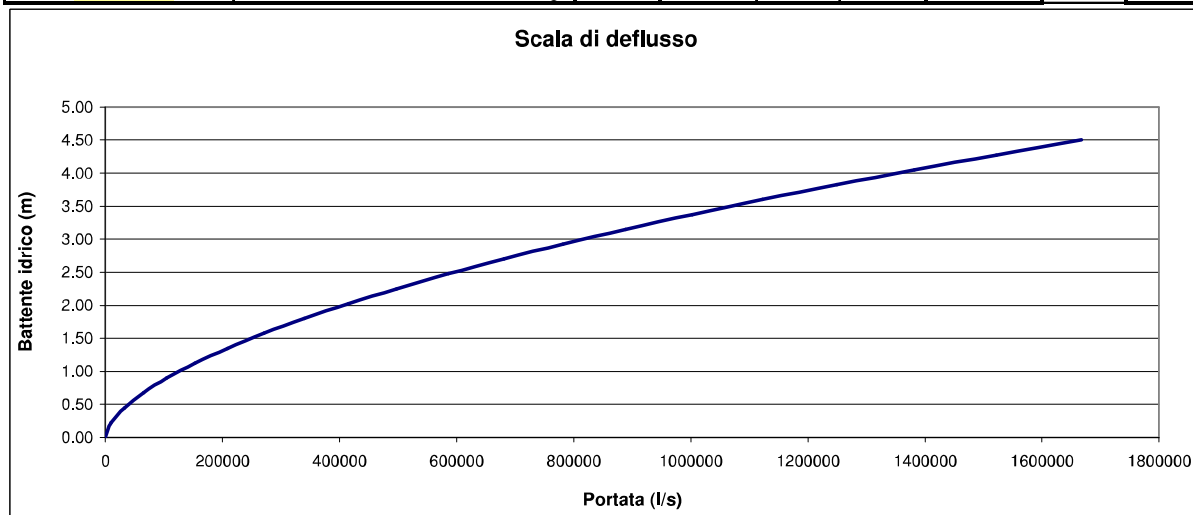
- Q portata transitante
- n coefficiente di scabrezza di Manning
- A area trasversale di deflusso
- R raggio idraulico
- S pendenza del fondo

## 6.2 Verifica delle sezioni idrauliche

Di seguito si riportano le verifiche idrauliche delle sezioni di fiume oggetto degli interventi di sistemazione previsti nell'ambito del presente progetto definitivo.

### INTERVENTO DI SISTEMAZIONE FLUVIALE N.1

Valutazione portata di progetto				Valutazione battente idrico						
				h	Area tot.	P tot.	Ri	Q	Battente	Riemp.
				[m]	[mq]	[m]	[m]	[l/s]	[m]	%
q	815	m3/s	Portata di progetto (TR=20 anni)	0.00	0.000	22.000	0.000	0.0		0.00
				0.23	5.030	22.842	0.220	10376.2		3.84
q	1094	m3/s	Portata di progetto (TR=50 anni)	0.45	10.220	23.683	0.432	33014.2		7.80
				0.68	15.570	24.525	0.635	65061.1		11.89
q	1305	m3/s	Portata di progetto (TR=100 anni)	0.90	21.080	25.366	0.831	105403.8		16.09
				1.13	26.750	26.208	1.021	153401.3		20.42
q	1518	m3/s	Portata di progetto (TR=200 anni)	1.35	32.580	27.049	1.204	208636.6		24.87
				1.58	38.570	27.891	1.383	270822.3		29.44
Q <sub>amm</sub>	1667	m3/s	Portata ammissibile	1.80	44.720	28.732	1.556	339754.1		34.14
				2.03	51.030	29.574	1.726	415284.9		38.95
				2.25	57.500	30.415	1.890	497309.0		43.89
				2.48	64.130	31.257	2.052	585751.5		48.95
B	22.0	m	Larghezza fondo canale	2.70	70.920	32.098	2.209	680561.3		54.14
b	36.2	m	Larghezza testa canale	2.93	77.870	32.940	2.364	781706.0		59.44
H	4.5	m	Altezza canale	3.15	84.980	33.781	2.516	889168.0		64.87
F	0.00	m	Franco idraulico	3.38	92.250	34.623	2.664	1002941.9		70.42
h	4.50	m	Altezza utile	3.60	99.680	35.465	2.811	1123032.1		76.09
S	57.67	°	Angolo inclinazione delle sponde	3.83	107.270	36.306	2.955	1249451.1		81.89
i	2.00	%	Pendenza longitudinale	4.05	115.020	37.148	3.096	1382218.5		87.80
1.5				4.28	122.930	37.989	3.236	1521359.4	4.275	93.84
n	0.03	m <sup>-1/3</sup> /s	Indice di scabrezza secondo Manning	4.50	131.000	38.831	3.374	1666903.8		100.00

