

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Prof. Ing. Andrea Del Grosso	Ing. Piergiorgio GRASSO Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE

IDROLOGIA E IDRAULICA

RELAZIONE IDROLOGICA

APPALTATORE	SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. s.p.a. Dott. Ing. Sabino Del Balzo Ing. Sabino DEL BALZO 24/02/2020	-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	R	I	I	D	0	0	0	1	0	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	L.C.Pasquale	24/02/2020	A. Canepa	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Prof. Ing. Andrea Del Grosso

File: IF26.1.2.E.ZZ.RI.ID.00.0.1.001.A.docx.doc

n. Elab.:

Indice

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GENERALE	4
3	IDROLOGIA FIUMI CALORE E VOLTURNO	7
3.1	FIUME VOLTURNO.....	7
3.2	IL FIUME CALORE	9
3.3	AUTORITÀ DI BACINO COMPETENTE	10
3.4	PIANI DI BACINO.....	12
3.4.1	PIANO STRALCIO DI DIFESA DALLE ALLUVIONI	12
3.4.2	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI.....	14
3.4.3	PORTATE LIQUIDE PIENE DI RIFERIMENTO	17
3.4.4	PORTATA LIQUIDA FASE PROVVISORIALE.....	18
4	IDROLOGIA RII MINORI.....	19
4.1	LA METODOLOGIA VAPI	21
4.2	VAPI: CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA VALIDE PER LA REGIONE CAMPANIA.....	23
4.3	VAPI: PORTATE Istantanee AL COLMO DI PIENA.....	24
4.3.1	REGRESSIONE EMPIRICA	25
4.3.2	MODELLI CONCETTUALI (RAZIONALE – GEOMORFOCLIMATICO).....	25
4.4	VALUTAZIONE PORTATE DI PROGETTO RII MINORI	27
4.4.1	PORTATA LIQUIDA FASE PROVVISORIALE.....	30

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 3 di 32

1 PREMESSA

Nell'ambito del Progetto Esecutivo del II lotto funzionale "Frasso Telesino-Vitulano" 1° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Telese del raddoppio della tratta Canello-Benevento (facente parte dell'itinerario Napoli-Bari), la presente relazione idrologica descrive le indagini sviluppate, le metodologie applicate ed i risultati dello studio idrologico – idraulico dei bacini idrografici principali e secondari interessati dal tracciato ferroviario di progetto.

L'area oggetto dello studio idrologico, ovvero quella sottesa dal raddoppio della linea ferroviaria, è ubicata nella Regione Campania, nella provincia di Benevento e coinvolge il Fiume Calore, diversi suoi tributari in sinistra idraulica e alcuni corsi d'acqua affluenti in sinistra del fiume Volturno.

La finalità del presente studio idrologico è la valutazione delle portate di riferimento dei diversi corsi d'acqua interferenti da utilizzarsi nelle valutazioni di compatibilità idraulica dei viadotti, delle tombature e delle altre opere idrauliche in progetto.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

L'area sottesa dal raddoppio complessivo della linea ferroviaria è ubicata nella Regione Campania, nella provincia di Benevento. Il tracciato di progetto si estende per circa 12 km nella valle del Fiume Calore e del Fiume Volturno.

Oggetto del presente progetto è il II lotto funzionale "Frasso Telesino-Vitulano", 1° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Telese che si estende dalla pk 16+500 fino alla pk.27+700.

In Figura 2-1 si riporta il tracciato di progetto (in rosso scuro) e la linea ferroviaria esistente (in nero). La nuova infrastruttura nel suo sviluppo interseca i tratti terminali di una serie di torrenti, valloni, scoli e rivi affluenti nei due fiumi principali.

Nei primi 3.5 km (tratto sud) del suo percorso, il tracciato viaggia in parallelo al Fiume Volturno, poco a valle della confluenza del Calore; per la restante parte della sua estensione (tratto nord), il tracciato si colloca in parallelo al Fiume Calore e attraversa il corso d'acqua in un punto (Viadotto VI05).

Idrologia e idraulica
Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RI	ID0001 001	A	5 di 32

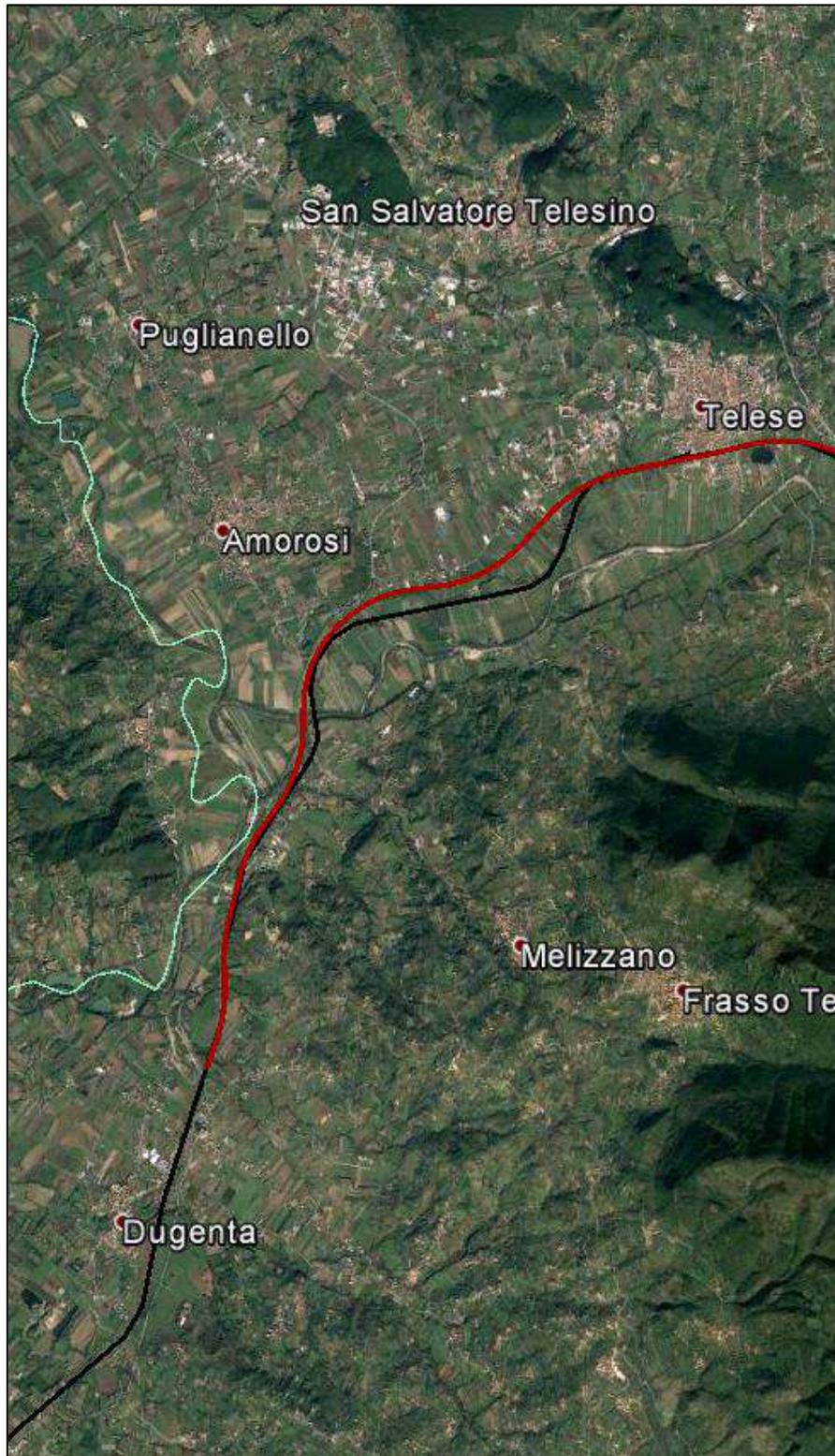


Figura 2-1 – Inquadramento territoriale della tratta Frasso Telesino - Teleso

Idrologia e idraulica
Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RI	ID0001 001	A	6 di 32

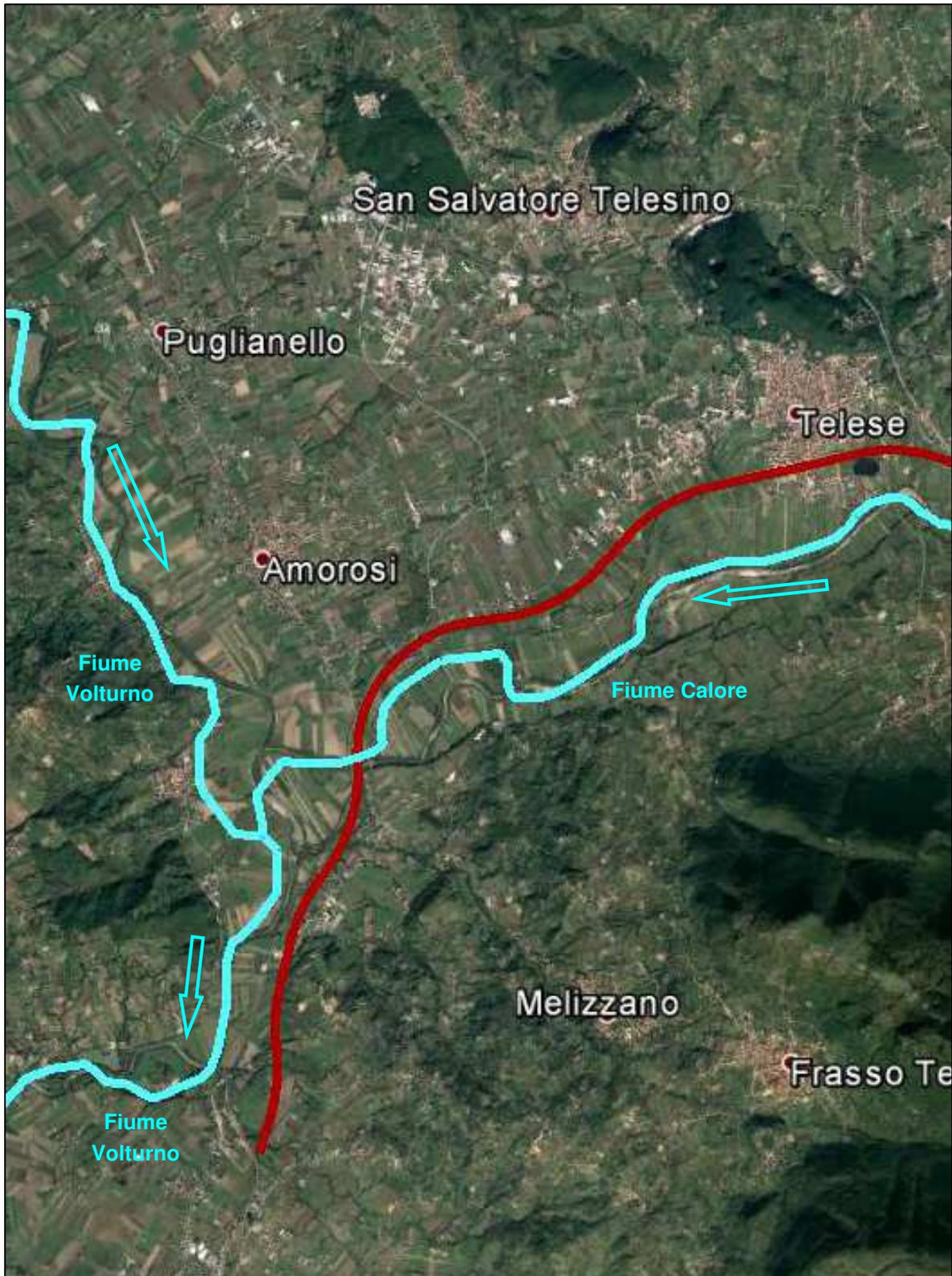


Figura 2-2 –Andamento inea ferroviaria rispetto ai fiumi Calore e Volturno

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 7 di 32

3 IDROLOGIA FIUMI CALORE E VOLTURNO

3.1 FIUME VOLTURNO

Per un inquadramento dei corsi d'acqua si riporta la descrizione riportata nel Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni del Bacino Volturno.

