

# AUTOSTRADA A2 DEL MEDITERRANEO

**Interventi per la rinaturalizzazione o il riutilizzo dei tratti campani dismessi con particolare riferimento ai lotti fra il km 8+000 e il km 13+000 e fra il km 36+000 e il km 53+000**

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. **UC149**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL PROGETTISTA:**

Elena Bartolucci  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n°A3217

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**Il R.U.P.**

Dott. Ing.  
Antonio Citarella

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**

**Sintagma**

**GEOTECHNICAL DESIGN GROUP**

**ICARIA**  
società di ingegneria

Dott. Ing. N. Granieri  
Dott. Ing. V. Truffini  
Dott. Arch. A. Bracchini  
Dott. Ing. F. Durastanti  
Dott. Ing. E. Bartolucci  
Dott. Geol. G. Cerquiglini  
Geom. S. Scopetta  
Dott. Ing. L. Dinelli  
Dott. Ing. L. Nani  
Dott. Ing. F. Pambianco  
Dott. Agr. F. Berti Nulli  
Dott. Ing. F. Negozio  
Geom. C. Calcina  
Dott. Ing. F. Rotini  
Dott. Ing. E. Santucci

Dott. Ing. D. Carliaccini  
Dott. Ing. S. Sacconi  
Dott. Geol. M. Boldorini  
Dott. Ing. L. Casaburi  
Dott. Ing. C. Consorti

Dott. Ing. V. Rotisciani  
Dott. Ing. F. Macchioni  
Geom. C. Vischini  
Dott. Ing. V. Piuino  
Dott. Ing. G. Pulli  
Geom. C. Sugaroni



## 13.IDRAULICA

### Relazione idrologica

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00-ID00-IDR-RE01-B		
DPUC0149	D	21	CODICE ELAB. T00ID01IDRRE01	B	-
B	Revisione a seguito istruttoria ANAS		APR 24	A. Ancona	F. Macchioni N. Granieri
A	Emissione		SETT 23	A. Ancona	F. Macchioni N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA TRATTA DI INTERVENTO SVILUPPATA</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO</b> .....	<b>6</b>
3.1	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO IN RELAZIONE ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE .....	6
3.2	BACINO DEL FIUME SELE .....	6
<b>4</b>	<b>PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI</b> .....	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA</b> .....	<b>20</b>
6.1	PREMESSA .....	20
6.2	PROCEDURA VA.PI. ....	20
6.3	ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI .....	26
<b>7</b>	<b>STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO</b> .....	<b>33</b>
7.1	PREMESSA .....	33
7.2	METODO RAZIONALE .....	33
7.2.1	Metodologia di calcolo .....	33
7.2.2	Tempo di corrivazione .....	34
7.2.3	Coefficiente di deflusso .....	36
7.2.4	Altezza di pioggia e coefficiente di riduzione areale .....	44
7.3	DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO .....	45
7.4	VERIFICA DELLE PORTATE DI PROGETTO .....	49

## 1 PREMESSA

L'autostrada A2, detta anche autostrada del Mediterraneo o Salerno-Reggio Calabria, collega Salerno a Reggio Calabria passando per Cosenza, Lamezia Terme e Vibo Valentia. Lunga 432,6 km, è interamente gestita dall'Anas.

Nei primi anni sessanta del XX secolo il governo italiano decise di finanziare la costruzione di un'autostrada che collegasse il resto dell'Italia alla Calabria, i lavori iniziarono il 21 gennaio del 1962 in località Montevergine (Reggio Calabria) L'autostrada venne aperta all'esercizio tra Salerno e Lagonegro nel 1967, l'anno successivo raggiunse Cosenza e nel 1969 arrivò a Gioia Tauro. Nel 1974 l'autostrada raggiunse Reggio Calabria.

L'autostrada realizzata era a due corsie di limitata larghezza per senso di marcia, priva di corsie d'emergenza e con sole piazzole di sosta distanziate tra loro.

Lo sviluppo economico degli anni sessanta e settanta rese presto evidente l'inadeguatezza delle infrastrutture della tratta Salerno-Reggio Calabria. A causa delle curve pericolose e delle corsie strette (3,5 metri di larghezza), negli anni a venire si verificarono numerosi incidenti e ingorghi.

Dal 1987 in poi si sono susseguiti progetti di ammodernamento e ampliamento che hanno portato alla progressiva cantierizzazione di tratte per l'ampliamento a due carreggiate.

Il concreto avvio dei lavori di ammodernamento avvenne nel 1997, seppur con una certa lentezza, con l'appalto di pochi lotti di modeste dimensioni e subì un'importante accelerazione con l'approvazione della legge Obiettivo n. 443 del 21 dicembre 2001 e la riprogettazione della cantierizzazione dell'autostrada da parte dell'Anas.

L'ammodernamento non è consistito semplicemente in un allargamento della vecchia sede stradale (procedimento attuato in alcuni tratti), ma nella vera e propria costruzione di una nuova autostrada con graduale abbattimento della precedente

Il nuovo tracciato (costruito con il riutilizzo del percorso precedente e in variante) è frutto di numerose rettifiche, con profilo più lineare, diminuzione delle pendenze e addolcimento delle curve.

Il presente progetto definitivo riguarda la rinaturalizzazione delle parti di autostrada A2 dismessa nei tratti compresi tra il km 8+000 e il km 13+00 e tra i km 36+000 e i km 53+000 mediante rimodellamenti morfologici, demolizione di opere d'arte impattanti e vari interventi di mitigazione ambientale ed idraulica.

## 2 DESCRIZIONE DELLA TRATTA DI INTERVENTO SVILUPPATA

Il presente progetto definitivo ha come oggetto la rinaturalizzazione dei tratti campani dismessi della vecchia autostrada A2, con particolare riferimento ai lotti fra il km 8+000 e fra il km 36+000 e il km 53+000.

In tutti i tratti dismessi il progetto prevede la demolizione del pacchetto stradale esistente e la successiva rinaturalizzazione mediante movimenti di materiale idoneo tali da ripristinare l'andamento del terreno prima della realizzazione della vecchia autostrada, con il successivo reimpianto di essenze arboree e arbustive volte a ricostruire il continuum vegetazionale venuto meno in seguito alla realizzazione della vecchia arteria autostradale.

Lungo i tratti dismessi sono presenti numerose opere d'arte: attraversamenti idraulici, viadotti, opere di scavalcamento ferroviario e gallerie artificiali.

Per la maggior parte di queste è prevista la demolizione (meccanica o con esplosivo), ripristinando anche in questo caso le condizioni originarie del territorio, mentre per un numero ridotto di queste è previsto il consolidamento e conseguente ripristino così da garantirne il funzionamento in condizioni di sicurezza.

Il progetto è diviso in cinque lotti di intervento di cui quattro sono situati a Nord-Ovest di Battipaglia, lotti 1, 2a, 2b e 3, e uno a Est, lotto 4.

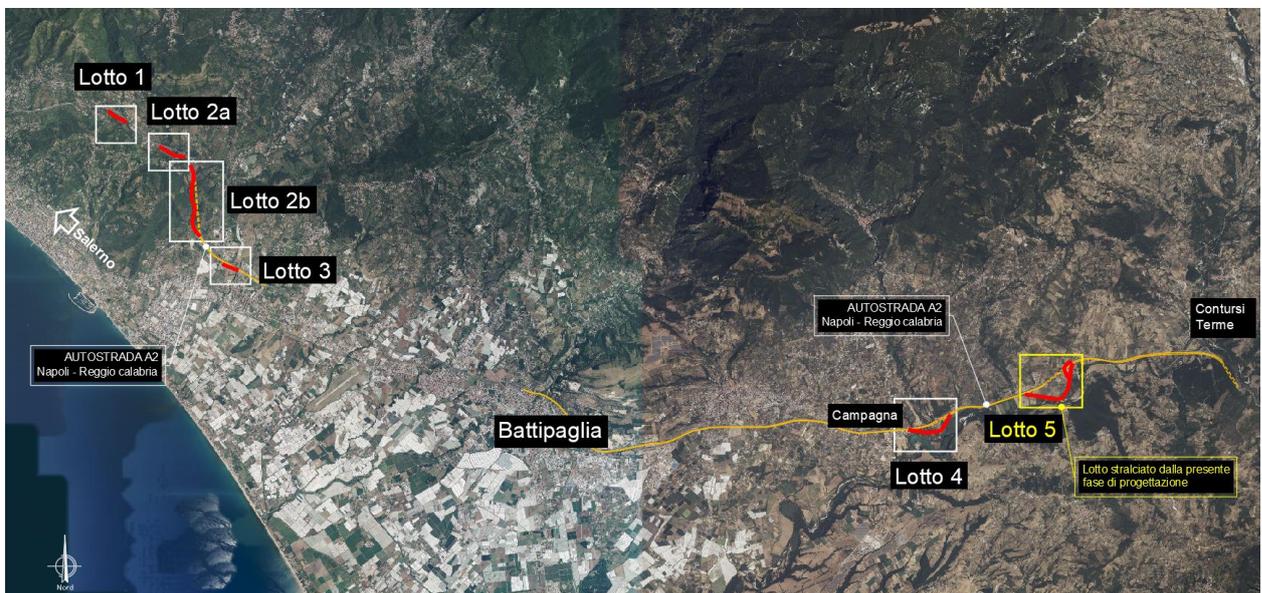


Figura 1: Inquadramento generale lotti di intervento

Il lotto 5 comprensivo dell'area di servizio "Campagna Est" è stato escluso dalla presente fase di progettazione come richiesto da Anas con mail del 19/05/23.

Il Lotto 1 si estende per circa 600 m, tra la pk 6+200 e la pk 6+800 circa della vecchia autostrada e si trova in affiancamento alla nuova A2, in località San Mango Piemonte. Nel lotto è presente solamente un tombino idraulico.

Il Lotto 2a è situato tra il km 8+000 e il km 8+840 circa della vecchia autostrada e ha inizio a circa 400 m dal nuovo svincolo di San Mango Piemonte. Lungo i suoi 840 m si trovano due opere d'arte:

- T02-TM01 Tombino
- T02-VI01 Viadotto Fuorni – L=57 m

Successivamente, il lotto 2b si sviluppa per una lunghezza di 2,3 km dalla pk 9+450 alla pk 11+805 circa della vecchia autostrada, in località San Cipriano Picentino e termina circa 900 m prima dello svincolo di Pontecagnano. Anche in questo caso il tratto dismesso oggetto della presente progettazione corre parallelamente al nuovo itinerario autostradale, ma quest'ultimo, ad eccezione dei primi 550 m circa, si sviluppa quasi interamente in galleria. Questo lotto è contraddistinto dall'affiancamento alla strada provinciale SP227 che corre al di sotto della vecchia sede autostradale, caratterizzata in questo caso dalla presenza di un muro di contenimento in corrispondenza della carreggiata sud che la separa dalla sottostante strada provinciale. Lungo tutta la sua estensione si incontrano in successione le seguenti opere d'arte:

- T02-TM02 Tombino
- T02-TM03 Tombino
- T02-VI01 Semi-Viadotto – L=12 m carreggiata Nord, L=51m carreggiata Sud

L'ultima tratta di intervento situata a Nord è rappresentata dal Lotto 3, anch'esso in affiancamento alla nuova A2, che ha inizio in prossimità dello svincolo di Pontecagnano. Il lotto ha uno sviluppo di 510 m, estendendosi tra la pk 13+000 e 13+510 circa della vecchia autostrada, terminando proprio in corrispondenza della nuova sede autostradale.

Lungo il lotto si trovano le seguenti opere d'arte:

- T03-TM01 Tombino Picentino
- T03-VI01 Viadotto Picentino – L= 30 m

A sud il Lotto 4 si estende per 1.35 km circa, dalla pk 36+400 alla pk 37+356 circa della vecchia autostrada. Il lotto ha inizio subito dopo lo svincolo di Campagna, con attacco in corrispondenza della nuova autostrada dalla quale poi si discosta progressivamente lungo il suo sviluppo. Tale lotto è caratterizzato sia dalla presenza di alte trincee che di due importanti ponti ad arco, il Rialto (T04-VI01) e il Tenza (T04-VI03), di

lunghezza rispettivamente pari a 119 m e 200 m. Entrambe le opere saranno abbattute tramite demolizione con esplosivo, scelta dettata proprio dalla complessità delle due strutture.

Oltre ai suddetti ponti, lungo il lotto si trovano anche altre due opere d'arte:

- T04-TM01 Tombino
- T04-VI02 Ponticello

In tutti i lotti oggetto di intervento la sede stradale si presenta ricoperta parzialmente dalla vegetazione cresciuta nel corso degli anni in corrispondenza dei tratti dismessi e che però risulta essere nella maggior parte dei casi di tipo infestante.

Il progetto di rinaturalizzazione dei tratti dismessi ha quindi come obiettivo quello di ripristinare le condizioni ambientali precedenti alla costruzione della vecchia infrastruttura stradale e di recuperare il continuum vegetazionale venuto meno in seguito alla realizzazione della vecchia autostrada. Tale obiettivo è perseguito tramite il rimodellamento del terreno per ricostruirne l'andamento naturale e tramite la piantumazione di specie autoctone in modo da permettere un consono inserimento nell'ambiente circostante.

### 3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

#### 3.1 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO IN RELAZIONE ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Nell'ambito dell'adeguamento dell'A2 Autostrada del Mediterraneo, le tratte oggetto del presente studio risultano interferite da una serie di corsi d'acqua con bacini idrografici prevalentemente di piccola estensione e a carattere torrentizio, con la presenza di alcuni bacini più estesi.

I più importanti bacini idrografici interessati dalle tratte in esame sono quelli del Fiume Fuorni, del Fiume Picentino e del Fiume Sele.

Si riportano di seguito, in formato tabellare, i principali corpi idrici interferiti.