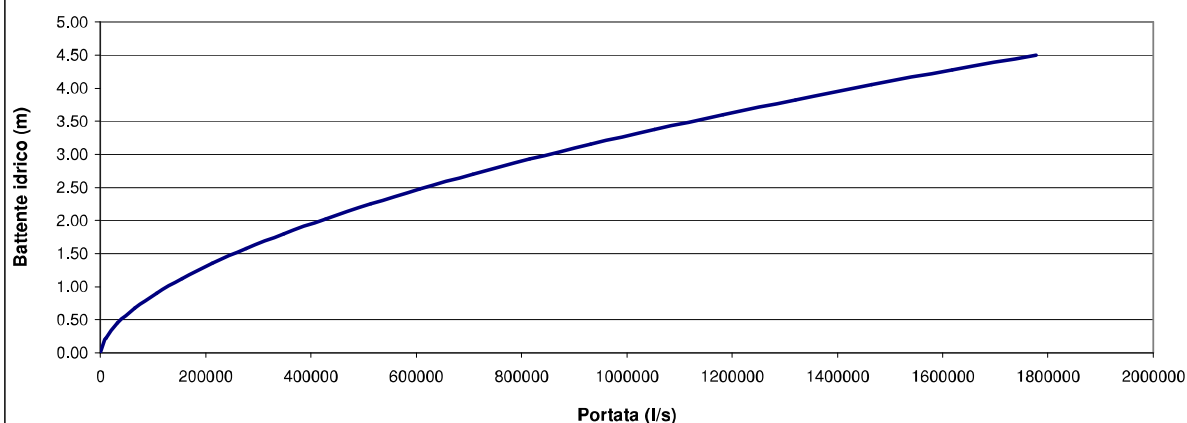


	Q [m <sup>3</sup> /s]
PORTATA DI PROGETTO [TR=200anni]	1518
PORTATA AMMISSIBILE	1667

**INTERVENTO DI SISTEMAZIONE FLUVIALE N.2**

Valutazione portata di progetto				Valutazione battente idrico						
				h	Area tot.	P tot.	Ri	Q	Battente	Riemp.
				[m]	[mq]	[m]	[m]	[l/s]	[m]	%
q	815	m3/s	Portata di progetto (TR=20 anni)	0.00	0.000	22.000	0.000	0.0		0.00
				0.23	5.058	23.056	0.219	10405.8		3.56
q	1094	m3/s	Portata di progetto (TR=50 anni)	0.45	10.330	24.112	0.428	33208.4		7.27
				0.68	15.818	25.169	0.628	65649.5		11.14
q	1305	m3/s	Portata di progetto (TR=100 anni)	0.90	21.520	26.225	0.821	106701.4		15.15
				1.13	27.438	27.281	1.006	155802.7		19.32
q	1518	m3/s	Portata di progetto (TR=200 anni)	1.35	33.570	28.337	1.185	212612.3		23.64
				1.58	39.918	29.393	1.358	276915.0		28.11
Q <sub>amm</sub>	1778	m3/s	Portata ammissibile	1.80	46.480	30.450	1.526	348575.2		32.73
				2.03	53.258	31.506	1.690	427511.9		37.51
				2.25	60.250	32.562	1.850	513682.6		42.43
				2.48	67.458	33.618	2.007	607073.3		47.51
B	22.0	m	Larghezza fondo canale	2.70	74.880	34.675	2.160	707691.7		52.73
b	41.1	m	Larghezza testa canale	2.93	82.518	35.731	2.309	815561.7		58.11
H	4.5	m	Altezza canale	3.15	90.370	36.787	2.457	930720.6		63.64
F	0.00	m	Franco idraulico	3.38	98.438	37.843	2.601	1053215.9		69.32
h	4.50	m	Altezza utile	3.60	106.720	38.899	2.743	1183103.3		75.15
S	64.78	°	Angolo inclinazione delle sponde	3.83	115.218	39.956	2.884	1320445.4		81.14
i	2.00	%	Pendenza longitudinale	4.05	123.930	41.012	3.022	1465310.2		87.27
				4.28	132.858	42.068	3.158	1617770.3	4.275	93.56
n	0.03	m <sup>1/3</sup> /s	Indice di scabrezza secondo Manning	4.50	142.000	43.124	3.293	1777901.8		100.00