“Il corso del F. Volturno, inizia con un tratto a notevole pendenza, da Rocchetta al Volturno e, ricevuti in sinistra il Vandra ed il Cavaliere, prosegue in direzione Sud con pendenze via via più basse fino alla confluenza con il Sava.

A monte della confluenza con il Cavaliere è stata realizzata la vasca di laminazione di Ripaspaccata, gestita dal Consorzio di Bonifica della piana di Venafro, che sottende una superficie di circa 222 Km².

A valle della confluenza il bacino sotteso diventa 602.72 Km².

[...] Ricevuto il Cavaliere, il fiume prosegue in direzione Sud divagando nella piana a monte del ponte della Ferrovia . Lungo il percorso riceve in sinistra il T. Lorda e attraversa terreni intensamente coltivati e dotati di rete irrigua.

Lasciato il ponte ferroviario, il Volturno piega a Sud - Ovest imboccando prima il vecchio Ponte a 25 Archi e immediatamente a valle di questo il Viadotto della S.S. Venafrana. A valle dei due attraversamenti si apre la piana di Venafro che, limitata in sinistra da due promontori, Monte Gallo e Colle Torcino, risulta intensamente coltivata e servita da una efficiente rete irrigua. Sono presenti, inoltre, sia insediamenti produttivi sia nuclei urbani. Il fiume scorre nella piana in direzione Sud-Ovest dove, dopo la confluenza con la Rava di Roccaravindola, in destra, e la Rava delle Copelle, in sinistra, divaga in un ampio alveo formando meandri e rami morti lungo i quali si è sviluppata una folta vegetazione ripariale. In particolare, in località Le Mortine su entrambe le rive in prossimità della Piana di Capriati, racchiusa tra i due promontori, il tratto presenta caratteristiche ad alto pregio ambientale.

Proseguendo sempre nella stessa direzione, il Volturno riceve il F. Sava che costeggia il Colle Torcino.

Immediatamente a valle della confluenza con il Sava, è ubicata la Traversa di Colle Torcino, gestita dall'ENEL, la cui capacità di invaso è di circa 400.000 m³.

A valle della traversa il fiume si ramifica su un letto ghiaioso tanto che nel passato ha ospitato impianti di estrazioni di inerti. Proseguendo in direzione Sud, attraversa il Ponte del Re e divaga in un ampio alveo lasciando in sponda sinistra Sesto Campano dove, a circa 2 km dall'abitato, confluisce il Rio San Bartolomeo.

Su entrambe le rive, dopo la piana di Venafro, si incontrano attività agricole con colture intensive su terreni dotati di rete irrigua.

Divagando nella piana di Presenzano e dopo aver ricevuto in destra il Rio del cattivo Tempo, raggiunge il ponte per Vairano.

Prosegue poi a Nord Est con un alveo tormentato dalle divagazioni prodotte dalle piene del Lete che confluisce in sinistra.

A valle della confluenza con il Lete il Volturno piega a Sud Est sino a giungere alla traversa di Ailano gestita dal Consorzio di Bonifica Sannio Alifano.

A valle della traversa il fiume scorre lento nella stessa direzione, attraversa un tratto ristretto per proseguire, dopo il ponte di Raviscanina, con ampi curvoni e qualche meandro, nel ripiano alluvionale che si allarga su entrambe le rive del fiume.

Prosegue sinuoso nella piana con l'alveo poco al di sotto del piano campagna e per lunghi tratti nascosto dalla folta vegetazione formatasi sulle sponde.

Ricevuto in destra il Rio delle Starze, supera il ripiano alluvionale e prosegue verso il Ponte Margherita.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 8 di 32

Sui terreni attraversati si sviluppa un'intensa attività agricola con allevamenti di bestiame. I centri abitati sono insediati ai lati della valle sui crinali.

Circa 3 Km a monte del P.te Margherita, in un tratto con varici e rami morti, confluiscono in sinistra il fosso Fusaro, il fosso Campo dei Monaci ed il fosso Torano, quest'ultimo proveniente dalle sorgenti omonime.

Proseguendo nella stessa direzione, circa 1.5 Km a valle del Ponte Margherita, confluisce in sinistra il canale Torano, proveniente da Piedimonte d'Alife, dove raccoglie gli scarichi delle centrali idroelettriche del Matese.

Circa 1 Km a valle della confluenza del canale Torano, il Volturno forma ampie curve, divaga creando meandri, passa nella zona della Scafa Nuova, prosegue verso Sud-Est dove, per la presenza di due promontori, Colle Compostelle e Colle Composto, compie in un breve tratto due ampi curvoni aventi uno sviluppo di 5-6 Km.

Uscito dalla stretta valle compresa tra i due promontori il Volturno riprende il suo corso su un ripiano alluvionale e dopo il ponte per S. Domenico Ruviano, riceve in sinistra l'Advento. Con una curva destrorsa si porta in direzione Sud ed in sinistra riceve il T. Titerno.

A valle della confluenza con il Titerno il Volturno prosegue verso la confluenza con il Calore Irpino, in questo percorso passa sotto il ponte della S.S. 87 in corrispondenza dell'abitato di Amorosi. Da monte del ponte di Amorosi fino alla confluenza con il Calore, per circa 2 Km, sono stati eseguiti lavori di sistemazione delle sponde con pietrame sciolto al fine di evitare allagamenti delle campagne circostanti.

Al ponte di Amorosi è installata la stazione idrometrografica del Servizio Idrografico di Napoli. Durante l'evento di piena del dicembre 1968 è stata registrata (19.12.68) l'altezza massima pari a 5.12 m, corrispondente alla portata di piena di 1460 m³/s.

La zona di confluenza Volturno-Calore Irpino è stata completamente sistemata a metà degli anni 80 con nuove arginature in pietrame sciolto, così da eliminare le divagazioni che i due fiumi avevano creato nella piana alluvionale.

Ricevuto il Calore I., il Volturno prosegue verso la piana di Limatola (BN) dopo aver attraversato la piccola valle di Castelcampagnano e lambendo in destra le colline di Squille.

Al ponte di Limatola è installata la stazione teleidrometrica gestita dal Provveditorato alle OO.PP. per la Campania per il servizio di piena. Durante l'evento del 1968, il 20 dicembre è stata registrata un'altezza di 9.40m corrispondente ad una portata di 3250 m³/s, il fiume ha straripato in più punti causando allagamenti delle campagne circostanti e principalmente in sinistra nel territorio di Limatola.

Proseguendo in direzione Ovest il fiume, imboccato il ponte della Scafa di Caiazzo, defluisce nel bacino della traversa di P.te Annibale. Lo sbarramento è ad uso elettro-irriguo con un vaso di circa 10 milioni di m³ che si estende a monte per una lunghezza di circa 7 Km. Circa 500 m a valle della traversa si trova il ponte Annibale che collega gli abitati di Triflisco e di S. Angelo in Formis. In questa zona e per un tratto di circa 1 Km la valle si restringe sensibilmente e l'alveo si abbassa notevolmente rispetto al piano campagna per riprendere il suo corso sinuoso e lento nella piana che si apre prima dell'abitato di Capua.

Sulla sponda sinistra del ponte Annibale è ubicata la stazione idrometrografica installata nel 1867, gestita dal Servizio Idrografico di Napoli e attualmente dismessa. Le massime portate al colmo registrate sono riferite al giorno 2.10.49 (3200 m³/s) ed all'evento del dicembre 1968 (3060 m³/s).

A Capua, in riva sinistra a monte del ponte vecchio, è ubicata una stazione per la sola registrazione dei livelli finalizzata al servizio di piena. A Capua il bacino imbrifero ha una superficie di 5555 Km², superiore di soli 13 Km² rispetto alla chiusura di P.te Annibale; pertanto, le portate a Capua rimangono invariate rispetto a quelle registrate a P.te Annibale.

Lungo tutto il tratto descritto si verificano allagamenti e per un'estensione di circa 1000 - 1200 m, con tiranti ovunque superiori ad un metro. Sono inclusi nelle zone di esondazione, oltre ad alcune frazioni abitate di Limatola, prevalentemente aree agricole con case sparse e l'insediamento produttivo della Fagianeria.

Nonostante la piccola accelerazione prodotta dalle soglie dei ponti di Capua, il fiume prosegue sempre lento a valle del ponte della ferrovia dal quale hanno origine i rilevati arginali che si sviluppano fino alla foce.

A valle di Capua il Volturno divaga nella piana arginata e giunge a Grazzanise con una successione di meandri.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 9 di 32

Circa 600 m a monte del ponte di Grazzanise, in sinistra fiume, è prevista la realizzazione dell'imbocco dello scolmatore di piena Fiumarella dal Volturno ai Regi Lagni.

Il fiume, pensile e con sezioni regolari, scorre tra gli argini attraversando terreni agricoli con colture intensive e dotati di rete irrigua; raggiunge, quindi, l'abitato di Canello e Arnone dove, sul ponte omonimo, è installata la stazione idrometrografica più valliva del servizio Idrografico di Napoli. La massima altezza idrometrica registrata risale al giorno 11.12.1960 e pari a 7.40 m. Durante l'evento del dicembre 1968 sono state registrate altezze idrometriche inferiori a seguito delle rotte arginali verificatesi tra Grazzanise e Canello Arnone. L'esondazioni che si verificarono hanno interessato le piane a sinistra del fiume per una superficie di circa 17000 ettari.