Tabella 3-1 – Principali corpi idrici interferiti

Bacino	Corso d'acqua	Progressiva di attraversamento (km)
B1	Rio Sordina	Lotto 1 – 0+588
B2	Torrente Fuorni	Lotto 2a – 0+624
B3	-	Lotto 2b – 0+988
B4	-	Lotto 2b – 1+400
B5	-	Lotto 2b – 1+712
B6	-	Lotto 2b – 1+967
B7	Fiume Picentino	Lotto 3 – 0+316
B8	-	Lotto 4 – 0+100
B9	-	Lotto 4 – 0+373
B10	Torrente Tenza	Lotto 4 – 0+783

#### 3.2 BACINO DEL FIUME SELE

Il fiume Sele, secondo fiume per importanza a livello regionale, nasce in corrispondenza del comune di Caposele, si sviluppa per una lunghezza di 64 km e sottende un bacino di 3.223 km<sup>2</sup>; raggiunge il mar Tirreno tra i comuni di Capaccio ed Eboli. Nel tratto in cui il fiume interessa la piana omonima, esso assume l'andamento meandri forme tipico delle aste fluviali di pianura. I principali affluenti del fiume Sele sono: Tanagro; Bianco; Platano; Calore Lucano, Sacco.

Le tratte oggetto di studio si trovano nel bacino in destra Sele, costituito dai seguenti corsi d'acqua: Tusciano, Picentino, Fuorni, Asa, Irno, Regina Major, Bonea, Furore, Dragone, Regina Minor – Sambuco, Grevone, Mercatello, Mariconda, V.ne Grande – Cetus.

## 4 PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrogeologico dell'area interessata dall'infrastruttura in esame è regolamentato dal "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico" (di seguito P.A.I.), redatto dall'Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale per il Bacino Idrografico del Fiume Sele, ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000 e adottato con Delibera di Comitato Istituzionale n. 10 del 28/03/11.

Esso ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- la funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- la funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- la funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Il riferimento territoriale del P.A.I. è l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, suddivisa in 9 Unit of Management (UoM). In particolare, le tratte da 1 a 3 (di cui fanno parte i bacini da B1 a B7) rientrano nella UoM Regionale Destra Sele, mentre le tratte da 4 a 6 (di cui fanno parte i bacini da B8 a B11) rientrano nella UoM Sele, entrambe ex Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale Sele.



Figura 4-1 – Localizzazione delle tratte d'intervento nel distretto idrografico

L'Autorità di Bacino ha provveduto alla definizione e mappatura delle aree inondabili secondo i seguenti criteri:

- aree con elevata probabilità di accadimento ( $30 \leq T \leq 50$ ) → P3 (pericolosità elevata);
- aree con media probabilità di accadimento ( $100 \leq T \leq 200$ ) → P2 (pericolosità media);
- aree con bassa probabilità di accadimento ( $200 \leq T \leq 500$ ) → P1 (pericolosità bassa).

Le classi di rischio sono invece state determinate secondo la seguente equazione generale:

$$R = P \times E \times V = P \times Dp$$

dove:

- P (pericolosità): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità;
- E (elementi esposti): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale;

RELAZIONE IDROLOGICA

- V (vulnerabilità): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;
- Dp (danno potenziale): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto;
- R (rischio): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità.

Queste definizioni sono state applicate per la predisposizione delle mappe nel modo seguente. La pericolosità P è ovviamente espressa nei tre livelli P1, P2 e P3. Il Danno potenziale coincide con il bene esposto in quanto la vulnerabilità è posta uguale a 1 svincolandosi dalle difficoltà collegate alla sua valutazione. Il rischio R è quello definito dalle 4 note classi del DPCM 29/09/1998 (sostanzialmente coincidenti con le quattro classi di danno atteso). In merito ai criteri di attribuzione della classe di rischio, si è fatto riferimento ad una matrice per la definizione del rischio che, seppur lasciando alcune discrezionalità derivanti dalle specificità territoriali, è stata utilizzata per la redazione delle mappe su tutto il territorio del distretto. Gli elementi di riferimento per la strutturazione della matrice sono stati: *Classificazione del bene esposto; Vulnerabilità; Danno potenziale; Abitanti a rischio; Strutture Strategiche; Aree di crisi ambientale e Industrie a rischio di incidente*. La matrice del rischio (Tabella 4-1) possiede delle caselle con alternativa nella attribuzione del livello di rischio, nel senso che, a seconda di quanto elaborato nei PAI è stata ritenuta valida l'una o l'altra scelta. Le mappe del rischio, in ottemperanza alle disposizioni della Direttiva 2007/60/CE che nel D.Lgs. 49/2010, evidenziano il numero di abitanti potenzialmente esposti e gli impianti potenzialmente pericolosi (ai sensi dell'allegato I del D.L. 59/2005), le strutture strategiche.

Tabella 4-1 – Matrice del rischio

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4 R3	R2
	D3	R4 R3	R3	R2 R1
	D2	R3 R2	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

Di seguito si riporta uno stralcio delle planimetrie di rischio idraulico, cui sono state sovrapposte le  
tratte in oggetto.