**Scala di deflusso**



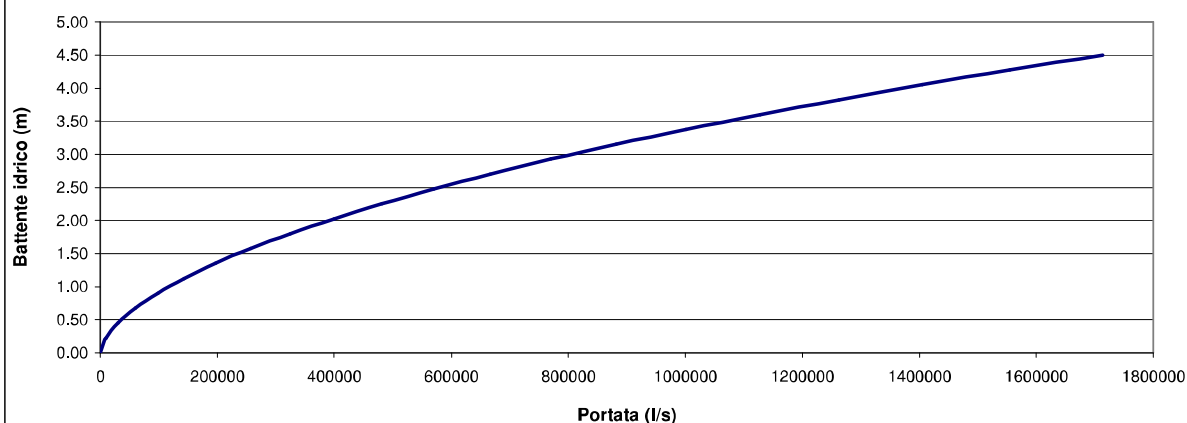
	Q [m3/s]
PORTATA DI PROGETTO [TR=200anni]	1518
PORTATA AMMISSIBILE	1778



**INTERVENTO DI SISTEMAZIONE FLUVIALE N.3**

Valutazione portata di progetto				Valutazione battente idrico						
				h	Area tot.	P tot.	Ri	Q	Battente	Riemp.
				[m]	[mq]	[m]	[m]	[l/s]	[m]	%
q	815	m <sup>3</sup> /s	Portata di progetto (TR=20 anni)	0.00	0.000	20.000	0.000	0.0		0.00
				0.23	4.625	21.199	0.218	9481.7		3.30
q	1094	m <sup>3</sup> /s	Portata di progetto (TR=50 anni)	0.45	9.500	22.398	0.424	30337.6		6.79
				0.68	14.625	23.596	0.620	60141.2		10.45
q	1305	m <sup>3</sup> /s	Portata di progetto (TR=100 anni)	0.90	20.000	24.795	0.807	98035.0		14.29
				1.13	25.625	25.994	0.986	143582.2		18.30
q	1518	m <sup>3</sup> /s	Portata di progetto (TR=200 anni)	1.35	31.500	27.193	1.158	196543.2		22.50
				1.58	37.625	28.391	1.325	256789.7		26.88
Q <sub>amm</sub>	1714	m <sup>3</sup> /s	Portata ammissibile	1.80	44.000	29.590	1.487	324262.9		31.43
				2.03	50.625	30.789	1.644	398951.1		36.16
				2.25	57.500	31.988	1.798	480874.8		41.07
				2.48	64.625	33.187	1.947	570078.3		46.16
B	20.0	m	Larghezza fondo canale	2.70	72.000	34.385	2.094	666623.1		51.43
b	42.2	m	Larghezza testa canale	2.93	79.625	35.584	2.238	770584.0		56.88
H	4.50	m	Altezza canale	3.15	87.500	36.783	2.379	882045.9		62.50
F	0.00	m	Franco idraulico	3.38	95.625	37.982	2.518	1001101.4		68.30
h	4.50	m	Altezza utile	3.60	104.000	39.180	2.654	1127849.1		74.29
S	67.95	°	Angolo inclinazione delle sponde	3.83	112.625	40.379	2.789	1262392.4		80.45
i	2.00	%	Pendenza longitudinale	4.05	121.500	41.578	2.922	1404838.5		86.79
				4.28	130.625	42.777	3.054	1555297.5	4.275	93.30
n	0.03	m <sup>-1/3</sup> /s	Indice di scabrezza secondo Manning	4.50	140.000	43.976	3.184	1713881.7		100.00