A valle di Canello Arnone, il fiume forma delle anse a doppio cappio, il Caricchiano, lungo le quali sono in corso di esecuzione le opere per la realizzazione di un drizzagno. Lasciato il Caricchiano, il Volturno prosegue con un ampio alveo verso il mare attraversando, in prossimità della foce, insediamenti urbani del comune di Castel Volturno ad altissima densità abitativa e ubicati in area golenale.

Nel suo tratto vallivo il Volturno è un corso d'acqua ad alto rischio idraulico. Ciò è dovuto sia alla presenza di centri abitati, ai nuclei urbani, alle attività agricole e produttive, sia alla presenza di argini da Capua a mare, realizzati nella prima metà del secolo e che oggi risultano inadeguati a proteggere ampie aree ed insediamenti qualora si verificassero eventi di piena straordinari.

[...]"

3.2 IL FIUME CALORE

Per un inquadramento dei corsi d'acqua si riporta la descrizione riportata nel Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni del Bacino Volturno:

"Il bacino del Calore Iripino ha una superficie di 3057.60 Km², affluente di sinistra del Volturno, riceve i primi contributi sorgentizi dal Monte Accellica e dalle Croci d'Acerno, montagne di calcare cretaceo che formano un displuvio con il F. Sabato il quale scorre parallelo nella valle accanto e confluisce in sinistra nel F. Calore nei pressi di Benevento.

Circa 7 km a monte di Benevento in prossimità di Paduli, il fiume Calore riceve il Tammaro e sottende un bacino imbrifero, a monte della confluenza, pari a 1316.33 kmq.

Il Tammaro alla confluenza contribuisce con un bacino di 673 km².

Ricevuto il Tammaro, il fiume prosegue in direzione Nord - Ovest verso Benevento attraversando la Piana di Ponte Valentino e lambendo in destra la linea ferroviaria.

Lungo il percorso riceve i contributi di numerosi valloni e fossi che confluiscono in destra. Nella città di Benevento scorre con argini in frodo attraversando il ponte stradale e per due volte la ferrovia.

Ad Ovest della città di Benevento, in sinistra, confluisce il F. Sabato.

Ricevuto il Sabato, il Calore prosegue ad Ovest e, dopo aver formato un'ampia ansa in località Pantano, affianca il rilevato ferroviario fin sotto l'abitato di Castelpoto.

Poco a valle di Castelpoto confluisce il F. Ienga.

A valle della confluenza con lo Ienga il Calore attraversa il ponte stradale per la Stazione di Vitulano e prosegue in direzione Nord-Ovest con il rilevato ferroviario in destra.

Lambendo vigneti e colline coltivate o ricoperte di vegetazione cedua, il Calore raggiunge la gola di Ponte che attraversa con alte e ripide sponde.

A valle di Ponte la piana si allarga su un vasto ripiano alluvionale con terreni agricoli coltivati soprattutto a vigneto ed il fiume divagando da destra a sinistra raggiunge il P.te S. Cristina a Solopaca. A valle del ponte è installata la

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>10 di 32</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RI	ID0001 001	A	10 di 32
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RI	ID0001 001	A	10 di 32								

stazione idrometrografica del Servizio Idrografico di Napoli presso la quale durante l'evento del 1968 è stata registrata la portata di 2440 m³/s (19.12.68).

Proseguendo verso Ovest il fiume si porta a Sud dell'abitato di Telese dove vi confluisce il T. Grassano proveniente dalle omonime sorgenti.

Ricevuto il Grassano, il fiume defluisce verso Sud-Ovest e, attraversato il ponte Torello nel comune di Mellizzano, confluisce nel Volturno. Lungo quest'ultimo tratto sono stati eseguiti lavori di sistemazione spondale.

3.3 AUTORITÀ DI BACINO COMPETENTE

La tratta Frasso Telesino - Vitulano attraversa interamente l'area di pertinenza dell' Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno.

L'area di competenza dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno si colloca nell'Italia centro-meridionale ed è interessata dall'Appennino Abruzzese, Laziale e Campano, percorsa dai tre fiumi e dai loro numerosi affluenti, bagnata dal mar Tirreno, comprende principalmente 5 Regioni (Abruzzo, Lazio, Campania, Molise, Puglia), 11 Province (L'Aquila, Benevento, Caserta, Avellino, Salerno, Frosinone, Latina, Roma, Campobasso, Isernia, Foggia) e 450 Comuni, per una superficie di circa 11.484 Km².

Idrologia e idraulica
Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RI	ID0001 001	A	11 di 32

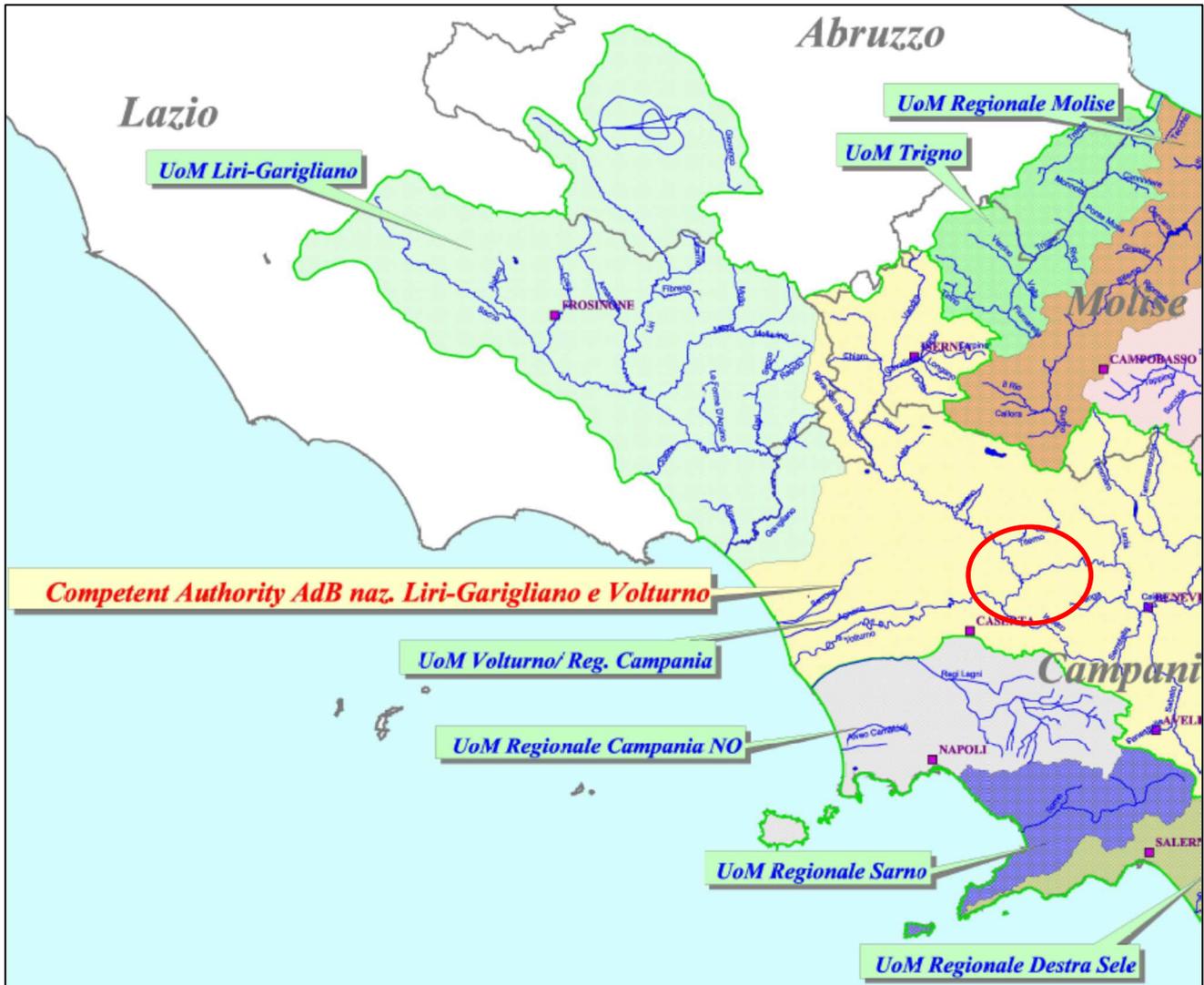


Figura 3-1 – Aree di competenza dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 12 di 32

3.4 PIANI DI BACINO

3.4.1 PIANO STRALCIO DI DIFESA DALLE ALLUVIONI

Il tratto interessato è coperto dalla fasciatura del PSDA dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale (ex. Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno).

La Relazione Generale del PSDA, in merito al criterio di delimitazione delle fasce fluviali, riporta quanto in seguito:

“Il PSDA considera la regolamentazione d’uso delle aree inondabili come un mezzo essenziale di prevenzione delle conseguenze negative delle calamità. Di norma tale programmazione è rivolta al mantenimento del livello di sicurezza esistente, evitando un ulteriore sviluppo del territorio a rischio.

Le prescrizioni e i vincoli territoriali sono differenziati per le diverse fasce fluviali: la fascia di pertinenza idraulica, cioè la fascia prettamente idraulica, è stata allargata rispetto all’alveo di piena ordinaria previsto dalla vecchia normativa, salvaguardando le fasce di rispetto delle piane golenali.

La Fascia A, quindi, viene definita come l’alveo di piena e assicura il libero deflusso della piena standard, di norma assunta a base del dimensionamento delle opere di difesa. In questo Piano si è assunta come piena standard quella corrispondente ad un periodo di ritorno pari a 100 anni.

L’allargamento dell’alveo a garanzia del libero deflusso della piena è un punto fondamentale che qualifica il PSDA come un piano coraggioso, di grande valore ambientalista.

Si è comunque voluto escludere dall’alveo di piena (fascia A) le aree in cui i tiranti idrici siano modesti, in particolare inferiore ad 1 m, garantendo nel contempo che l’alveo di piena sia capace di trasportare almeno l’80% della piena standard. In altri termini, se ai limiti dell’alveo di piena si costruisse un sistema di arginature, con franco adeguato, sarebbe assicurato il libero deflusso della piena standard con un sovrizzo del pelo libero moderato rispetto al livello di pelo libero nella situazione attuale, e tale da non aumentare significativamente i danni nell’ipotesi di collasso dell’argine.