LEGENDA	
	R1 - RISCHIO MODERATO
	R2 - RISCHIO MEDIO
	R3 - RISCHIO ELEVATO
	R4 - RISCHIO MOLTO ELEVATO

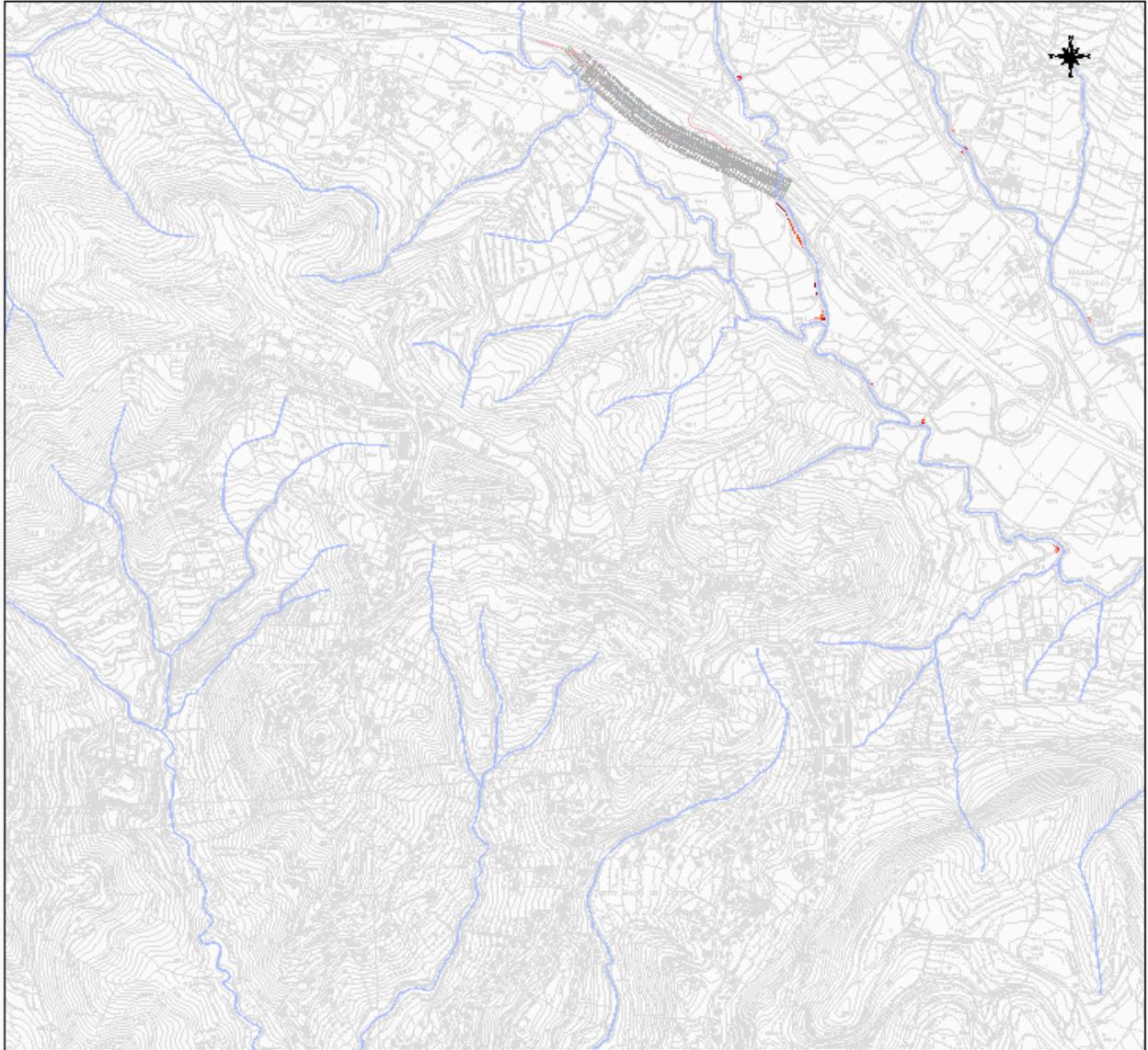


Figura 4-2 - Planimetria di rischio idraulico (PAI) della tratta 1

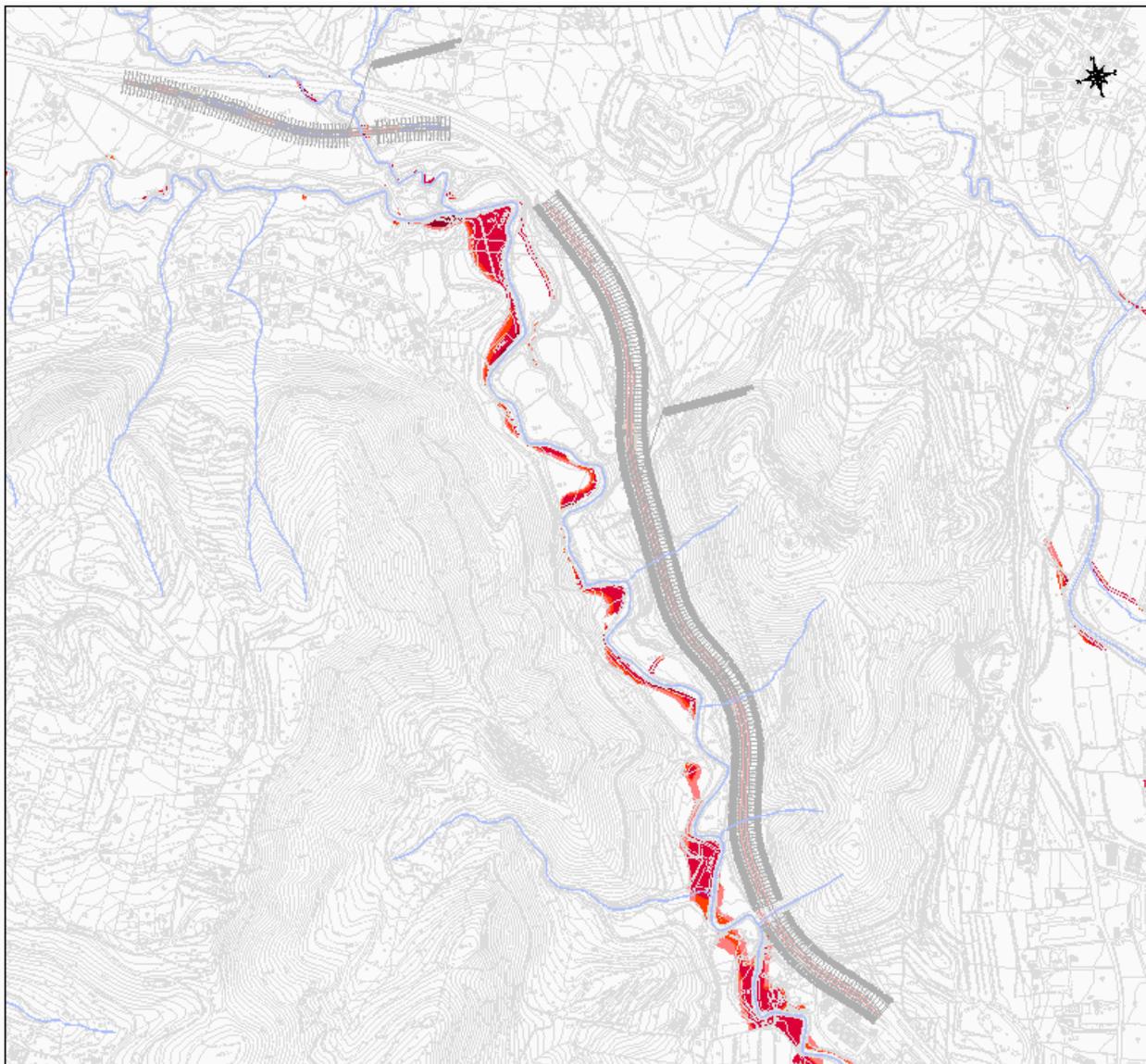


Figura 4-3 - Planimetria di rischio (PAI) delle tratte 2a e 2b

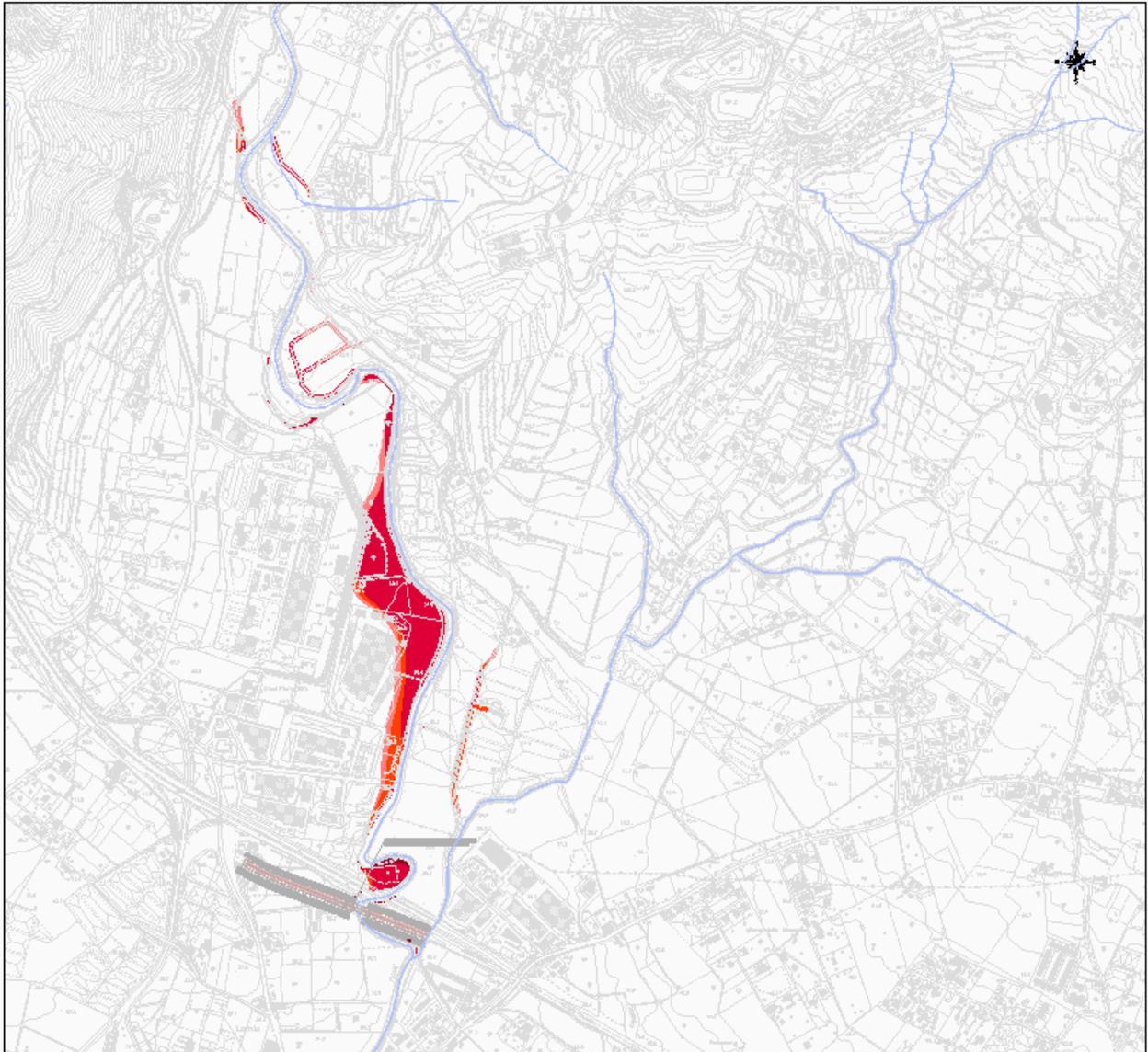


Figura 4-4 - Planimetria di rischio (PAI) della tratta 3

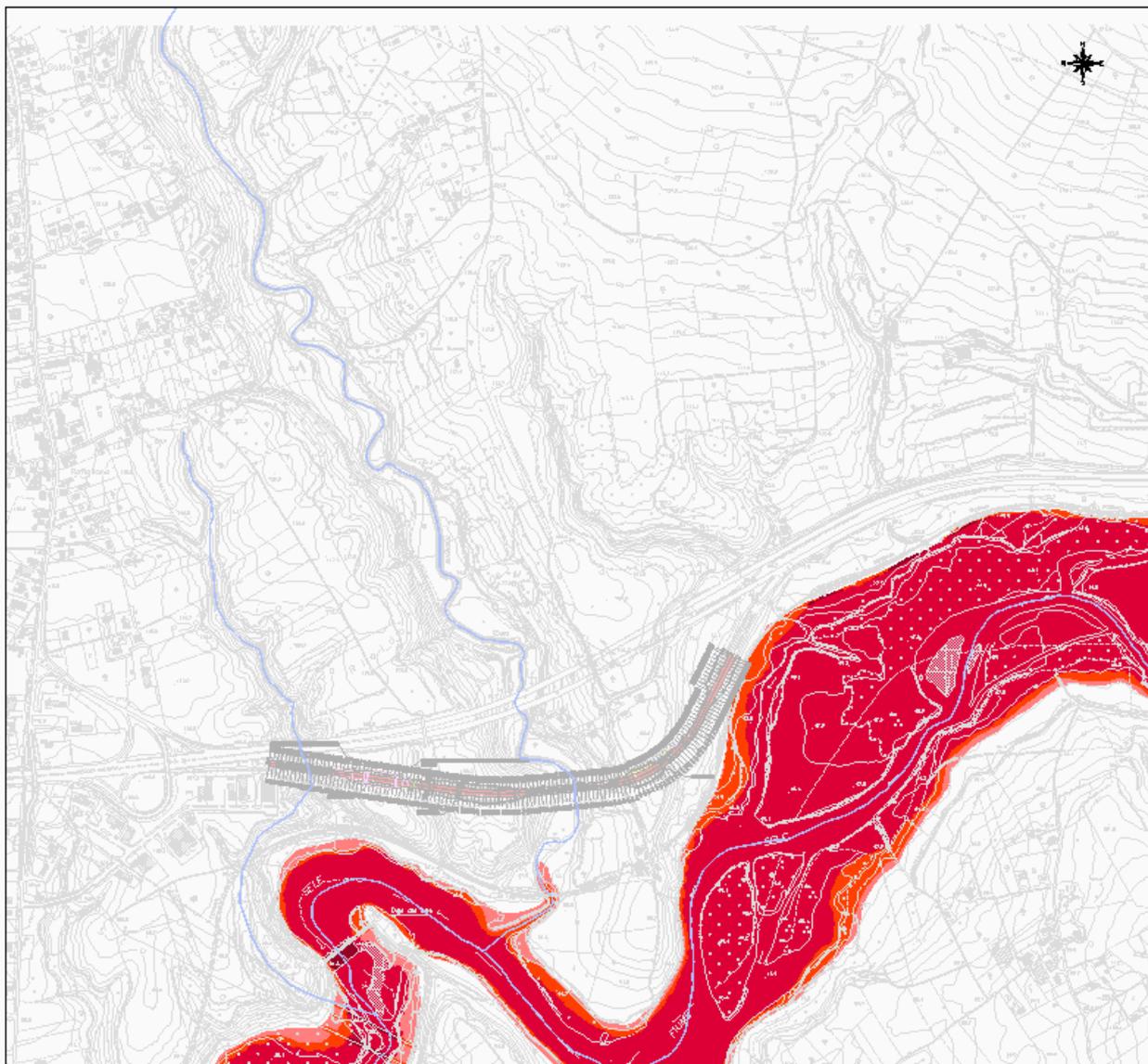


Figura 4-5 - Planimetria di rischio (PAI) della tratta 4

## 5 PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

L'art. 6 della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (Floods Directive – FD) stabilisce che gli Stati Membri (Member States –MS) predispongano, a livello di distretto idrografico o unità di gestione, mappe di pericolosità da alluvione e mappe del rischio di alluvioni, nella scala più appropriata per le aree a rischio potenziale significativo di alluvione (APsFR) individuate ai sensi dell'art. 5, paragrafo 1.

La Direttiva Alluvioni stabilisce che le mappe di pericolosità mostrino l'area geografica che può essere inondata in corrispondenza di tre diversi scenari di probabilità:

- a) scarsa probabilità o scenari di eventi estremi
- b) media probabilità di alluvioni (tempo di ritorno  $\geq 100$  anni)
- c) elevata probabilità di alluvioni

Il D.Lgs. 49/2010, attuativo della Direttiva Alluvioni, stabilisce che siano da considerarsi scenari di elevata probabilità o alluvioni frequenti quelli corrispondenti a tempi di ritorno fra 20 e 50 anni, mentre sono da considerarsi scenari di probabilità media o alluvioni poco frequenti quelli corrispondenti a tempi di ritorno fra 100 e 200 anni. Ne consegue che siano da considerarsi scenari di scarsa probabilità o scenari di eventi estremi, quelli corrispondenti a tempi di ritorno superiori a 200 anni.

L'estensione delle alluvioni va intesa come l'intera superficie che sarebbe ricoperta d'acqua in caso di occorrenza di un determinato scenario (quindi non escludendo l'alveo fluviale). La scala utilizzata per la rappresentazione spaziale della pericolosità, in ottemperanza a quanto specificato all'art. 6 comma 1 del D.lgs. 49/2010, è di 1:10.000 con area minima cartografabile, per gli elementi poligonali, assunta pari a 5.000 m<sup>2</sup>, fatta eccezione per gli elementi contenuti negli strumenti già predisposti nell'ambito della pianificazione di bacino in attuazione delle norme previgenti, nonché del decreto legislativo n. 152 del 2006, per i quali l'area può risultare anche minore.

Il D.lgs. 49/2010 prevede che le mappe del rischio rappresentino le 4 classi rischio R1-R4 di cui al DPCM del 29 settembre 1998, espresse in termini di:

- a) numero indicativo di abitanti potenzialmente interessati;
- b) infrastrutture e strutture strategiche (autostrade, ferrovie, ospedali, scuole, ecc.);

- c) beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse presenti nell'area potenzialmente interessata;
- d) distribuzione e tipologia delle attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata;
- e) impianti di cui all'allegato I del D.lgs. 59/2005 che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvione e aree protette di cui all'allegato 9 alla parte III del D.lgs. 152/2006;
- f) altre informazioni considerate utili dalle autorità distrettuali, come le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di trasporto solido e colate detritiche o informazioni su fonti rilevanti di inquinamento.

Di seguito si riportano degli stralci delle mappe del rischio idraulico del PGRA.