**Scala di deflusso**

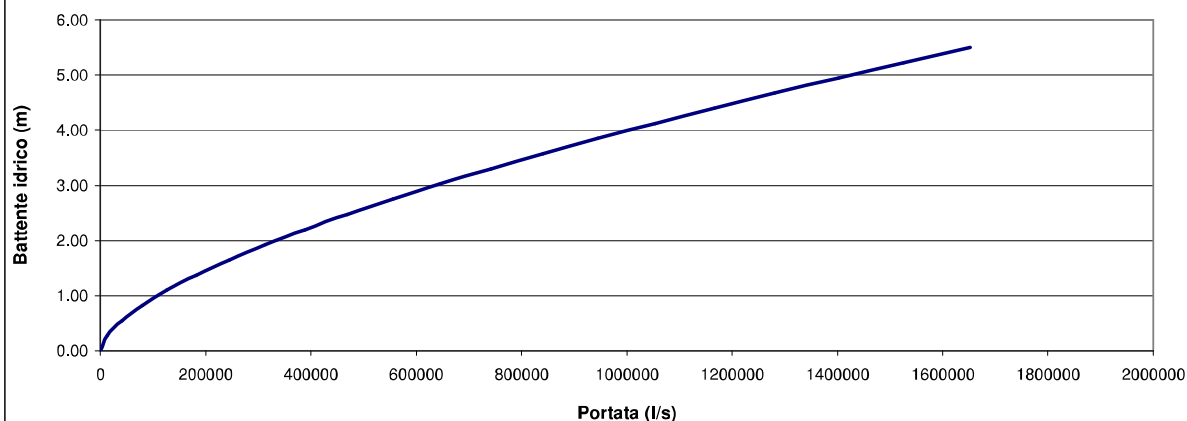


	Q [m <sup>3</sup> /s]
PORTATA DI PROGETTO [TR=200anni]	1518
PORTATA AMMISSIBILE	1714

**INTERVENTO DI SISTEMAZIONE FLUVIALE N.4**

Valutazione portata di progetto				Valutazione battente idrico						
				h	Area tot.	P tot.	Ri	Q	Battente	Riemp.
				[m]	[mq]	[m]	[m]	[l/s]	[m]	%
q	815	m <sup>3</sup> /s	Portata di progetto (TR=20 anni)	0.00	0.000	20.000	0.000	0.0		0.00
				0.28	5.525	20.579	0.268	13006.9		4.60
q	1094	m <sup>3</sup> /s	Portata di progetto (TR=50 anni)	0.55	11.100	21.159	0.525	40843.5		9.25
				0.83	16.725	21.738	0.769	79440.4		13.94
q	1305	m <sup>3</sup> /s	Portata di progetto (TR=100 anni)	1.10	22.400	22.317	1.004	127027.2		18.67
				1.38	28.125	22.896	1.228	182481.2		23.44
q	1518	m <sup>3</sup> /s	Portata di progetto (TR=200 anni)	1.65	33.900	23.476	1.444	244998.2		28.25
				1.93	39.725	24.055	1.651	313963.3		33.10
Q <sub>amm</sub>	1653	m <sup>3</sup> /s	Portata ammissibile	2.20	45.600	24.634	1.851	388887.7		38.00
				2.48	51.525	25.213	2.044	469371.4		42.94
				2.75	57.500	25.793	2.229	555081.1		47.92
				3.03	63.525	26.372	2.409	645734.5		52.94
B	20.0	m	Larghezza fondo canale	3.30	69.600	26.951	2.582	741089.7		58.00
b	23.6	m	Larghezza testa canale	3.58	75.725	27.531	2.751	840937.7		63.10
H	5.5	m	Altezza canale	3.85	81.900	28.110	2.914	945096.2		68.25
F	0.00	m	Franco idraulico	4.13	88.125	28.689	3.072	1053405.4		73.44
h	5.50	m	Altezza utile	4.40	94.400	29.268	3.225	1165724.4		78.67
S	18.29	°	Angolo inclinazione delle sponde	4.68	100.725	29.848	3.375	1281928.1		83.94
i	2.00	%	Pendenza longitudinale	4.95	107.100	30.427	3.520	1401905.5		89.25
				5.23	113.525	31.006	3.661	1525557.2	5.225	94.60
n	0.03	m <sup>1-1/3</sup> /s	Indice di scabrezza secondo Manning	5.50	120.000	31.585	3.799	1652794.4		100.00

**Scala di deflusso**



	Q [m <sup>3</sup> /s]
PORTATA DI PROGETTO [TR=200anni]	1518
PORTATA AMMISSIBILE	1653