La seconda fascia, Fascia B, comprende le aree inondabili dalla piena standard, eventualmente contenenti al loro interno sottofasce inondabili con periodo di ritorno $T < 100$ anni. In particolare sono state considerate tre sottofasce:

- la sottofascia B1 è quella compresa tra l’alveo di piena e la linea più esterna tra la congiungente l’altezza idrica $h=30$ cm delle piene con periodo di ritorno $T=30$ anni e altezza idrica $h=90$ cm delle piene con periodo di ritorno $T=100$ anni;
- la sottofascia B2 è quella compresa fra il limite della Fascia B1 e quello dell’altezza idrica $h=30$ cm delle piene con periodo di ritorno $T=100$ anni;
- la sottofascia B3 è quella compresa fra il limite della Fascia B2 e quello delle piene con periodo di ritorno $T=100$ anni.

In tale fascia dovranno essere prese adeguate misure di salvaguardia per le aree che producono un significativo effetto di laminazione (volume di invaso non trascurabile, al di sopra della sezione di uscita dei deflussi di piena)

La fascia B limita quindi nuovi insediamenti e assume un carattere di fascia fluviale di carattere naturalistico.

La Fascia inondabile della piena eccezionale, Fascia C, è quella interessata dalla piena relativa a $T = 300$ anni o dalla piena storica nettamente superiore alla piena di progetto”.

Si riporta, a seguire, la Carta del Piano relativa al Fiume Calore ed al Fiume Volturno ricavata dall’elaborazione dei dati scaricabili dal sito dell’Autorità di bacino sotto forma di shapefile al seguente link:

<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-adb-liri-garigliano-e-volturno-menu/psda-menu> .

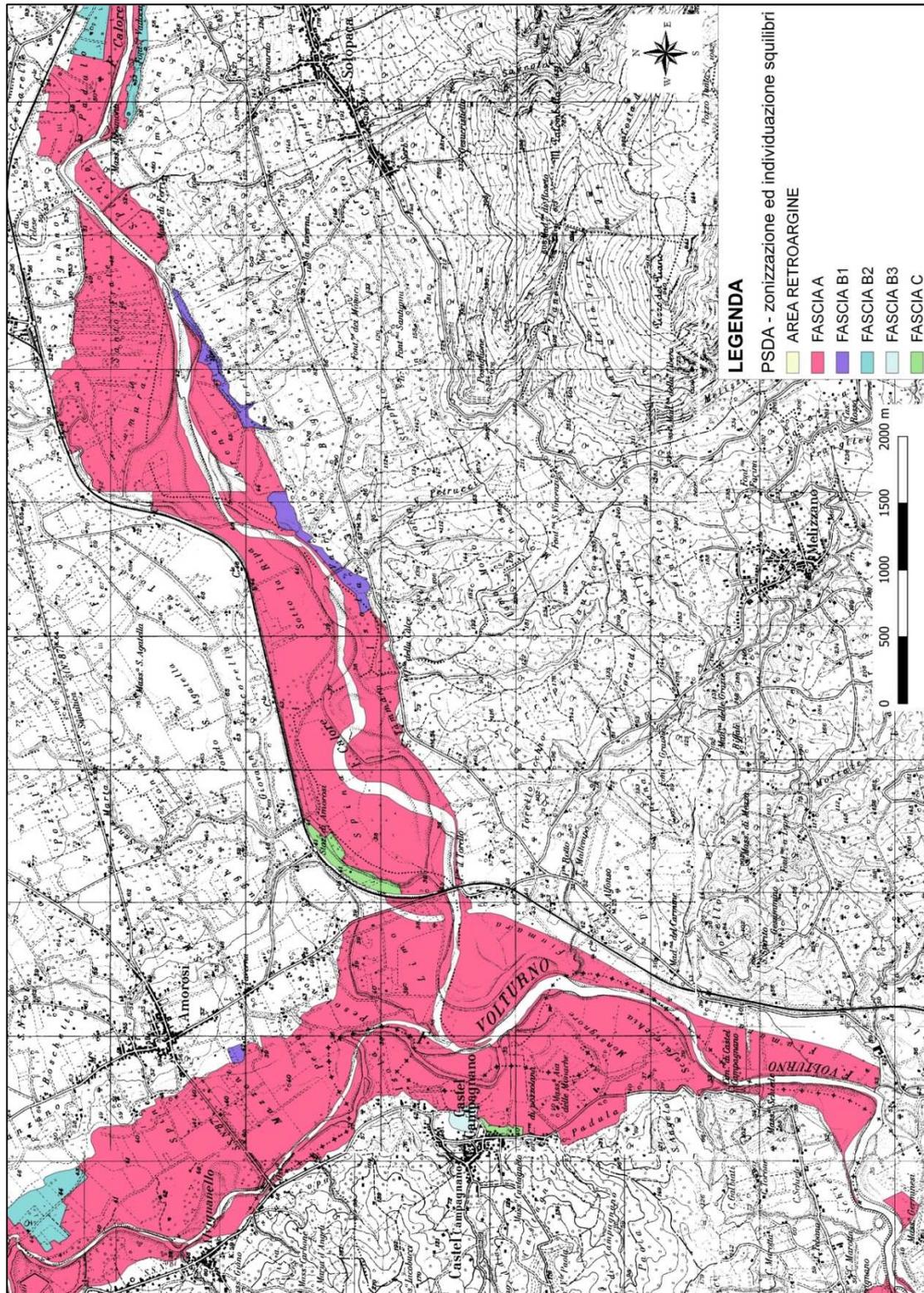


Figura 3-2 – Fasce fluviali PSDA

3.4.2 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI

Il progetto di Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, recepisce le fasce di cui al PSDA e integra le aree allagabili in caso di piena con tempo di ritorno 300 anni (Fascia C) con le aree allagate dalla piena del 15 ottobre 2015 che risulta significativa come catastrofica.

Si evidenziano alcuni incrementi delle aree allagate rispetto all'indicazione del PSDA.

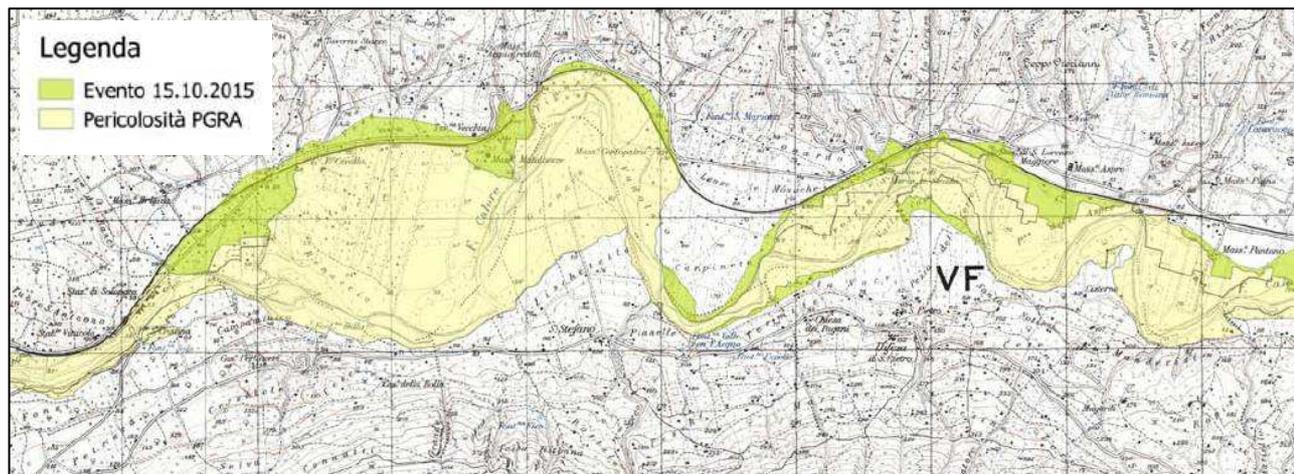


Figura 3-3 – Confronto fascia C PGRA e allagamento piena 2015 (estratto Relazione PGRA)

Nel PGRA, oltre al concetto di rischio, si introduce il concetto di pericolosità.

In particolare sono indicati tre livelli di pericolosità:

- P3 Aree a pericolosità elevata (corrispondenti alla fascia A del PSDA)
- P2 Aree a pericolosità media (corrispondenti alle fasce B1-B2-B3 del PSDA)
- P3 Aree a pericolosità bassa (corrispondenti alla fascia C del PSDA)

Si riportano a seguito le Carte di pericolosità relative al tratto interessato di F. Calore e F. Volturno.

Idrologia e idraulica
Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RI	ID0001 001	A	15 di 32