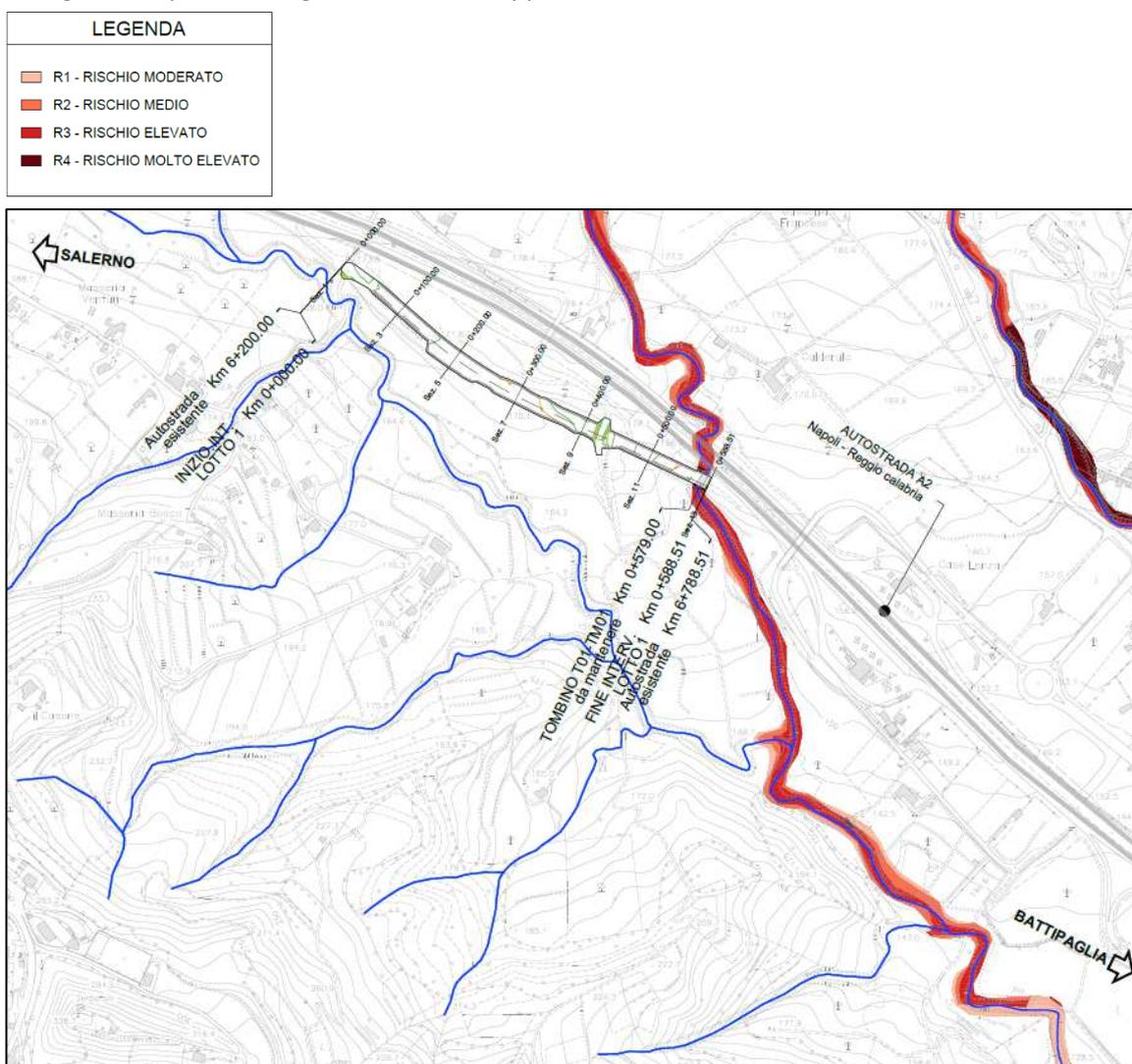


Figura 5-1 - Planimetria di rischio (PGRA) della tratta 1

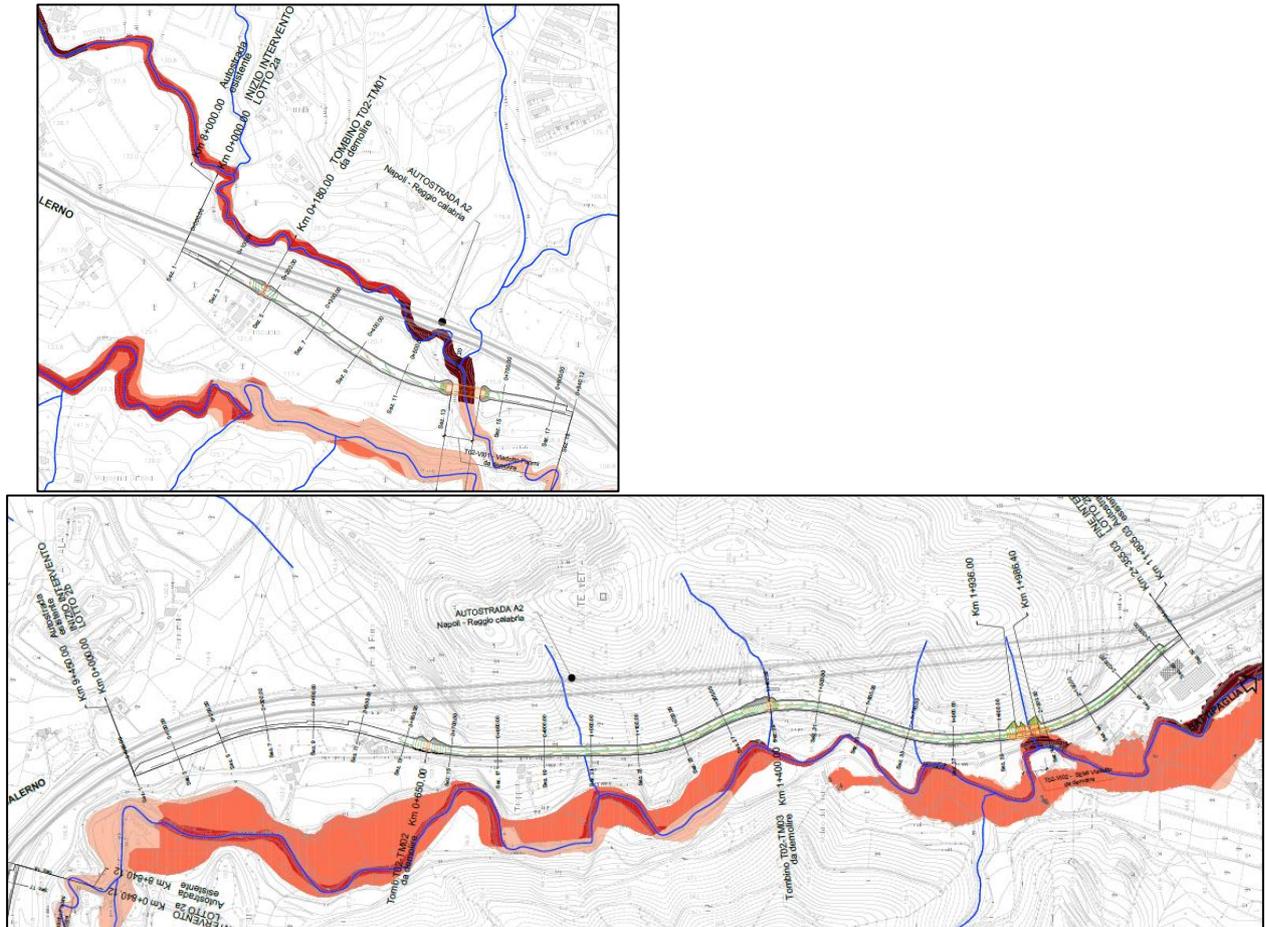


Figura 5-2 - Planimetria di rischio (PGRA) delle tratte 2a e 2b

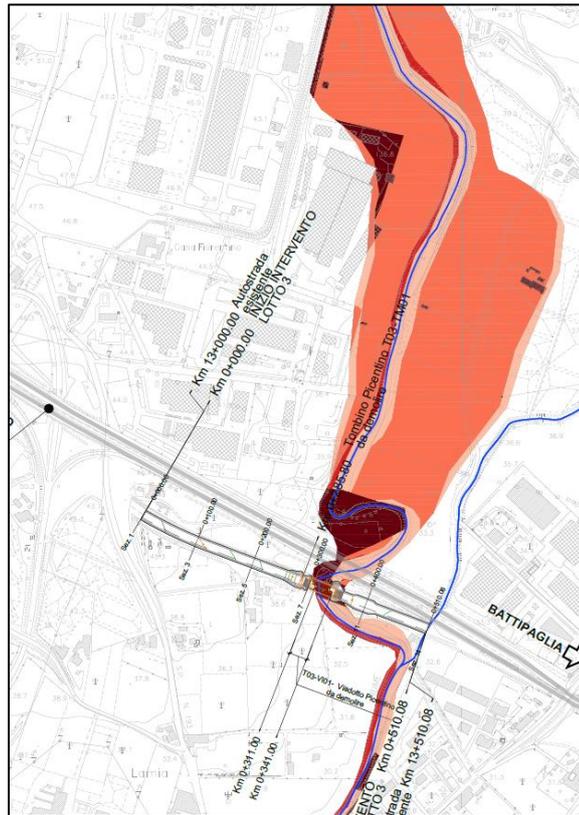


Figura 5-3 - Planimetria di rischio (PGRA) della tratta 3

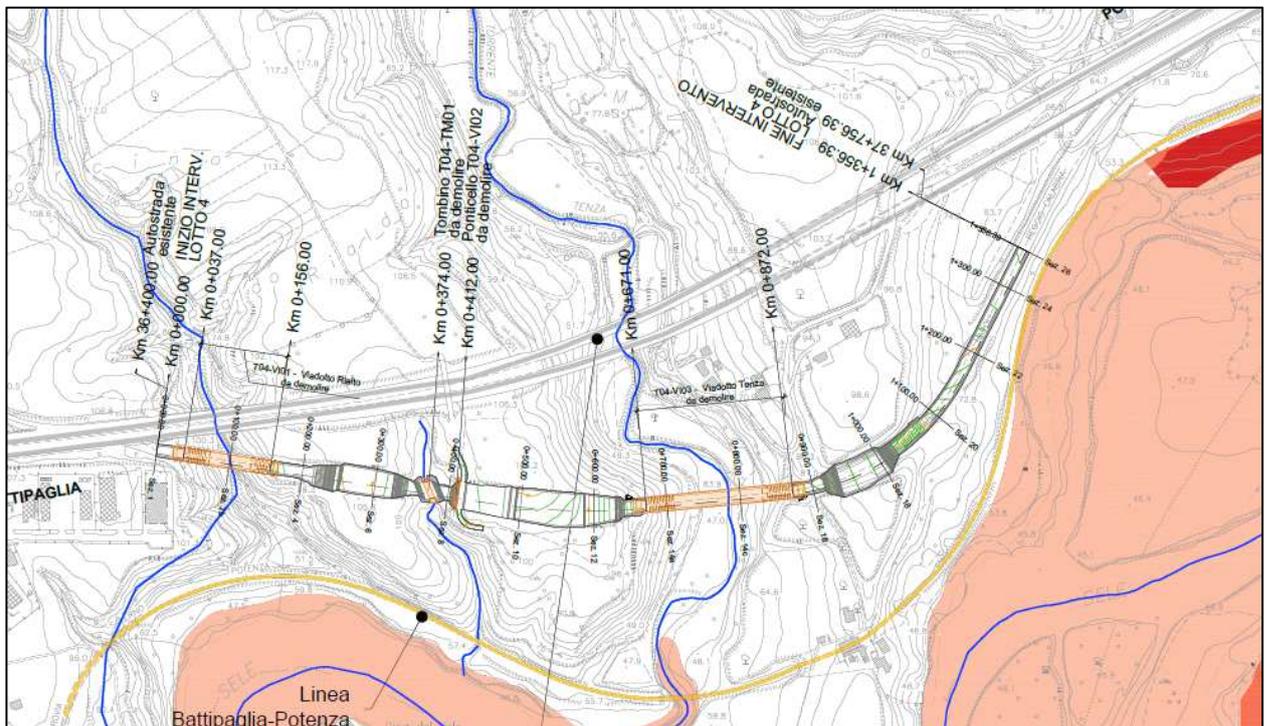


Figura 5-4 - Planimetria di rischio (PGRA) della tratta 4

## 6 STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

### 6.1 PREMESSA

La definizione delle curve di possibilità pluviometrica relative al territorio di interesse per l'infrastruttura in progetto è eseguita attraverso due distinte procedure:

- la prima è derivata dal progetto VA.PI. sulla Valutazione delle Piene in Italia, sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche; esso ha per obiettivo la regionalizzazione delle piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei. In particolare è stato preso a riferimento lo studio condotto nella Regione Campania (Rossi, F. e P. Villani, Valutazione delle Piene in Campania, CNR-GNDICI, Pubbl. N. 1472, Grafica Metelliana & C., Cava de' Tirreni (SA), 1995);
- la seconda è stata sviluppata con l'analisi statistica dei dati pluviometrici secondo la distribuzione di Gumbel.

### 6.2 PROCEDURA VA.PI.

In base alla procedura VA.PI., il "processo" dei massimi annuali delle piogge giornaliere (valore cumulato di precipitazione tra le ore 9 antimeridiane del giorno di registrazione e la stessa ora del giorno precedente) e delle piogge di breve durata e forte intensità è schematizzato con il modello probabilistico TCEV (Two-Component Extreme Value). Tale modello ipotizza che i massimi annuali provengano da una miscela di due popolazioni di eventi: una per così dire "ordinaria" (in seguito indicata con il pedice b) e l'altra "straordinaria", rappresentata dai valori campionari più elevati (in seguito indicata col pedice s). Questa ipotesi si basa sul fatto che nelle serie storiche dei massimi annuali delle piogge esistono valori nettamente superiori agli altri (outliers), tali da non sembrare appartenenti alla stessa popolazione dei rimanenti dati.

La TCEV si rappresenta con una funzione di probabilità cumulata del tipo:

$$P(h_d) = e^{-e^{-\alpha_{b,d}(h_d - \varepsilon_{b,d})} - e^{-\alpha_{s,d}(h_d - \varepsilon_{s,d})}}$$

equivalendo formalmente al prodotto di due funzioni di distribuzione cumulata di Gumbel.

La funzione di probabilità cumulata è esprimibile in un'altra forma effettuando la seguente trasformazione di variabili:

$$\alpha_{b,d} = \frac{1}{\Theta_{b,d}} \quad \alpha_{s,d} = \frac{1}{\Theta_{s,d}} \quad \varepsilon_{b,d} = \Theta_{b,d} \ln \Lambda_b \quad \varepsilon_{s,d} = \Theta_{s,d} \ln \Lambda_s$$

e:

$$\Theta^* = \frac{\Theta_{s,d}}{\Theta_{b,d}} \quad \Lambda^* = \frac{\Lambda_s}{\Lambda_b^{1/\Theta^*}}$$

In questo caso, in modo del tutto equivalente, l'espressione precedente si scrive:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_b e^{\left(\frac{h_d}{\Theta_{b,d}}\right)}} \cdot \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left(\frac{h_d}{\Theta_{b,d}}\right)^{\Theta^*}}$$

e i quattro parametri che caratterizzano il modello diventano  $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$ .

Si può dimostrare che:

- il coefficiente di asimmetria  $\xi(h_d)$  dipende soltanto dai parametri  $\Theta^* e \Lambda^*$ ;
- il coefficiente di variazione  $\gamma(h_d)$  dipende dai parametri  $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*$ ;
- la media dipende da tutti e quattro i parametri  $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$ :

$$\mu_{h_d} = \left[ \ln \Lambda_b + 0.5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\Theta^*}\right) \right] \cdot \Theta_{b,d} = \beta \cdot \Theta_{b,d}$$

Grazie a tale formulazione della media, la distribuzione di probabilità può essere espressa come segue:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_b e^{\left(\frac{h_d}{\mu_{h_d}}\right)}} \cdot \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left(\frac{\beta h_d}{\mu_{h_d}}\right)^{\Theta^*}}$$

Introducendo il coefficiente di crescita:

$$K = \frac{h_d}{\mu_{h_d}}$$

si ottiene

$$P(K) = e^{-\Lambda_b e^{-\beta K}} \cdot \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left(\frac{\beta}{\Theta^*} K\right)^{\Theta^*}}$$

che in forma implicita fornisce la curva di crescita  $K(T)$  della variabile  $h_d$ , dove T è il tempo di ritorno di  $h_d$ :

$$T = \frac{1}{1 - P(K)}$$

Da quanto detto precedentemente, i parametri della TCEV sono quattro ( $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$ ) per cui è elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche in genere disponibili la cui dimensione campionaria è spesso limitata.

Per ridurre l'incertezza si utilizzano tecniche di analisi regionale che consentono di stimare almeno alcuni dei parametri sulla base di tutte le serie storiche ricadenti all'interno di vaste aree indicate come zone e sottozone omogenee.

La procedura VA.PI. considera tre livelli di regionalizzazione, individuando:

- al 1° livello, regioni omogenee rispetto ai due parametri di forma  $\Lambda^*, \Theta^*$ , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di asimmetria  $\xi(h_d)$ ;
- al 2° livello, zone omogenee anche rispetto al parametro di scala  $\Lambda_b$  (e quindi a  $\bar{z}$  e a  $K(T)$ ), da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di variazione  $\gamma(h_d)$ ;
- al 3° livello, sottozone omogenee rispetto alla dipendenza del parametro  $\Theta_{b,d}$ , e quindi della media  $\mu_{h_d}$ , da alcune grandezze geografiche locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti). Tra queste viene normalmente scelta la quota geodetica H facendo ricorso a relazioni del tipo:

$$\ln \mu_{h_d} = aH + b \quad H_1 \leq H \leq H_2$$

con  $H_1, H_2$  i limiti di quota entro i quali ricade il campo di validità.