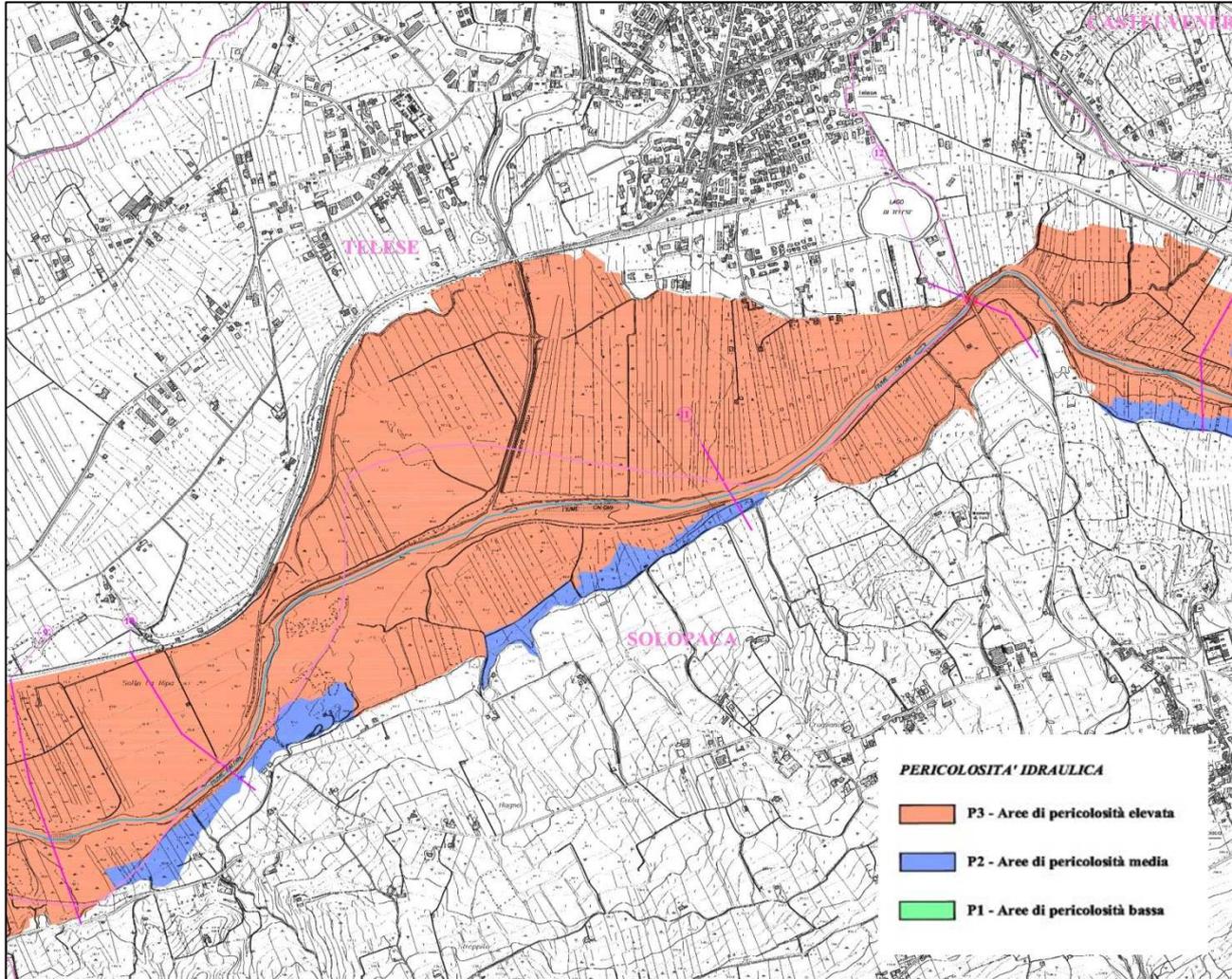


Figura 3-4 – Zonizzazione pericolosità PGRA – F. Calore - Tratto Telese-Amorosi

Idrologia e idraulica
Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RI	ID0001 001	A	16 di 32

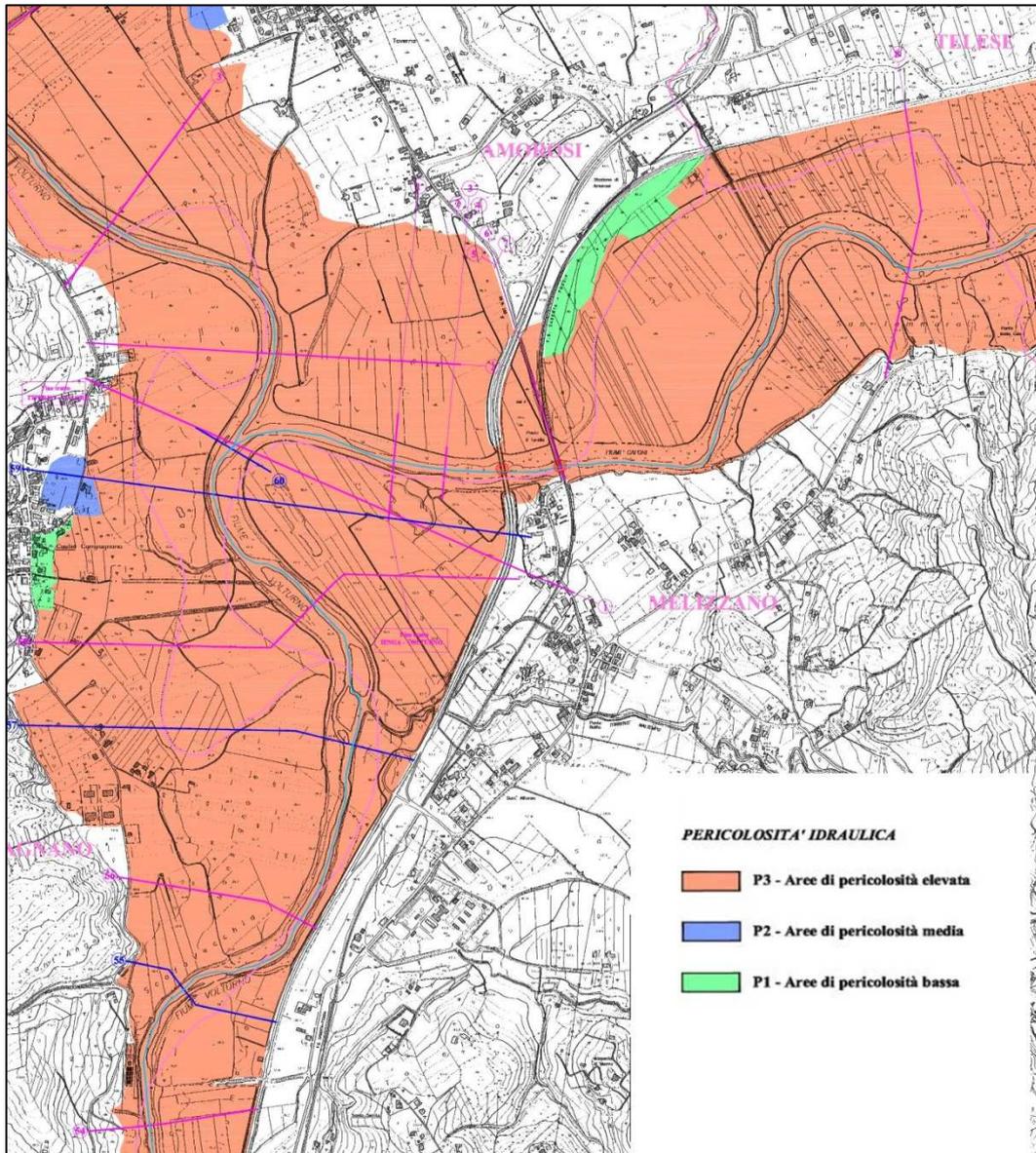


Figura 3-5 – Zonizzazione pericolosità PGRA – Confluenza Calore-Volturno

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 17 di 32

3.4.3 PORTATE LIQUIDE PIENE DI RIFERIMENTO

Le simulazioni bidimensionali eseguite fanno riferimento agli eventi di piena con tempo di ritorno 30, 100, 200 e 300 anni.

Il regime utilizzato è quello stazionario, il quale massimizza gli effetti della piena sul territorio.

Le portate utilizzate sono quelle indicate nel PSDA dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale (ex. Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno), per tempi di ritorno 30, 100 e 300 anni (Relazione Generale - § 4.4.1 “Portate di piena naturali”).

La portata con tempo di ritorno 200 anni è stata valutata per interpolazione dai dati disponibili.

Per quanto riguarda il Fiume Calore, le portate di riferimento a monte modello sono quelle relative a “Calore alla confluenza Volturno” (sez.19 PSDA).

Per quanto riguarda il Fiume Volturno, le portate di riferimento a monte modello sono state ricavate per differenza tra le portate del Volturno, nel tratto tra la confluenza con il Calore e la foce, e quelle suddette del Calore.

Segue una tabella riassuntiva

Tabella 3-1. Portate di riferimento dedotte dal PSDA

TRATTO FLUVIALE	Q30 [m³/s]	Q100 [m³/s]	Q200 [m³/s] (interpolata)	Q300 [m³/s]
Calore da confluenza lenga a confluenza Volturno (PSDA)	1765	2400	2772	2990
Volturno da confluenza Calore alla foce (PSDA)	2525	3445	3971	4280
Volturno a monte confluenza Calore (per differenza)	760	1045	1199	1290

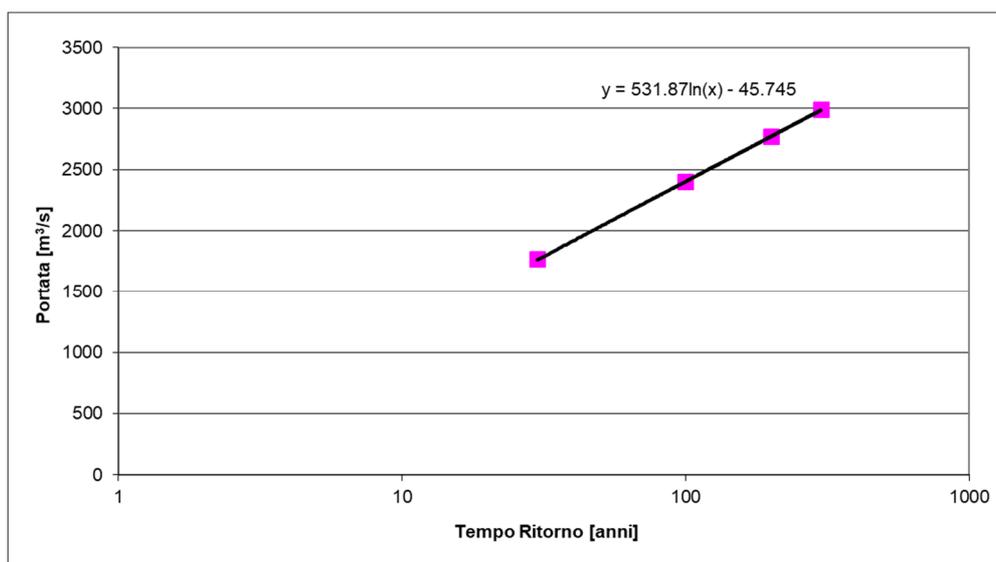


Figura 3-6 – F. Calore - Interpolazione portata TR=200 anni

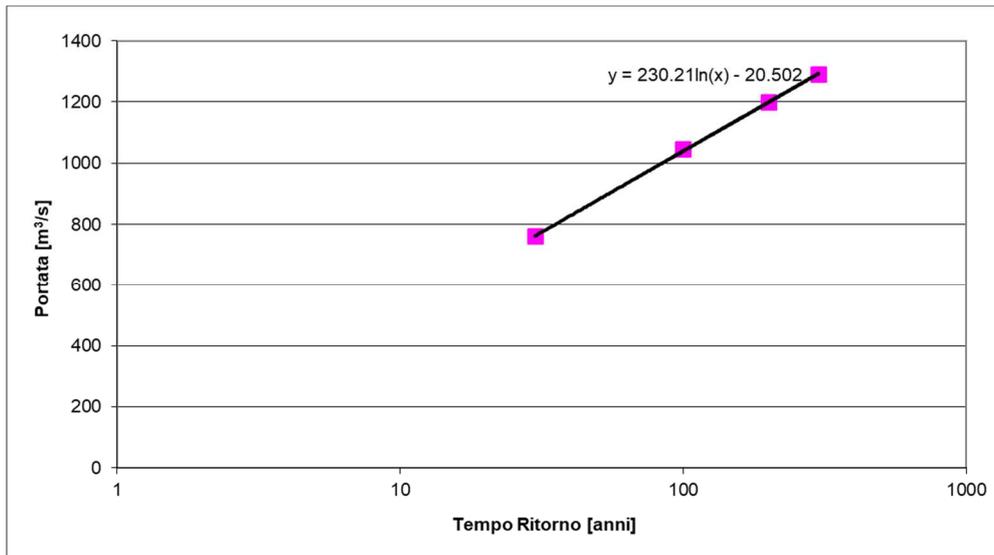


Figura 3-7 – F. Volturno - Interpolazione portata TR=200 anni

3.4.4 PORTATA LIQUIDA FASE PROVVISORIALE

Si è poi valutata la portata finalizzata alla progettazione delle opere provvisorie durante la fase di cantiere.