Per la stima della legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata, il Rapporto VAPI Campania fa riferimento ad una legge a quattro parametri del tipo:

$$\mu[h(d)] = \frac{m[I_0] \cdot d}{\left(1 + \frac{d}{a_c}\right)^{C-D \cdot z}}$$

in cui:

- $m[h(d)]$  rappresenta il valore dell'altezza di pioggia media espressa in mm in funzione della durata dell'evento;
- $m[I_0]$  rappresenta il limite dell'intensità di pioggia per  $d$  che tende a 0 il cui valore è costante per ogni area pluviometrica omogenea;
- $d$  rappresenta la durata dell'evento espresso in ore;
- $dc$ ,  $C$  e  $D$  sono dei parametri costanti per ogni area pluviometrica omogenea;
- $z$  è l'altezza media del sito.

Nel Rapporto VAPI Campania il territorio regionale è stato suddiviso in sei zone pluviometriche omogenee per ognuna della quale i parametri della suddetta legge sono costanti e sono stati determinati attraverso una procedura di stima regionale utilizzando i dati di 44 stazioni pluviografiche con più di 10 anni di osservazioni, ed in particolare:

- i massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.



Figura 6-1 – Suddivisione del territorio campano nelle 6 aree pluviometriche omogenee

I valori dei parametri della legge di probabilità pluviometrica per ognuna delle 6 aree omogenee sono riportati nella tabella a seguire.

Tabella 6-1 – Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometrica per ogni area omogenea

Area omogenea	$\mu(I_0)$ (mm/ora)	$d_c$ (ore)	C	$D \cdot 10^5$
1	77.08	0.3661	0.7995	8.6077
2	83.75	0.3312	0.7031	7.7381
3	116.70	0.0976	0.736	8.73
4	78.61	0.3846	0.81	24.874
5	231.8	0.0508	0.8351	10.8
6	87.87	0.2205	0.7265	8.8476

Il valore dell'altezza di pioggia in funzione del periodo di ritorno viene calcolato a partire dal valore dell'altezza di pioggia media moltiplicando quest'ultima per il fattore di crescita che dipende dal periodo di ritorno e dai parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Campania. Il legame tra il fattore di crescita e i parametri della distribuzione è dato dall'espressione:

$$T = \frac{1}{1 - F_k(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k/\theta_*})}$$

I valori dei parametri della distribuzione validi per la Campania sono riportati nella tabella a seguire:

Piogge	$\theta_* = 2.136$	$\Lambda_* = 0.224$	$\Lambda_1 = 41$	$\eta = 4.688$
--------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

In funzione di questi parametri sono stati ricavati i seguenti valori del fattore di crescita:

Tr (anni)	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
KT	0.87	1.16	1.38	1.64	2.03	2.36	2.71	3.17	3.53

Nel caso in esame, l'infrastruttura stradale oggetto degli interventi progettuali ricade in due distinte aree pluviometriche omogenee. I parametri adottati nella stima delle curve di possibilità pluviometrica vengono riportati nella tabella seguente.

Area omogenea	$\mu(I_0)$	dc	C	D
1 - Bacini 8-12	77.08	0.3661	0.7995	8.61E-05
2 - Bacini 1-7	83.75	0.3312	0.7031	7.74E-05

Noti i parametri della legge di probabilità pluviometrica sono quindi state determinate le curve di possibilità pluviometrica per le due aree in cui ricadono i bacini interferenti con gli interventi progettuali, calcolate per tempi di ritorno di 10, 25, 50, 100, 200 e 500 anni, assegnando un'altezza media distinta per ogni area:  $z = 68.00$  m s.l.m. per i bacini 8-12 e  $z = 95.71$  m s.l.m. per i bacini 1-7.

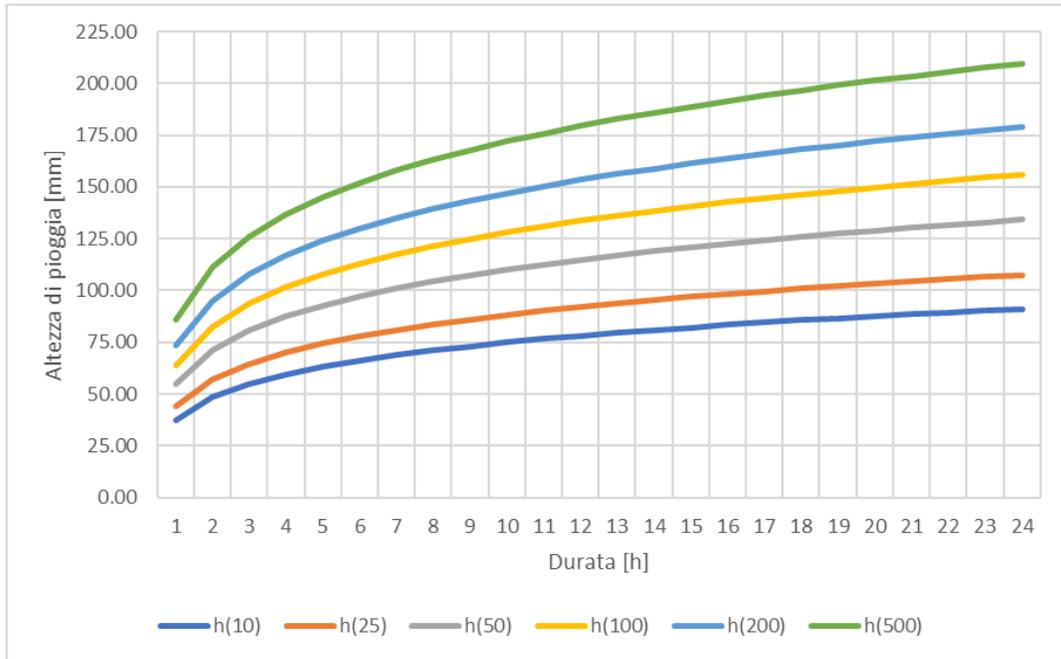


Figura 6-2 – Curve di possibilità pluviometrica per i bacini 8-10

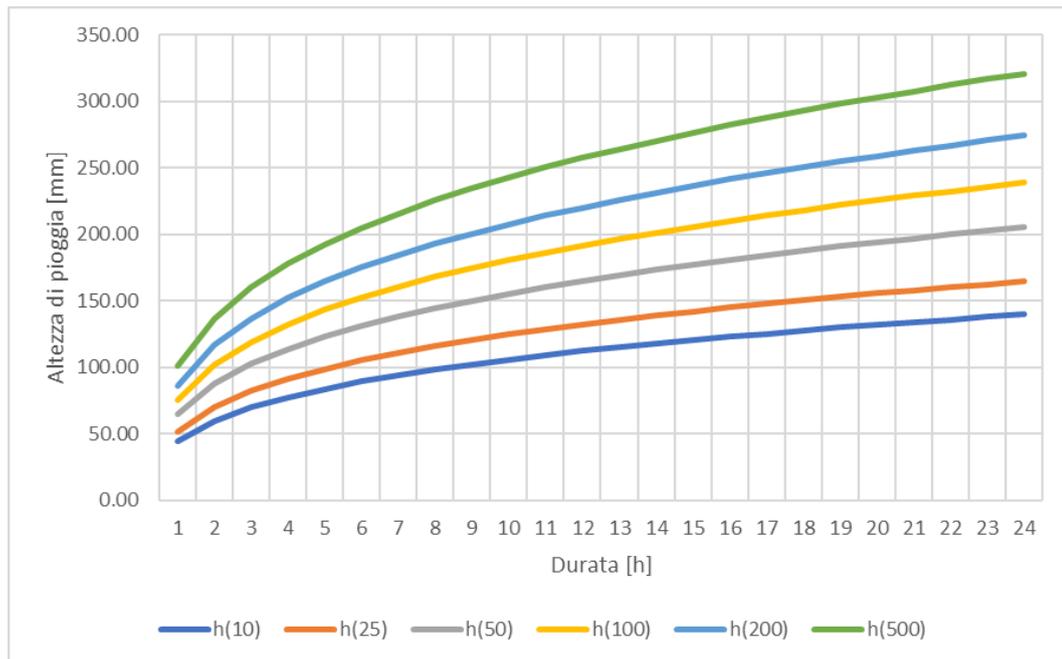


Figura 6-3 – Curve di possibilità pluviometrica per i bacini 1-7

La valutazione della pioggia media sul singolo bacino (pioggia media areale) viene effettuata moltiplicando l'altezza di pioggia per il coefficiente di riduzione areale dato dalla seguente espressione:

$$K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3})$$

dove A è l'area del bacino, espressa in km<sup>2</sup>, d la durata della pioggia, espressa in ore, ed i coefficienti valgono

$$c_1 = 0.0021$$

$$c_2 = 0.53$$

$$c_3 = 0.25$$

in cui c<sub>3</sub> non è ottenuto dai dati pluviometrici dell'area in studio, ma viene desunto da analoghe indagini condotte negli Stati Uniti.

Le piogge medie areali sono state calcolate per una durata pari al tempo di corrivazione e sono riportate nei paragrafi successivi.

### 6.3 ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI

Per la costruzione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica sono state acquisite le serie storiche (circa 20 anni di osservazione) delle precipitazioni intense relative alle stazioni pluviografiche

di Battipaglia, Pontecagnano e Salerno, poste a breve distanza dai bacini idrografici di interesse e quindi rappresentative delle precipitazioni critiche sull'area, fornite dal Centro Funzionale Multirischi di Protezione Civile della Regione Campania.

Sulla serie storica delle precipitazioni è stata svolta un'analisi statistica mediante il metodo di Gumbel, che consente di determinare le altezze massime di pioggia previste per le durate 1, 3, 6, 12, 24 ore con diversi tempi di ritorno.

L'analisi statistica degli eventi osservati permette di allargare il campo delle previsioni oltre il periodo di osservazione e di associare ad ogni evento un tempo di ritorno  $T_r$ , inteso come periodo, espresso in anni, nel quale mediamente l'evento viene eguagliato o superato. Il metodo utilizzato per l'analisi statistica dei dati di pluviometrici è la distribuzione di Gumbel, espressa dalla legge seguente:

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-\beta)}} \quad (1)$$

Dove:

$$\alpha = 1,283/\sigma$$

$$\beta = M-0,577/\sigma$$

sono i parametri caratteristici della distribuzione valutati con il metodo dei momenti a partire dalla media  $M$  e dallo scarto quadratico medio  $\sigma$  del campione. Fissato il tempo di ritorno  $T$  dell'evento meteorico, legato alla probabilità di non superamento  $P$  dall'espressione

$$P = 1 - \frac{1}{T} \quad (2)$$

si determinano, una volta calcolati i parametri  $\alpha$  e  $\beta$  per ciascun campione di durata caratteristica, i corrispondenti quantili  $h$ , mediante esplicitazione della (1). Per ciascun tempo di ritorno, le altezze massime di pioggia di fissata durata vengono interpolate con la legge caratteristica delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica

$$h = a \cdot d^n \quad (3)$$

con  $a$  ed  $n$  parametri di forma caratteristici delle suddette curve. Il dettaglio delle elaborazioni statistiche sopra descritte viene di seguito riportato.

PIOGGE MASSIMA INTENSITÀ- BATTIPAGLIA					
ANNO	1	3	6	12	24
2001	28.8	35.2	45.0	49.6	68.8
2002	36.8	67.4	74.6	118.8	179.4
2003	22.6	40.8	49.4	49.6	66.4
2004	24.2	32.0	43.0	77.8	79.6
2005	28.0	42.8	43.2	43.4	58.0
2006	34.4	69.6	88.6	97.0	97.2
2007	29.4	43.2	55.2	55.4	55.4
2008	25.6	34.6	42.0	50.6	67.8
2009	17.6	27.4	48.0	73.8	87.6
2010	35.0	42.4	48.2	55.8	81.0
2011	30.6	31.6	51.6	59.4	70.0
2012	46.8	67.2	80.8	87.8	87.8
2013	21.0	27.4	44.8	60.0	80.8
2014	33.8	39.2	48.0	50.2	69.2
2015	47.4	57.4	58.0	66.8	76.8
2016	41.4	63.8	73.6	74.0	132.2
2017	23.0	37.0	39.0	67.4	78.6
2018	27.4	44.8	52.8	53.0	53.8
2019	22.6	28.4	38.0	54.2	68.4
2020	16.4	24.6	32.2	41.4	55.2
2021	16.8	29.4	45.0	50.8	65.6

Tempi di ritorno (anni)	$h = a \cdot t^n$	
	a(T)	n
10	41.169	0.3221
20	46.235	0.3238
30	49.149	0.3246
50	52.792	0.3254
100	57.706	0.3264
200	62.601	0.3272
500	69.060	0.3281