Il tempo di ritorno dell'evento associato alla fase provvisoria usualmente si calcola come il tempo di ritorno avente lo stesso rischio dell'opera di progetto a vita intera. Dato un tempo di vita dell'opera generale (N_{og}), pari a 100 anni (secondo N.T.C. 2008), e un tempo di ritorno dell'evento di piena di progetto fissato a 300 anni (TR_{og}), si può calcolare il rischio di superamento (R_{og}) della portata centennale in 300 anni di servizio dell'opera generale secondo la seguente formula:

$$R_{og} = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR_{og}}\right)^{N_{og}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{300}\right)^{100} = 0.284$$

con R_{og} il rischio di superamento dell'evento associato al tempo di ritorno TR_{og} (pari a 300 anni) in N_{og} anni (pari a 100 anni).

Per la realizzazione delle opere in progetto, si ipotizza una durata del cantiere di 6 mesi, durante la quale l'opera provvisoria sarà attiva; eseguendo il calcolo a ritroso, noto il tempo di vita dell'opera provvisoria ($N_{op} = 6$ mesi = 0,5 anni), si va a calcolare il tempo di ritorno della portata che risulta avere lo stesso rischio di superamento dell'opera generale.

$$0.284 = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR_{op}}\right)^{N_{op}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR_{op}}\right)^{0,5}$$

Il tempo di ritorno (TR_{op}) dell'evento di piena di riferimento per il progetto della pista di cantiere è pari a 2.05 anni.

La portata associata al TR 2 anni è riportata nella Relazione Generale del PSDA (§ 4.4.1 "Portate di piena naturali") ed è pari a 780 m³/s per il Fiume Calore.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 19 di 32

4 IDROLOGIA RII MINORI

Nell'ambito del presente progetto è stato sviluppato uno studio idrologico per individuare le portate di progetto per i corsi d'acqua minori interferenti con la linea ferroviaria di progetto e per ricavare le caratteristiche idrologiche dell'area di studio.

Le aste principali e i bacini dei corsi d'acqua sono visibili in Figura 4-1.

Idrologia e idraulica
Relazione idrologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RI	ID0001 001	A	20 di 32

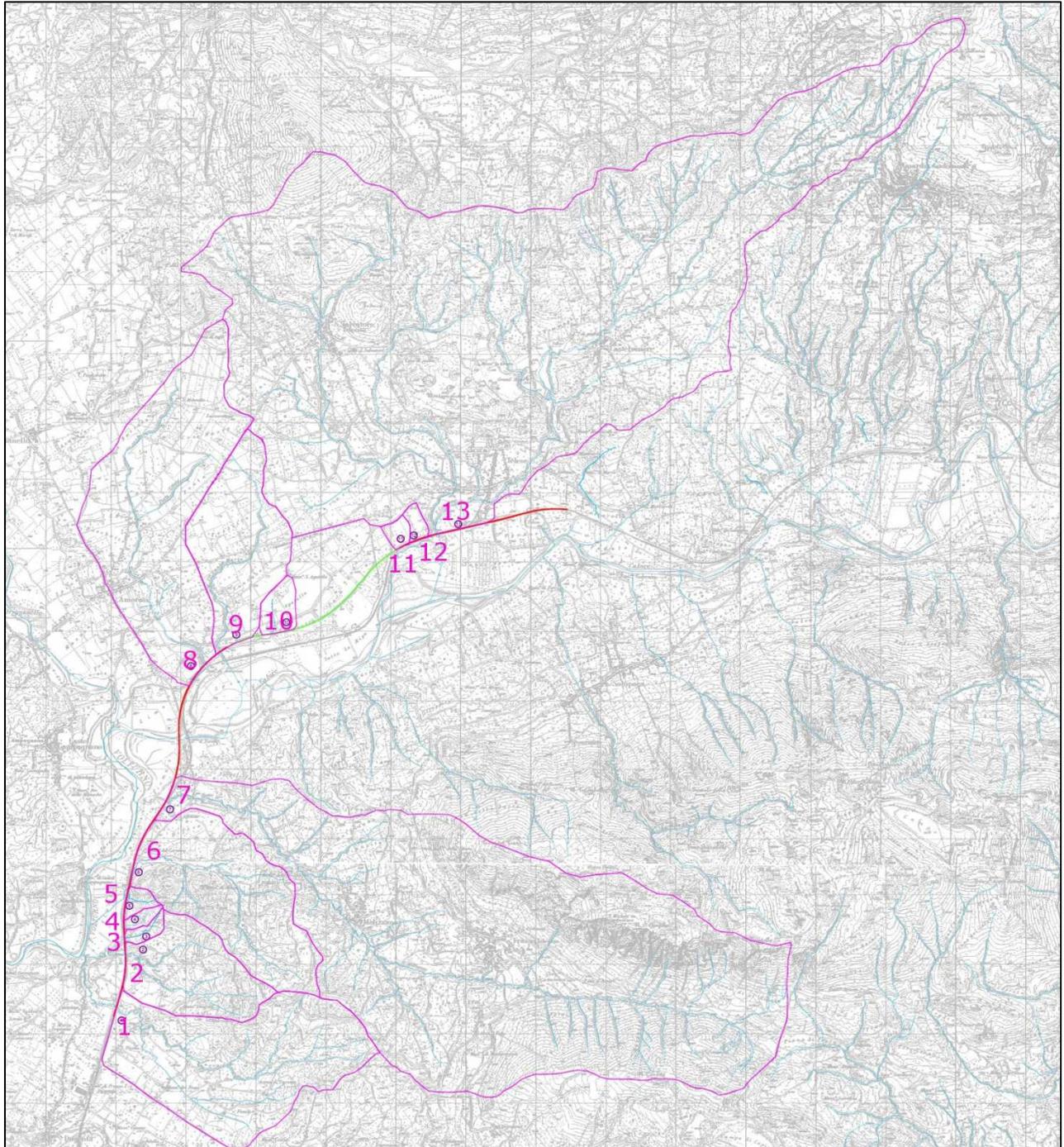


Figura 4-1 – Aste principali e bacini dei corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria

La seguente tabella riporta le indicazioni relative ai corsi d'acqua oggetto di interferenza con il rilevato ferroviario in progetto. Vi si riportano: la progressiva, l'identificativo dell'opera, l'estensione del bacino e la portata di riferimento.

Tabella 4-1. Corsi d'acqua interferenti – Tabella riassuntiva caratteristiche

ID	PK	CORSO ACQUA	WBS	DESCRIZIONE	VERIFICA	SUPERFICIE [km ²]
1	16+663	Vallone Ferro	IN01	Sottoattraversamento al km 16+663,00 per deviazione Vallone Ferro	HEC-RAS	5.37
2	17+402	Fosso	VI01	Viadotto dal km 17+391 al km 17+431	Moto Uniforme sezione deflusso Scavalco ampio	2.11
3	17+638	Fosso	VI02	Ponte al km 17+638 (dal km 17+634 al km 17+656)	Moto Uniforme sezione deflusso Scavalco ampio	0.13
6	18+648	Vallone Mortale	VI03 IN25 NI02	Ponte Mortale al km 18+648 (dal km 18+640 al km 18+657) (VI03) Scatolare idraulico su S.P.116 (NI01) Scatolare idraulico Vallone Mortale S.P.335 (NI02)	HEC-RAS	3.83
7	19+755	Torrente Maltempo	VI04 IN09	Viadotto Maltempo dal km 19+741 al km 19+775 (VI04) Scatolare idraulico Torrente Maltempo S.P.116 (NI03)	HEC-RAS	22.07
8	21+700	Canale	IN03	Deviazione canale esistente al km 21+600,00	HEC-RAS	6.45
9	22+154	Vallone Santa Marta	VI06	Ponte Santa Marta dal km 22+142 al km 22+164	HEC-RAS	2.72
10	22+950	Interf. sopra galleria	-	Inalveazione sopra galleria km 22+950	HEC-RAS	0.29
11	25+374	Interf	IN04	Tombino idraulico 2.00 x 2.00 al km 25+374,00	Moto Uniforme Scatolare	0.13
12	25+594	Interf	IN05	Tombino idraulico 2.00 x 2.00 al km 25+594	Moto Uniforme Scatolare	0.11
13	25+800	Torrente Portella	VI07	Viadotto Portella dal km 25+783 al km 25+813	HEC-RAS	34.77
	27+050	Fosso Pagnano	-	Doppio sifone pk.27+050	-	Sorgente naturale puntuale

Di seguito sono riportati i risultati della metodologia VAPI per la Regione Campania. I dati ottenuti sono stati utilizzati per definire le portate e le variabili idrologiche ricercate.

4.1 LA METODOLOGIA VAPI

Il Progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, ha come obiettivo predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali.

Scopo di tale Rapporto è quello di fornire uno strumento ed una guida ai ricercatori ed ai tecnici operanti sul territorio, per comprendere i fenomeni coinvolti nella produzione delle portate di piena naturali e per effettuare previsioni sui valori futuri delle piene in una sezione di un bacino idrografico non regolato.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 22 di 32

Il rapporto nazionale presenta, in maniera sintetica, i risultati ottenuti in diverse aree del territorio nazionale, per ognuna delle quali viene mostrato (attraverso una sintesi dei 'Rapporti Regionali') come utilizzare l'intera procedura sviluppata. Il risultato complessivo sembra indicare che l'uso del presente Rapporto permette di ottenere stime delle portate di piena di assegnata frequenza sufficientemente attendibili per scopi di progettazione e pianificazione del territorio.

Il modello sviluppato si basa sull'ipotesi di doppia componente dei valori estremi T.C.E.V. (Two Components Extreme Value) che è stato testato su quasi tutto il territorio nazionale, per il quale sono stati anche indicati i valori dei parametri della distribuzione.

L'adozione della distribuzione T.C.E.V. è fondata sull'ipotesi che agiscano due meccanismi differenti che generano eventi pluviometrici tra loro indipendenti:

- i primi, definiti appartenenti alla componente ordinaria o di base, risultano più frequenti ma con valori delle altezze di pioggia mediamente meno elevati;
- i secondi, appartenenti alla componente straordinaria, risultano meno frequenti ma con valori delle altezze di pioggia mediamente più elevati.

Si riportano nel seguito gli aspetti applicativi da seguire per determinare la legge di crescita.