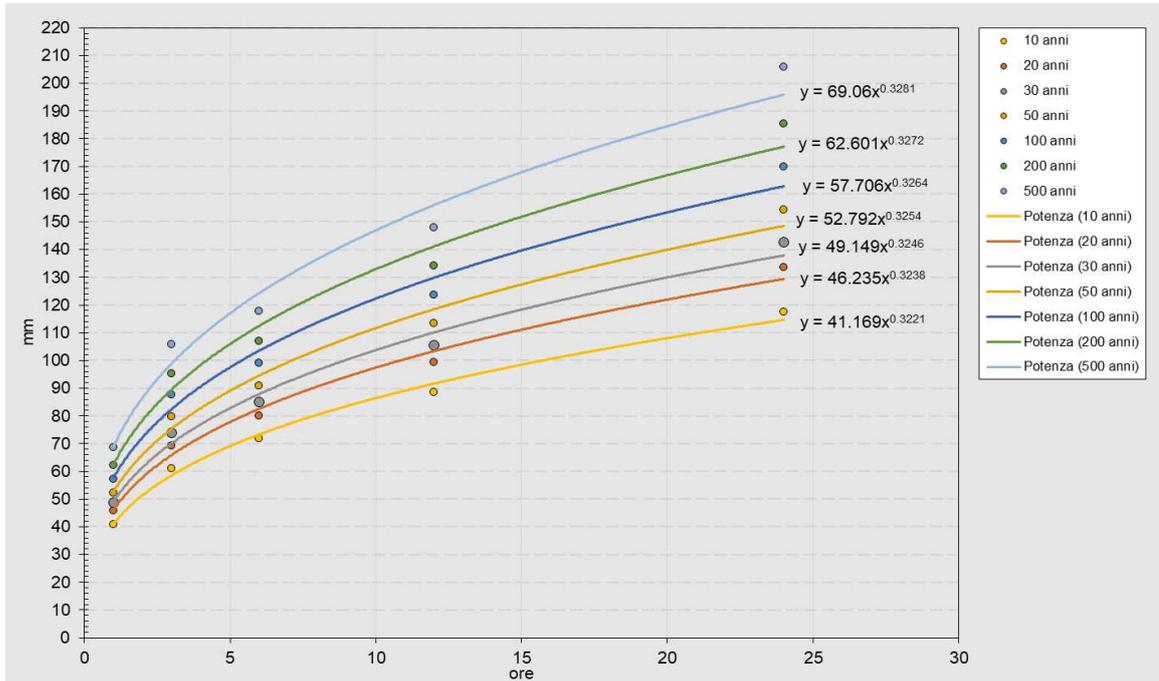


Figura 6-4 – Curve di possibilità pluviometrica stazione di Battipaglia

PIOGGE MASSIMA INTENSITÀ- PONTECAGNANO					
ANNO	1	3	6	12	24
<b>2001</b>					
<b>2002</b>	42.4	54.2	76.8	99.4	131.4
<b>2003</b>	20.6	29.4	31.2	39.6	50.4
<b>2004</b>	24.8	35.4	51.0	62.4	69.2
<b>2005</b>	38.8	39.0	59.4	60.4	61.2
<b>2006</b>	31.0	46.2	60.0	85.4	99.6
<b>2007</b>	30.8	49.0	53.4	55.0	60.2
<b>2008</b>	20.0	29.2	31.2	38.8	55.0
<b>2009</b>	35.0	40.6	50.0	54.6	72.2
<b>2010</b>	53.6	112.8	141.4	150.0	158.2
<b>2011</b>	39.0	52.8	70.2	76.6	89.0
<b>2012</b>	31.4	41.0	63.0	69.6	71.4
<b>2013</b>	43.4	81.8	82.0	82.0	82.2
<b>2014</b>	28.8	30.8	39.6	46.8	70.2
<b>2015</b>	46.4	76.2	91.8	101.2	123.0
<b>2016</b>	30.0	43.2	55.2	79.4	96.6
<b>2017</b>	33.6	41.0	48.2	57.2	63.2
<b>2018</b>	45.6	54.2	69.8	71.0	71.6

RELAZIONE IDROLOGICA

<b>2019</b>	35.2	42.6	53.4	56.2	62.8
<b>2020</b>	26.4	39.4	42.0	49.8	74.2
<b>2021</b>	30.8	42.0	47.2	54.0	64.6

Tempi di ritorno (anni)	$h = a \cdot t^n$	
	a(T)	n
10	50.380	0.2912
20	56.664	0.2972
30	60.270	0.3000
50	64.772	0.3032
100	70.833	0.3068
200	76.864	0.3099
500	84.811	0.3133

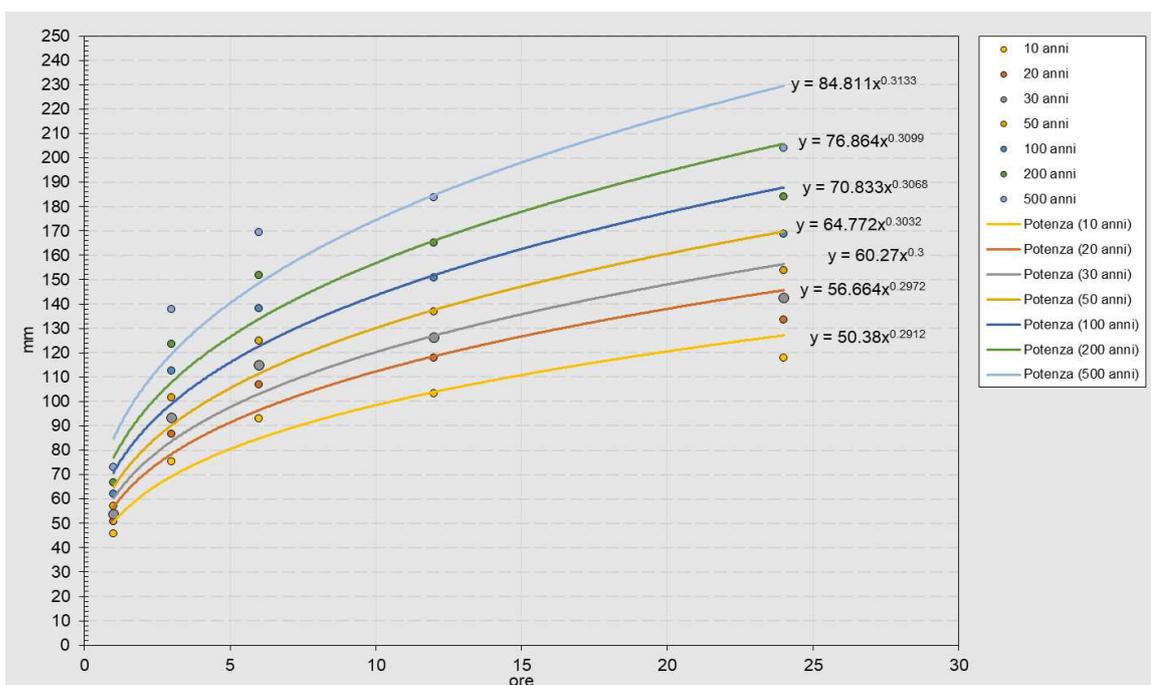


Figura 6-5- Curve di possibilità pluviometrica stazione di Pontecagnano

PIOGGE DI MASSIMA INTENSITÀ - SALERNO GC					
ANNO	1	3	6	12	24
<b>2001</b>	22.6	37.2	59.8	82.6	84.8
<b>2002</b>	30.2	38.2	47.0	64.2	81.6
<b>2003</b>	47.6	63.8	99.4	122.8	128.0

RELAZIONE IDROLOGICA

<b>2004</b>	42.6	51.8	71.8	81.4	103.2
<b>2005</b>	35.0	66.4	77.2	78.8	80.2
<b>2006</b>	38.0	54.8	71.8	100.2	138.2
<b>2007</b>	38.8	71.6	75.0	75.8	76.2
<b>2008</b>	23.4	36.6	41.2	44.2	69.8
<b>2009</b>	37.6	68.6	75.8	76.2	77.0
<b>2010</b>	33.0	44.6	48.0	62.4	76.2
<b>2011</b>	30.6	40.2	43.6	69.0	82.8
<b>2012</b>	42.0	51.4	56.0	64.4	86.0
<b>2013</b>	25.8	41.8	46.0	57.6	62.8
<b>2014</b>	41.2	61.2	70.2	77.0	90.0
<b>2015</b>	35.6	50.8	54.0	93.6	108.4
<b>2016</b>	36.8	41.4	55.6	76.6	78.8
<b>2017</b>	22.0	38.8	47.0	68.0	90.4
<b>2018</b>	35.2	36.6	42.0	58.2	58.2
<b>2019</b>	43.2	55.4	84.2	97.8	122.4
<b>2020</b>	25.6	35.4	40.8	43.8	58.6
<b>2021</b>	17.8	37.6	44.4	45.8	54.8

Tempi di ritorno (anni)	$h = a \cdot t^n$	
	$a(T)$	$n$
10	45.404	0.3063
20	50.142	0.3087
30	52.867	0.3099
50	56.273	0.3112
100	60.868	0.3127
200	65.445	0.3140
500	71.484	0.3155

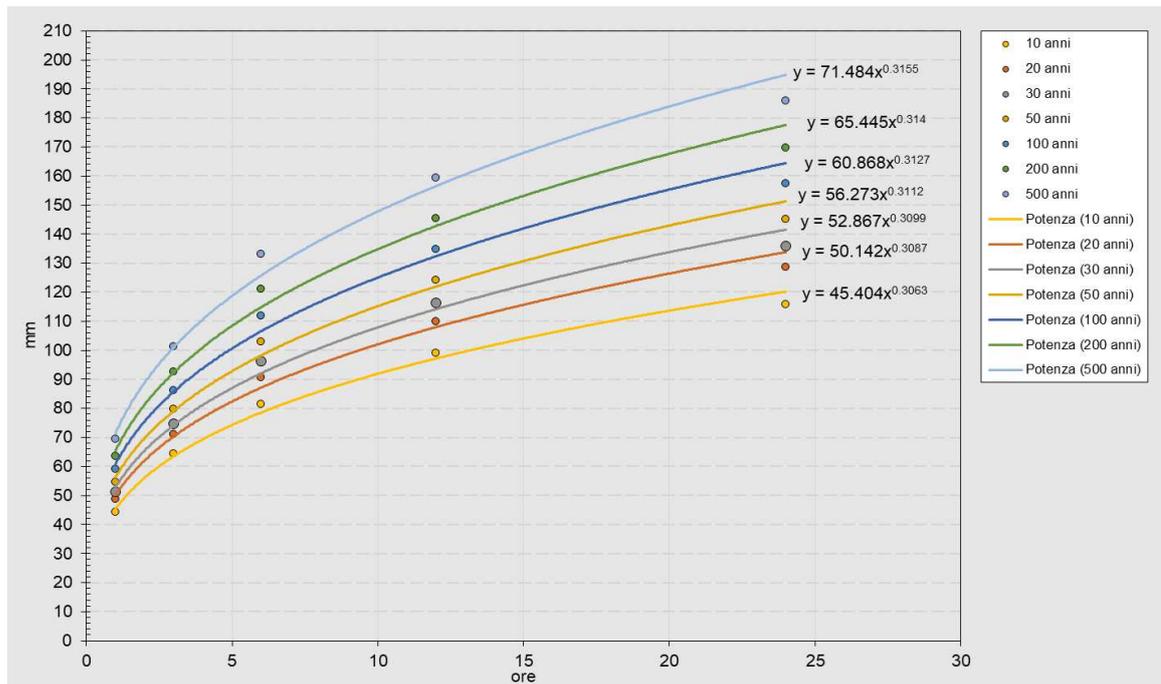


Figura 6-6 - Curve di possibilità pluviometrica stazione di Salerno

I valori più cautelativi risultano essere quelli della stazione di Pontecagnano, pertanto questi verranno presi in considerazione per il calcolo delle portate e verranno successivamente messi a confronto con quelle ottenute dall'applicazione del metodo VAPI per la scelta delle portate di progetto.

## 7 STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

### 7.1 PREMESSA

Scopo del presente capitolo è la definizione, per ciascun corso d'acqua interferito, delle portate di piena corrispondenti a tempo di ritorno pari a 10, 50, 100, 200 e 500 anni.

Tale operazione sarà condotta grazie all'utilizzo del metodo razionale.

### 7.2 METODO RAZIONALE

#### 7.2.1 Metodologia di calcolo

Alla base della procedura vi sono le seguenti assunzioni:

- la massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- il picco di piena ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- la formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avviene senza la formazione di invasi significativi; nel caso si formino invasi significativi il colmo di piena calcolato con questa metodologia sarà sovrastimato.

La portata al colmo di piena è espressa dalla formula:

$$Q = \frac{chS}{3,6t_c} (m^3 / s)$$

dove:

- c = coefficiente di deflusso del bacino;
- h = altezza massima di pioggia per una durata pari al tempo di corrivazione (mm);
- S = superficie del bacino (km<sup>2</sup>);
- t<sub>c</sub> = tempo di corrivazione del bacino (ore).

La procedura si articola nei seguenti passi:

- delimitazione del bacino idrografico di interesse su una base cartografica in opportuna scala;
- definizione dei parametri morfologici e fisiografici (superficie del bacino sotteso, lunghezza e pendenza dell'asta principale, quota massima (H<sub>max</sub>) minima (H<sub>min</sub>) e media (H<sub>med</sub>) del bacino, copertura vegetale, uso del suolo);

- definizione dei tempi di corrivazione in base a diverse formule teorico-sperimentali e attribuzione dei valori di riferimento;
- definizione della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (vedi cap. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**);
- analisi dei dati di copertura e vegetazione per la valutazione del coefficiente di deflusso;
- calcolo della portata di massima piena per diversi tempi di ritorno.

### 7.2.2 Tempo di corrivazione

La determinazione del valore del tempo di corrivazione, in funzione delle caratteristiche fisiografiche dei bacini, è effettuata:

- Formula di Giandotti per bacini con estensione areale superiore a 10 km<sup>2</sup>:

$$t_c = \frac{4 \cdot A^{\frac{1}{2}} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (H_{med} - H_0)^{1/2}}$$

dove:

- $t_c$  è il tempo di corrivazione [h];
- $A$  è l'area del bacino [kmq];
- $L$  è la lunghezza dell'asta fluviale [km];
- $H_{med} - H_0$  è il dislivello medio del bacino [m];
- 

- Formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055 \cdot \left( \frac{L}{I^{0.5}} \right)$$

dove:

- $L$  è la lunghezza dell'asta fluviale [km];
- $I$  è la pendenza media del reticolo idrografico [m/m];

- Formula di Ventura per bacini con estensione areale inferiore a 40 km<sup>2</sup>:

$$t_c = 0.1272 \cdot (A/I)^{0.50}$$

dove:

- $t_c$  è il tempo di corrivazione [h];
- $A$  è l'area del bacino [kmq];

–  $I$  è la pendenza media dell'asta fluviale [m/m];

- Formula di Pasini per bacini con estensione areale inferiore a 40 km<sup>2</sup>:

$$t_c = \frac{0.108 \cdot (A \cdot L)^{1/3}}{I^{1/2}}$$

dove:

- $t_c$  è il tempo di corrivazione [h];
- $A$  è l'area del bacino [kmq];
- $L$  è la lunghezza dell'asta fluviale [km];
- $I$  è la pendenza media dell'asta fluviale [m/m];

- Formula di Kirpich per bacini con estensione areale inferiore a 1 km<sup>2</sup>:

$$t_c = 0.066 \cdot \left( \frac{L^{0.77}}{I^{0.385}} \right)$$

dove:

- $t_c$  è il tempo di corrivazione [h];
- $L$  è la lunghezza dell'asta fluviale [km];
- $I$  è la pendenza media del reticolo idrografico [m/m].