Indicati con:

- $k_t = h_t/\mu_t$ la variabile standardizzata, definita come rapporto tra il massimo annuale dell'altezza di pioggia h_t , di durata t , e il suo valore medio μ_t ;
- T il periodo di ritorno espresso in anni;
- K_T il valore assunto dalla variabile standardizzata k_t per assegnato periodo di ritorno T , indicato come fattore di crescita.

la funzione di distribuzione di probabilità cumulata $F\{K_T\}$ del modello T.C.E.V. risulta:

$$T = \frac{1}{1 - F(K_T)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 \cdot e^{-\eta K_t} - \Lambda_* \cdot \Lambda_1^{1/\vartheta_*})}$$

in cui:

- Λ_1, Λ_2 numero medio annuo eventi pluviometrici indipendenti per la componente base e straordinaria;
- ϑ_1, ϑ_2 valore medio altezza pioggia di durata t per la componente base e straordinaria;
- η dipendente dai precedenti

$$\Lambda_* = \frac{\Lambda_1}{\Lambda_1^{1/\vartheta_*}}$$

$$\vartheta_* = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}$$

parametri adimensionali dipendenti solo dai coefficienti di asimmetria e, pertanto, stimabili solo sulla base di indagini regionali ad amplissima scala (Analisi Regionale di I livello)

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 23 di 32

4.2 VAPI: CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA VALIDE PER LA REGIONE CAMPANIA

Per la valutazione dei parametri Λ^* e θ^* , il metodo di regionalizzazione proposto dal programma VAPI (Valutazione delle Piene in Campania) considera tre livelli individuando:

- al primo livello, regioni omogenee rispetto ai parametri Λ^* e θ^* ;
- al secondo livello, zone omogenee anche rispetto al parametro Λ_1 ;
- al terzo livello, sottozone omogenee rispetto alla dipendenza della media μ_T da alcuni fattori locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti, ecc.).

I parametri ottenuti per l'intera Regione Campania sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 4-2. Parametri del modello TCEV per l'intera Regione Campania

θ^*	Λ^*	Λ_1	η
2.136	0.244	41	4.688

Nella tabella seguente si riportano i corrispondenti valori del fattore di crescita K_T , in funzione del periodo di ritorno T , per i valori dei parametri sopra riportati:

Tabella 4-3. Valori del fattore K_T per la Regione Campania.

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T	0.93	1.22	1.43	1.65	1.73	1.90	1.98	2.26	2.55	2.95	3.26

Le leggi di probabilità pluviometriche definiscono come varia la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia su una fissata durata d , $m[I(d)]$, con la durata stessa. Tali leggi devono essere strettamente monotone, in quanto mediamente l'intensità di pioggia media per una durata superiore deve essere necessariamente minore di quella per una durata inferiore. Inoltre, per una durata molto piccola devono raggiungere un valore finito, rappresentante al limite per d che tende a zero, la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea. Per la Campania è stata adottata una espressione del tipo:

$$m[I(d)] = m(I_0) / \left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta$$

in cui d e d_c vanno espressi in ore, $m[I_0]$ e $m[I(d)]$ in mm/ora e β vale:

$$\beta = C - D \cdot Z$$

nella quale Z è pari all'altitudine.

La tratta ferroviaria si colloca tra le sottozone "A6" e "A3" come appare evidente dall'analisi della seguente figura.



Figura 4-2 – Bacini dei corsi d'acqua e suddivisione in sottozone pluviometriche – Progetto VAPI

La stima dei parametri per la legge di pioggia possono essere agevolmente individuati nella tabella seguente.

Tabella 4-4. Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea

Area omogenea	N° Staz.	μ (h ₀) [mm/h]	d _c [ore]	C	D*10 ⁵	ρ^2
1	21	77.08	0.3661	0.7995	8.6077	0.9994
2	18	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9991
3	11	116.7	0.0976	0.7360	8.7300	0.9980
4	7	78.61	0.3846	0.8100	24.874	0.9930
5	12	231.8	0.0508	0.8351	10.800	0.9993
6	28	87.87	0.2205	0.7265	8.8476	0.9969
7	11	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9989

4.3 VAPI: PORTATE ISTANTANEE AL COLMO DI PIENA

Similmente a quanto visto per le piogge, il progetto VAPI ha sviluppato un'analisi statistica anche per le portate dei corsi d'acqua.

Al primo livello di regionalizzazione, Fiorentino et al. [1987] hanno mostrato che l'Italia Appenninica, inclusa la Sicilia ed esclusa parte della Liguria, può essere considerata una zona omogenea. Utilizzando una procedura di stima di Massima Verosimiglianza (MV), sono state utilizzate 28 serie di piena annuale (SPA) aventi $n \geq 35$ anni, per un totale di 1091 anni-stazione, ottenendo, per l'intero compartimento di Napoli i seguenti valori:

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">ID0001 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">25 di 32</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RI	ID0001 001	A	25 di 32
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RI	ID0001 001	A	25 di 32								

Tabella 4-5. Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate in Campania

ϑ^*	Λ^*	Λ_1	η
2.634	0.350	13	3.901

Di seguito si riportano i valori di K_T ottenuti con i parametri precedenti per alcuni valori del periodo di ritorno.

Tabella 4-6. Valori teorici coefficiente probabilistico di crescita K_T per le portate in Campania

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	100
K_T	0.87	1.29	1.63	2.03	2.17	2.47	2.61	3.07	3.53	4.15	4.52

Quando nella sezione terminale del bacino in studio esiste una stazione di misura idrometrica, la stima della piena media annua può essere effettuata direttamente sulla serie osservata dei massimi annuali al colmo di piena, essendo tale stima piuttosto affidabile non appena la serie osservata sia di lunghezza appena sufficiente (4-5 anni)

Nel caso più frequente in cui tali dati dovessero mancare del tutto, possono essere utilizzati diversi modelli per la stima indiretta della piena media annua; nel seguito ne vengono riportati i principali risultati applicativi.

4.3.1 REGRESSIONE EMPIRICA

Diverse formulazioni di tipo regressivo fra la piena media annua e le principali grandezze fisiche del bacino possono essere considerate; in particolare, per le sue prestazioni statistiche, valutate attraverso una tecnica di cross-validation, si propone qui la seguente relazione:

$$\mu(Q) = a \cdot A_{rid}^b$$

in cui con A_{rid} si intende l'area del bacino ridotta delle sue parti carbonatiche con copertura boschiva, espressa in km^2 , mentre $\mu(Q)$ è in m^3/s , ed i parametri valgono:

$$a = 3.2160$$

$$b = 0.7154$$

4.3.2 MODELLI CONCETTUALI (RAZIONALE – GEOMORFOCLIMATICO)

L'area interessata è stata suddivisa in tre tipologie idrogeomorfologiche:

- A1 la superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco;
- A2 la superficie non carbonatica del bacino;
- A3 la superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva.

In ognuna delle aree vengono considerate costanti alcune delle grandezze utilizzate per l'analisi regionale della piene media annua utilizzando due diversi modelli concettuali:

- Formula razionale
- Modello geomorfoclimatico

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 26 di 32

Formula razionale

Il modello razionale ha caratteristiche previsionali non molto inferiori a quelle di un modello concettuale più completo, che si espone in seguito, ma risulta di uso piuttosto agevole.

In sintesi, tale modello si riassume nella seguente espressione:

$$\mu(Q) = C^* \cdot K_A(t_r) \cdot \mu[I(t_r)] \cdot A/3.6$$

in cui i parametri del modello, cioè il coefficiente di piena C^* ed il tempo di ritardo del bacino, t_r , possono essere valutati in base alle seguenti espressioni:

$$C^* = C_1^* \frac{A_1}{A} + C_2^* \frac{A_2}{A}$$

$$t_r = \frac{C_1^* \cdot A_1}{C^* \cdot A} \cdot \frac{1.25\sqrt{A_1}}{3.6 \cdot c_1} + \frac{C_2^* \cdot A_2}{C^* \cdot A} \cdot \frac{1.25\sqrt{A_2}}{3.6 \cdot c_2}$$

nelle quali:

$$C^{+1} = 0.29$$

$$C^{+2} = 0.36$$

$$c_1 = 0.23 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 1.87 \text{ m/s}$$

In cui le aree sono in km^2 , t_r in ore, $\mu[I(t_r)]$ in mm/ora ed $\mu(Q)$ in m^3/s .

Modello geomorfoclimatico

Il modello geomorfoclimatico è il modello i cui parametri possiedono maggiore significato fisico; purtroppo, la sua applicazione è anche quella che richiede il maggiore impegno elaborativo.

In sintesi, tale modello conduce alla seguente espressione:

$$\mu(q) = C_f \cdot S(d^*) \cdot K_A(d^*) \cdot \mu[I(d^*)] \cdot A$$

in cui d^* è la durata critica delle precipitazioni sul bacino che dipende in maniera complessa sia dalle caratteristiche geomorfologiche della risposta del bacino, sia dalle caratteristiche climatiche delle precipitazioni intense sul bacino stesso: in particolare, dipende dal tempo di ritardo del bacino, t_r ; C_f è il coefficiente di afflusso di piena del bacino, che tiene conto delle trasformazioni della pioggia totale precipitata sul bacino nell'aliquota netta efficace ai fini dei deflussi superficiali di piena: le perdite sono essenzialmente dovute all'infiltrazione e all'intercettazione da parte dell'apparato fogliare. Infine, $S(d^*)$ è il coefficiente di attenuazione della portata al colmo di piena, che tiene conto delle attenuazioni indotte sul picco di piena dalla propagazione e laminazione dell'onda all'interno del reticolo dei canali.

In prima approssimazione, la precedente può anche essere riscritta come:

$$\mu(Q) = C_f \cdot q \cdot K_A(t_r) \cdot \mu[I(t_r)] \cdot A/3.6$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 27 di 32

in cui q è il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena e dipende in maniera complessa da tutti i parametri in gioco nel modello, ma che può essere valutato, in prima approssimazione, come:

$$q = 0.6 \text{ se } 0.25 \leq n' = 1 + k_1 \cdot A - \frac{\beta \cdot t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.45$$

$$q = 0.65 \text{ se } 0.45 \leq n' = 1 + k_1 \cdot A - \frac{\beta \cdot t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.65$$

in cui β e d_c sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata, mentre k_1 è un coefficiente numerico pari a:

$$k_1 = 1.44 \cdot 10^{-4}$$

se le aree sono in km^2 , le durate in ore e le intensità di pioggia in mm/ora .