I calcoli idrologici del tempo di corrivazione e delle portate al colmo vengono chiaramente riferiti alla sezione di chiusura, la cui ubicazione, così come la perimetrazione dei relativi bacini idrografici sono riportate nelle corografie dei bacini idrografici. È stato assunto quale limite inferiore il valore di 15 minuti, essendo tempi inferiori non rappresentativi della realtà dei fenomeni fisici in esame, in considerazione della presenza di capacità di accumulo e trattenimento naturali degli afflussi. Sono tuttavia stati valutati anche tempi di corrivazione inferiori, ottenendo però portate inferiori rispetto a quelle valutate con una durata di 15 minuti, pertanto è stato posto suddetto limite inferiore.

Di seguito sono riportati i principali parametri morfologici e fisiografici dei bacini, necessari alla stima dei tempi di corrivazione.

Tabella 7-1 – Caratteristiche morfologiche e fisiografiche dei bacini in esame

Bacini	Nome corso d'acqua	L asta (m)	Area bacino (kmq)	I media asta (m/m)	H0 (m slm)	Hmax (m slm)	Hmedia (m slm)	Hmax asta (m slm)
B1	Rio Sordina	8900.0	10.78	0.0680	155.0	760.0	457.5	760.0
B2	Torrente Fuorni	7220.0	8.22	0.1115	100.0	1120.0	610.0	905.0
B3	-	240.0	0.05	0.4167	115.0	280.0	197.5	215.0
B4	-	360.0	0.09	0.3611	95.0	285.0	190.0	225.0
B5	-	190.0	0.05	0.3421	85.0	225.0	155.0	150.0
B6	-	207.0	0.03	0.4589	85.0	205.0	145.0	180.0
B7	Fiume Picentino	24000.0	60.56	0.0631	35.0	1660.0	847.5	1550.0
B8	-	990.0	0.45	0.0505	60.0	120.0	90.0	110.0
B9	-	99.0	0.05	0.1010	90.0	120.0	105.0	100.0
B10	Torrente Tenza	18400.0	50.20	0.0899	45.0	1715.0	880.0	1700.0

Attraverso la stima di tali parametri si è quindi proceduto alla stima dei tempi di corrivazione nelle diverse sezioni di chiusura attraverso le relazioni precedentemente descritte. I tempi di corrivazione calcolati adottati sono in via cautelativa pari al valore minimo tra quelli ottenuti.

Tabella 7-2 – Tempi di corrivazione adottati

Bacini	Nome corso d'acqua	Ventura (h)	Pasini (h)	Kirpich (h)	Giandotti (h)	Pezzoli (h)	Adottato (h)
B1	Rio Sordina	1.60	1.90	-	1.90	1.88	1.60
B2	Torrente Fuorni	1.09	1.26	-	-	1.19	1.09
B3	-	0.04	0.04	0.03	-	0.02	0.25
B4	-	0.06	0.06	0.04	-	0.03	0.25
B5	-	0.05	0.04	0.03	-	0.02	0.25
B6	-	0.03	0.03	0.03	-	0.02	0.25
B7	Fiume Picentino	-	-	-	2.94	5.25	2.94
B8	-	0.38	0.37	0.21	-	0.24	0.25
B9	-	0.09	0.06	0.03	-	0.02	0.25
B10	Torrente Tenza	-	-	-	2.42	3.37	2.42

### 7.2.3 Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso relativo a ciascun bacino idrografico di interesse è stimato mediante il metodo del Curve Number, proposto dal Soil Conservation Service (1972), il quale si basa sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace)  $P_{net}$  risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda  $P$  (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \text{ [mm]}$$

nella quale  $S$  è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed  $I_a$  è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro  $S$  corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha  $P > I_a$ ; fino all'istante in cui non si ha  $P < I_a$  il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale  $I_a$  si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di  $I_a$  si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S \text{ [mm]}$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di  $S$  può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \text{ [mm]}$$

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico. Il Soil Conservation Service (SCS) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- Gruppo A - Scarsa potenzialità di deflusso: comprende forti spessori di sabbia con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili.
- Gruppo B – Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
- Gruppo C – Potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.

- Gruppo D - Potenzialità di deflusso molto elevata: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

Tabella 7-3 – Valori del CN per i diversi tipi di suolo in funzione dell'uso del suolo per condizioni di umidità iniziale medie (AMC II)

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
<u>Terreno coltivato</u>				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
<u>Terreno a pascolo</u>				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
<u>Terreni boscosi o forestati</u>				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
<u>Spazi aperti, prati rasati, parchi</u>				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
<u>Aree commerciali (area impermeabile 85%)</u>	89	92	94	95
<u>Distretti industriali (area impermeabile 72%)</u>	81	88	91	93
<u>Aree residenziali</u>				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
<u>Parcheggi, tetti, autostrade</u>	98	98	98	98
<u>Strade</u>				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

I valori del CN riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

Poiché il rifiuto del terreno è un fenomeno dinamico, che dipende dallo stato del sistema, ovvero dallo stato di imbibimento del bacino, si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-

quantitativo, in base ad un indice di pioggia, dato dall'altezza totale di pioggia caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena,  $API_5$ . a seconda del valore di  $API_5$ , vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

Tabella 7-4 – Definizione della classe di umidità in base al parametro  $API_5$

CLASSE AMC	Altezza di pioggia nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I - asciutta	< 12.7	< 35.5
II - media	12.7 - 28.0	35.5 - 53.3
III - umida	> 28.0	> 53.3

Noto il valore di CN per le condizioni medie di imbibimento, per passare a condizioni di umidità iniziale asciutte (classe AMC I) o umide (classe AMC III), si utilizzano le seguenti relazioni:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Nello studio in esame è stato attribuito al suolo la classe AMC III in modo da ottenere i valori di pioggia netta più cautelativi.

L'uso del suolo è stato ottenuto dalla carta d'uso del suolo della Regione Campania.

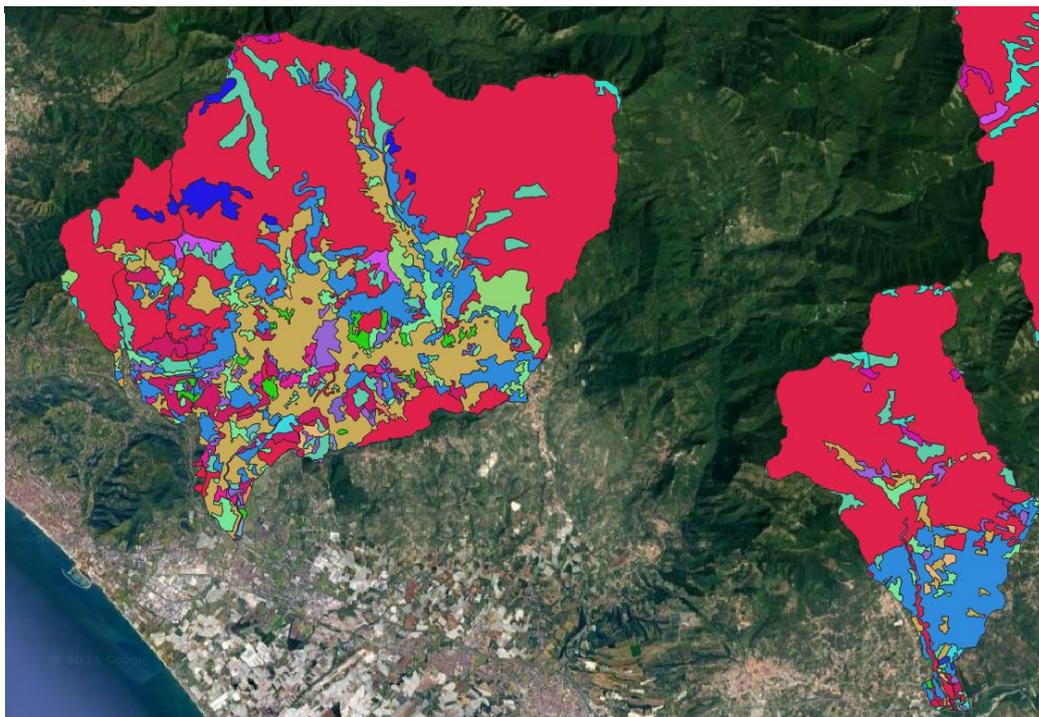


Figura 7-1 – Uso del suolo nei bacini oggetto di studio

La tipologia di copertura e i relativi coefficienti del Curve Number utilizzati sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 7-5 – Destinazione d'uso del suolo e valori del CN adottati

USO DEL SUOLO	CN II
Vigneti	58
Frutteti e frutti minori	58
Oliveti	58
Agrumeti	68
Castagni da frutto	58
Prati permanenti, prati pascoli e pascoli	61
Pascoli non utilizzati o di incerto utilizzo	76
Colture temporanee associate a colture permanenti	68
Sistemi colturali e particellari complessi	68
Boschi di latifoglie	50
Boschi di conifere	50
Boschi misti di latifoglie e di conifere	50
Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	61
Cespuglieti e arbusteti	61
Aree a vegetazione sclerofilla	61
Rocce nude ed affioramenti	84

RELAZIONE IDROLOGICA

Aree con vegetazione rada	61
Aree degradate da incendi e per altri eventi	80
Ambiente urbanizzato e superfici artificiali	83
Acque	100
Seminativi autunno vernini - cereali da granella	69
Seminativi primaverili estivi - cereali da granella	69
Seminativi primaverili estivi - ortive	69
Seminativi primaverili estivi - colture industriali	69
Prati avvicendati	46
Erbai	52
Aree a ricolonizzazione naturale	50
Colture protette - Orticole e frutticole	68
Cereali da granella autunno-vernini associati a coltur	69
Colture foraggere associate a cereali da granella autu	69

Ad ogni bacino è stato assegnato un valore del CN, ottenuto come media pesata sulla base della superficie ricoperta da ogni tipologia di copertura. Di seguito si riportano le tabelle con l'uso del suolo e i valori del Curve Number relativi ai bacini idrografici.

B1	
Uso del suolo	Area [m2]
Ambiente urbanizzato e superfici artificiali	68935.22
Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	16774.02
Aree a vegetazione sclerofilla	188613.22
Aree con vegetazione rada	100272.03
Boschi di latifoglie	8828869.30
Castagni da frutto	341307.04
Cespuglieti e arbusteti	522505.76
Frutteti e frutti minori	653260.22
Oliveti	53072.85
Prati permanenti, prati pascoli e pascoli	5168.62
Seminativi autunno vernini - cereali da granella	157.26
<b>Area totale</b>	<b>10778935.54</b>
<b>CN Il medio</b>	<b>51.84</b>

RELAZIONE IDROLOGICA

B2	
Uso del suolo	Area [m2]
Agrumeti	49564.38
Ambiente urbanizzato e superfici artificiali	699747.53
Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	126413.23
Aree a vegetazione sclerofilla	197.68
Boschi di latifoglie	2366323.38
Cespuglieti e arbusteti	700167.50
Frutteti e frutti minori	974702.48
Oliveti	1159664.15
Prati avvicendati	172116.69
Prati permanenti, prati pascoli e pascoli	1728181.61
Seminativi autunno vernini - cereali da granella	4204.62
Seminativi primaverili estivi - ortive	198456.77
Sistemi colturali e particellari complessi	44594.63
<b>Area totale [m2]</b>	<b>8224334.64</b>
<b>CN II medio</b>	<b>58.89</b>

B3	
Uso del suolo	Area [m2]
Agrumeti	19733.61
Ambiente urbanizzato e superfici artificiali	472.57
Boschi di latifoglie	26150.18
<b>Area totale [m2]</b>	<b>46356.36</b>
<b>CN II medio</b>	<b>58</b>

B4	
Uso del suolo	Area [m2]
Agrumeti	854.55
Ambiente urbanizzato e superfici artificiali	6870.97
Boschi di latifoglie	74686.01
Cespuglieti e arbusteti	3800.07
<b>Area totale [m2]</b>	<b>86211.61</b>
<b>CN II medio</b>	<b>53.29</b>

B5	
Uso del suolo	Area [m2]
Ambiente urbanizzato e superfici artificiali	432.197
Boschi di latifoglie	50209.318
<b>Area totale [m2]</b>	<b>50641.515</b>
<b>CN II medio</b>	<b>50.28</b>

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDROLOGICA

B7	
Uso del suolo	Area [m2]
Acque	804264.62
Agrumeti	1087733.50
Ambiente urbanizzato e superfici artificiali	4252553.79
Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	932491.64
Aree a vegetazione sclerofilla	4357383.37
Aree con vegetazione rada	305183.71
Boschi di latifoglie	69883574.11
Castagni da frutto	2128696.38
Cereali da granella autunno-vernini associati a coltur	379751.74
Cespuglieti e arbusteti	6693906.57
Colture foraggere associate a cereali da granella autu	342085.18
Colture protette - Orticole e frutticole	435374.69
Colture temporanee associate a colture permanenti	1065.76
Erbai	295809.97
Frutteti e frutti minori	22443285.92
Oliveti	13580084.59
Pascoli non utilizzati o di incerto utilizzo	51741.38
Prati avvicendati	1486041.45
Prati permanenti, prati pascoli e pascoli	3745408.53
Rocce nude ed affioramenti	345561.91
Seminativi primaverili estivi - ortive	968089.02
Sistemi colturali e particellari complessi	1757451.76
Vigneti	167063.75
<b>Area totale [m2]</b>	<b>136444603.33</b>
<b>CN II medio</b>	<b>55.59</b>

B8	
Uso del suolo	Area [m2]
Ambiente urbanizzato e superfici artificiali	37815.56
Boschi di latifoglie	77574.51
Erbai	36250.40
Oliveti	199009.27
Prati avvicendati	48480.38
Prati permanenti, prati pascoli e pascoli	47107.42
Seminativi autunno vernini - cereali da granella	279.18
<b>Area totale [m2]</b>	<b>446516.719</b>
<b>CN II medio</b>	<b>57.26</b>

B9	
Uso del suolo	Area [m2]
Ambiente urbanizzato e superfici artificiali	8771.50
Erbai	33126.00
Prati permanenti, prati pascoli e pascoli	12432.00
<b>Area totale [m2]</b>	<b>54329.50</b>
<b>CN II medio</b>	<b>59.06</b>

RELAZIONE IDROLOGICA

B10	
Uso del suolo	Area [m2]
Acque	198553.82
Ambiente urbanizzato e superfici artificiali	1327769.58
Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	38491.69
Aree con vegetazione rada	528748.79
Aree degradate da incendi e per altri eventi	188921.94
Boschi di latifoglie	33341584.75
Cereali da granella autunno-vernini associati a coltur	278287.69
Cespuglieti e arbusteti	1980446.74
Colture foraggere associate a cereali da granella autu	221125.50
Colture temporanee associate a colture permanenti	48625.31
Erbai	35290.33
Frutteti e frutti minori	1676417.59
Oliveti	8812933.15
Prati avvicendati	51062.67
Prati permanenti, prati pascoli e pascoli	209993.78
Rocce nude ed affioramenti	351519.37
Seminativi primaverili estivi - cereali da granella	76832.63
Sistemi colturali e particellari complessi	829298.69
<b>Area totale [m2]</b>	<b>50195904.00</b>
<b>CN II medio</b>	<b>54.23</b>

Di seguito si riportano i valori utili per il calcolo della pioggia netta secondo la metodologia SCS-CN.

Tabella 7-6 – Parametri per il calcolo della pioggia netta

Bacini	Nome corso d'acqua	CN II	CN III	S (mm)	la (mm)
B1	Rio Sordina	51.84	71.23	102.60	20.52
B2	Torrente Fuorni	58.89	76.72	77.09	15.42
B3	-	58.00	76.05	79.97	15.99
B4	-	53.29	72.41	96.80	9.68
B5	-	50.28	69.93	109.20	10.92
B6	-	50.20	69.87	109.55	10.96
B7	Fiume Picentino	55.59	74.22	88.22	17.64
B8	-	57.26	75.50	82.43	8.24
B9	-	59.06	76.84	76.55	15.31
B10	Torrente Tenza	54.23	73.16	93.21	18.64

#### 7.2.4 Altezza di pioggia e coefficiente di riduzione areale

È comune esperienza che le piogge di elevata intensità si concentrino in aree piccole, e che, a parità di durata e a parità di tempo di ritorno, l'altezza di precipitazione decresca al crescere dell'area.

RELAZIONE IDROLOGICA

Al fine di tenere conto di tale fenomeno, l'altezza di pioggia di progetto è stata calcolata moltiplicando le altezze di pioggia puntuali (vedi Cap. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) per il coefficiente di riduzione areale, calcolato secondo due diverse metodologie. Le altezze di pioggia ottenute con il metodo VAPI sono state moltiplicate per il coefficiente utilizzato nel citato studio e riportato nel paragrafo 6.2. Le altezze di pioggia ottenute con l'analisi statistica di Gumbel sono state moltiplicate per il coefficiente dato dalla seguente relazione (U.S. Weather Bureau -Eagleson 1978):

$$ARF = 1 - e^{(-1.1t^{0.25})} + e^{(-1.1t^{0.25} - 0.00386A)}$$

dove

- t = durata di pioggia [ore];
- A = area del bacino [kmq].

### 7.3 DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO

Utilizzando la metodologia e i parametri riportati nel paragrafo precedente sono state ottenute le portate riportate a seguire.

#### Metodo VAPI

Bacini	Nome corso d'acqua	Tr = 10 anni			
		Rtot (mm)	Re (mm)	Cd	Qp (mc/s)
B1	Rio Sordina	53.59	8.06	0.15	15.07
B2	Torrente Fuorni	45.32	8.36	0.18	17.47
B3	-	19.54	0.15	0.01	0.01
B4	-	19.54	0.00	0.000	0.00
B5	-	19.54	0.05	0.003	0.00
B6	-	19.54	0.05	0.003	0.00
B7	Fiume Picentino	64.98	16.53	0.25	94.44
B8	-	17.58	0.01	0.00	0.01
B9	-	17.59	0.07	0.00	0.004
B10	Torrente Tenza	48.76	7.36	0.15	42.39

RELAZIONE IDROLOGICA

		Tr = 50 anni			
Bacini	Nome corso d'acqua	Rtot (mm)	Re (mm)	Cd	Qp (mc/s)
B1	Rio Sordina	78.83	21.13	0.27	39.51
B2	Torrente Fuorni	66.66	20.46	0.31	42.78
B3	-	28.74	1.75	0.06	0.09
B4	-	28.74	0.83	0.029	0.08
B5	-	28.74	0.41	0.014	0.02
B6	-	28.74	0.40	0.014	0.01
B7	Fiume Picentino	95.58	36.56	0.38	208.90
B8	-	25.86	0.96	0.04	0.48
B9	-	25.88	1.28	0.05	0.08
B10	Torrente Tenza	71.73	19.26	0.27	111.01

		Tr = 100 anni			
Bacini	Nome corso d'acqua	Rtot (mm)	Re (mm)	Cd	Qp (mc/s)
B1	Rio Sordina	91.65	31.44	0.34	58.78
B2	Torrente Fuorni	77.50	30.03	0.39	62.79
B3	-	33.41	3.27	0.10	0.17
B4	-	33.41	1.86	0.06	0.18
B5	-	33.41	1.15	0.03	0.06
B6	-	33.41	1.14	0.03	0.03
B7	Fiume Picentino	111.12	52.59	0.47	300.49
B8	-	30.07	2.01	0.07	1.00
B9	-	30.09	2.51	0.08	0.15
B10	Torrente Tenza	83.39	28.66	0.34	165.13

		Tr = 200 anni			
Bacini	Nome corso d'acqua	Rtot (mm)	Re (mm)	Cd	Qp (mc/s)
B1	Rio Sordina	105.24	38.32	0.36	71.63
B2	Torrente Fuorni	89.00	35.93	0.40	75.12
B3	-	38.37	4.89	0.13	0.25
B4	-	38.36	3.12	0.08	0.30
B5	-	38.37	2.17	0.06	0.12
B6	-	38.37	2.15	0.06	0.06
B7	Fiume Picentino	127.60	61.01	0.48	348.61
B8	-	34.53	3.24	0.09	1.62
B9	-	34.55	3.86	0.11	0.23
B10	Torrente Tenza	95.76	34.91	0.36	201.19

RELAZIONE IDROLOGICA

		Tr = 500 anni			
Bacini	Nome corso d'acqua	Rtot (mm)	Re (mm)	Cd	Qp (mc/s)
B1	Rio Sordina	123.10	51.29	0.42	95.88
B2	Torrente Fuorni	104.10	47.44	0.46	99.18
B3	-	44.88	7.66	0.17	0.40
B4	-	44.88	5.32	0.12	0.51
B5	-	44.88	4.01	0.09	0.23
B6	-	44.88	3.98	0.09	0.12
B7	Fiume Picentino	149.26	78.80	0.53	450.27
B8	-	40.44	5.39	0.13	2.70
B9	-	40.46	6.22	0.15	0.38
B10	Torrente Tenza	112.55	47.13	0.42	271.60

Gumbel

		Tr = 10 anni			
Bacini	Nome corso d'acqua	Rtot (mm)	Re (mm)	Cd	Qp (mc/s)
B1	Rio Sordina	57.79	9.93	0.17	18.35
B2	Torrente Fuorni	51.69	11.61	0.22	24.02
B3	-	33.65	3.19	0.09	0.16
B4	-	33.65	1.84	0.05	0.18
B5	-	33.65	1.15	0.03	0.06
B6	-	33.65	1.14	0.03	0.03
B7	Fiume Picentino	68.99	18.89	0.27	102.62
B8	-	33.65	2.96	0.09	1.48
B9	-	33.65	3.54	0.11	0.21
B10	Torrente Tenza	65.17	15.49	0.24	85.28

		Tr = 50 anni			
Bacini	Nome corso d'acqua	Rtot (mm)	Re (mm)	Cd	Qp (mc/s)
B1	Rio Sordina	74.72	18.74	0.25	34.61
B2	Torrente Fuorni	66.53	20.37	0.31	42.16
B3	-	42.54	6.62	0.16	0.34
B4	-	42.54	4.48	0.11	0.43
B5	-	42.54	3.30	0.08	0.19
B6	-	42.54	3.27	0.08	0.09
B7	Fiume Picentino	89.86	32.50	0.36	176.57
B8	-	42.54	6.26	0.15	3.13
B9	-	42.54	7.15	0.17	0.43
B10	Torrente Tenza	84.67	27.38	0.32	150.74

		Tr = 100 anni			
Bacini	Nome corso d'acqua	Rtot (mm)	Re (mm)	Cd	Qp (mc/s)
B1	Rio Sordina	81.85	22.95	0.28	42.39
B2	Torrente Fuorni	72.78	24.47	0.34	50.64
B3	-	46.29	8.33	0.18	0.43
B4	-	46.29	5.86	0.13	0.56
B5	-	46.29	4.47	0.10	0.25
B6	-	46.29	4.44	0.10	0.13
B7	Fiume Picentino	98.65	38.77	0.39	210.64
B8	-	46.29	7.92	0.17	3.95
B9	-	46.29	8.93	0.19	0.54
B10	Torrente Tenza	92.89	32.92	0.35	181.24

		Tr = 200 anni			
Bacini	Nome corso d'acqua	Rtot (mm)	Re (mm)	Cd	Qp (mc/s)
B1	Rio Sordina	88.95	27.38	0.31	50.58
B2	Torrente Fuorni	78.99	28.73	0.36	59.46
B3	-	50.02	10.16	0.20	0.52
B4	-	50.02	7.38	0.15	0.71
B5	-	50.02	5.78	0.12	0.32
B6	-	50.02	5.74	0.11	0.17
B7	Fiume Picentino	107.41	45.27	0.42	245.92
B8	-	50.02	9.70	0.19	4.84
B9	-	50.02	10.83	0.22	0.65
B10	Torrente Tenza	101.08	38.69	0.38	213.00

		Tr = 500 anni			
Bacini	Nome corso d'acqua	Rtot (mm)	Re (mm)	Cd	Qp (mc/s)
B1	Rio Sordina	98.30	33.54	0.34	61.96
B2	Torrente Fuorni	87.19	34.60	0.40	71.60
B3	-	54.93	12.75	0.23	0.66
B4	-	54.93	9.56	0.17	0.92
B5	-	54.93	7.70	0.14	0.43
B6	-	54.93	7.65	0.14	0.22
B7	Fiume Picentino	118.95	54.15	0.46	294.15
B8	-	54.93	12.23	0.22	6.11
B9	-	54.93	13.51	0.25	0.82
B10	Torrente Tenza	111.87	46.62	0.42	256.62

### Portate di progetto

Mettendo a confronto le portate di picco ricavate con le due metodologie utilizzate sono state selezionate quelle che comportano le situazioni più gravose. Di seguito si riporta un riepilogo delle portate di progetto che verranno utilizzate nello studio idraulico.

RELAZIONE IDROLOGICA

Bacini	Nome corso d'acqua	Metodo	Tr = 10 anni	Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni
			Qp (mc/s)	Qp (mc/s)	Qp (mc/s)	Qp (mc/s)	Qp (mc/s)
B1	Rio Sordina	VAPI	15.07	39.51	58.78	71.63	95.88
B2	Torrente Fuorni	VAPI	17.47	42.78	62.79	75.12	99.18
B3	-	Gumbel	0.16	0.34	0.43	0.52	0.66
B4	-	Gumbel	0.18	0.43	0.56	0.71	0.92
B5	-	Gumbel	0.06	0.19	0.25	0.32	0.43
B6	-	Gumbel	0.03	0.09	0.13	0.17	0.22
B7	Fiume Picentino	VAPI	94.44	208.90	300.49	348.61	450.27
B8	-	Gumbel	1.48	3.13	3.95	4.84	6.11
B9	-	Gumbel	0.21	0.43	0.54	0.65	0.82
B10	Torrente Tenza	Gumbel	85.28	150.74	181.24	213.00	256.62

#### 7.4 VERIFICA DELLE PORTATE DI PROGETTO

La verifica delle portate di progetto è stata svolta mettendo a confronto le portate calcolate secondo le procedure esposte nei capitoli precedente con i valori di portata presenti nell'allegato L del "Testo unico coordinato delle Norme di Attuazione del PSAI relativi bacini idrografici regionali in destra e in sinistra Sele ed interregionale del fiume Sele".

Tra i bacini analizzati nell'area oggetto di studio sono presenti il torrente Fuorni e il fiume Picentino.

Nella tabella seguente si riportano le portate per le sezioni in prossimità di quelle analizzate nella presente relazione, prendendo in considerazione i tempi di ritorno di 100 e 200 anni poiché corrispondenti a quelli stimati nel capitolo precedente.

Sezione	T = 30 anni	T = 100 anni	T = 200 anni	T = 300 anni
155 - F. Fuorni (s4)	52	69	78	84
165 - F. Picentino (s8)	215	285	326	349

Tenendo in considerazione la diversa ubicazione delle sezioni di calcolo, la stima delle portate eseguita nel presente studio si ritiene congruente con quelle riportate nello studio del PAI.