L'equazione precedente consente il calcolo della piena media annua, noti i valori dei parametri della legge di probabilità pluviometrica sul bacino, l'area del bacino ed i valori dei parametri della risposta del bacino, che sono il coefficiente di afflusso C_f ed il tempo di ritardo t_r del bacino, valutabili attraverso le seguenti espressioni:

$$C_f = C_{f1} \cdot \frac{A_1}{A} + C_{f2} \cdot \frac{A_2}{A}$$

$$t_r = \frac{C_{f1} \cdot A_1}{C_f \cdot A} \cdot \frac{1.25 \sqrt{A_1}}{3.6 \cdot c_1} + \frac{C_{f2} \cdot A_2}{C_f \cdot A} \cdot \frac{1.25 \sqrt{A_2}}{3.6 \cdot c_2}$$

in cui:

$$C_{f1} = 0.42$$

$$C_{f2} = 0.56$$

$$c_1 = 0.23 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 1.87 \text{ m/s}$$

4.4 VALUTAZIONE PORTATE DI PROGETTO RII MINORI

Le portate di progetto dei corsi d'acqua minori sono state valutate con i 3 metodi descritti nella metodologia VAPI, calcolando dunque la portata indice μ (Q) con ogni metodo.

Tra i valori ottenuti viene poi scelto il maggiore come valore di riferimento.

La portata indice viene moltiplicata per il relativo coefficiente di crescita K_T , onde ottenere la portata di piena Q_T in funzione dei diversi tempi di ritorno:

$$Q_T = K_T \cdot \mu(Q) \quad [\text{m}^3/\text{s}].$$

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per ogni metodologia.

Si specifica che a favore di sicurezza, si è ipotizzato che l'intera superficie non carbonatica dei bacini sia pari all'intera superficie del bacino ($A_2 = A$).

Tabella 4-7. Valori di portata ottenuti con la regressione empirica VAPI

ID	Corso d'acqua	Pk	S [km ²]	A2 [km ²]	μ (Q) [m ³ /s]
1	Vallone Ferro	16+663	5.37	5.37	10.70
2	Fosso	17+402	2.11	2.11	5.49
3	Fosso	17+638	0.13	0.13	0.75
4	Interferenza	17+771	0.1	0.1	0.62
5	Interferenza	18+277	0.14	0.14	0.79
6	Vallone Mortale	18+649	3.8265	3.8265	8.40
7	Torrente Maltempo	19+755	22.072	22.072	29.42
8	Interferenza Canale	21+600	6.45	6.45	12.20
9	Vallone Santa Marta	22+154	2.723	2.723	6.58
10	Inalveazione	22+950	0.29	0.29	1.33
11	Interferenza	25+374	0.13	0.13	0.75
12	Interferenza	25+594	0.106	0.106	0.65
13	Torrente Portella	25+800	34.77	34.77	40.73

Tabella 4-8. Valori di portata ottenuti con il metodo concettuale VAPI

ID	Corso d'acqua	Pk	S [km ²]	A1 [km ²]	A2 [km ²]	A3 [km ²]	Z [msmm]	C*	t _r [ore]	K _A (t _r)	β	μ (t _r) A3	μ (t _r) A6	μ (Q) [m ³ /s]
1	Vallone Ferro	16+663	5.37	0	5.37	0	120	0.36	0.43	0.99	0.7159	-	40.49	21.58
2	Fosso	17+402	2.11	0	2.11	0	100	0.36	0.27	1.00	0.7177	-	49.53	10.42
3	Fosso	17+638	0.13	0	0.13	0	70	0.36	0.07	1.00	0.7203	-	72.59	0.94
4	Interferenza	17+771	0.1	0	0.1	0	80	0.36	0.06	1.00	0.7194	-	74.14	0.74
5	Interferenza	18+277	0.14	0	0.14	0	80	0.36	0.07	1.00	0.7194	-	72.15	1.01
6	Vallone Mortale	18+649	3.8265	0	3.8265	0	110	0.36	0.36	0.99	0.7168	-	43.73	16.65
7	Torrente Maltempo	19+755	22.072	0	22.072	0	520	0.36	0.87	0.97	0.6805	-	29.57	63.49
8	Interferenza Canale	21+600	6.45	0	6.45	0	80	0.36	0.47	0.99	0.7290	32.27	-	20.63
9	Vallone Santa Marta	22+154	2.723	0	2.723	0	65	0.36	0.31	1.00	0.7303	41.35	-	11.22
10	Inalveazione	22+950	0.29	0	0.29	0	70	0.36	0.10	1.00	0.7299	69.74	-	2.02
11	Interferenza	25+374	0.13	0	0.13	0	70	0.36	0.07	1.00	0.7299	79.71	-	1.04
12	Interferenza	25+594	0.106	0	0.106	0	75	0.36	0.06	1.00	0.7295	82.10	-	0.87
13	Torrente Portella	25+800	34.77	0	34.77	0	175	0.36	1.09	0.96	0.7207	19.22	-	64.08

Tabella 4-9. Valori di portata ottenuti con il modello geomorfoclimatico VAPI

ID	Corso d'acqua	Pk	S [km ²]	A1 [km ²]	A2 [km ²]	A3 [km ²]	Z [msmm]	C _f	t _r [ore]	K _{A(t)}	b	k1	n'	q	μ(t) A3	μ(t) A6	μ (Q) [m ³ /s]
1	Vallone Ferro	16+663	5.37	0	5.37	0	120	0.56	0.43	0.99	0.7159	0.000144	0.53	0.65	-	40.49	21.82
2	Fosso	17+402	2.11	0	2.11	0	100	0.56	0.27	1.00	0.7177	0.000144	0.61	0.65	-	49.53	10.53
3	Fosso	17+638	0.13	0	0.13	0	70	0.56	0.07	1.00	0.7203	0.000144	0.83	0.65	-	72.59	0.95
4	Interferenza	17+771	0.1	0	0.1	0	80	0.56	0.06	1.00	0.7194	0.000144	0.85	0.65	-	74.14	0.75
5	Interferenza	18+277	0.14	0	0.14	0	80	0.56	0.07	1.00	0.7194	0.000144	0.83	0.65	-	72.15	1.02
6	Vallone Mortale	18+649	3.8265	0	3.8265	0	110	0.56	0.36	0.99	0.7168	0.000144	0.55	0.65	-	43.73	16.83
7	Torrente Maltempo	19+755	22.072	0	22.072	0	520	0.56	0.87	0.97	0.6805	0.000144	0.46	0.65	-	29.57	64.19
8	Interferenza Canale	21+600	6.45	0	6.45	0	80	0.56	0.47	0.99	0.7290	0.000144	0.40	0.6	32.27	-	19.26
9	Vallone Santa Marta	22+154	2.723	0	2.723	0	65	0.56	0.31	1.00	0.7303	0.000144	0.45	0.6	41.35	-	10.47
10	Inalveazione	22+950	0.29	0	0.29	0	70	0.56	0.10	1.00	0.7299	0.000144	0.63	0.65	69.74	-	2.04
11	Interferenza	25+374	0.13	0	0.13	0	70	0.56	0.07	1.00	0.7299	0.000144	0.70	0.65	79.71	-	1.05
12	Interferenza	25+594	0.106	0	0.106	0	75	0.56	0.06	1.00	0.7295	0.000144	0.72	0.65	82.10	-	0.88
13	Torrente Portella	25+800	34.77	0	34.77	0	175	0.56	1.09	0.96	0.7207	0.000144	0.34	0.6	19.22	-	59.80

Tabella 4-10. Portate di progetto corsi d'acqua minori

ID	Corso d'acqua	Pk	Regress. Empirica	Metodo Concettuale Formula Razionale	Metodo Concettuale Modello Geomorfoclimatico	MAX	TR 2	TR 50	TR 100	TR 200	TR 300
			μ (Q) [m ³ /s]	μ (Q) [m ³ /s]	μ (Q) [m ³ /s]	μ (Q) [m ³ /s]	μ (Q) [m ³ /s]	μ (Q) [m ³ /s]	μ (Q) [m ³ /s]	μ (Q) [m ³ /s]	μ (Q) [m ³ /s]
1	Vallone Ferro	16+663	10.70	21.58	21.82	21.82	18.99	56.96	67.00	77.04	83.41
2	Fosso	17+402	5.49	10.42	10.53	10.53	9.16	27.49	32.34	37.19	40.26
3	Fosso	17+638	0.75	0.94	0.95	0.95	0.83	2.49	2.93	3.37	3.65
4	Interferenza	17+771	0.62	0.74	0.75	0.75	0.65	1.96	2.30	2.65	2.86
5	Interferenza	18+277	0.79	1.01	1.02	1.02	0.89	2.67	3.13	3.60	3.90
6	Vallone Mortale	18+649	8.40	16.65	16.83	16.83	14.64	43.93	51.67	59.41	64.32
7	Torrente Maltempo	19+755	29.42	63.49	64.19	64.19	55.85	167.54	197.07	226.60	245.35
8	Interferenza Canale	21+600	12.20	20.63	19.26	20.63	17.95	53.85	63.34	72.84	78.86
9	Vallone Santa Marta	22+154	6.58	11.22	10.47	11.22	9.76	29.28	34.44	39.60	42.87
10	Inalveazione	22+950	1.33	2.02	2.04	2.04	1.78	5.33	6.28	7.21	7.81
11	Interferenza	25+374	0.75	1.04	1.05	1.05	0.91	2.73	3.22	3.70	4.00
12	Interferenza	25+594	0.65	0.87	0.88	0.88	0.77	2.30	2.70	3.11	3.36
13	Torrente Portella	25+800	40.73	64.08	59.80	64.08	55.75	167.24	196.71	226.19	244.90

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Idrologia e idraulica Relazione idrologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 30 di 32

4.4.1 PORTATA LIQUIDA FASE PROVVISORIALE

Il presente paragrafo riporta le valutazioni della portata finalizzata alla progettazione delle opere provvisorie durante la fase di cantiere.

Il tempo di ritorno dell'evento associato alla fase provvisoria usualmente si calcola come il tempo di ritorno avente lo stesso rischio dell'opera di progetto a vita intera.

Si suddividono i rii minori con bacino superiore a 10 km² (Torrente Maltempo e Torrente Portella), per i quali la portata di riferimento è quella con tempo di ritorno 300 anni, da tutti gli altri che hanno bacino inferiore a 10 km², per i quali la portata di riferimento è quella con tempo di ritorno 200 anni.

Per i T. Maltempo e Portella, dato un tempo di vita dell'opera generale (N_{og}), pari a 100 anni (secondo N.T.C. 2008), e un tempo di ritorno dell'evento di piena di progetto fissato a 300 anni (TR_{og}), si può calcolare il rischio di superamento (R_{og}) della portata centennale in 300 anni di servizio dell'opera generale secondo la seguente formula:

$$R_{og} = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR_{og}}\right)^{N_{og}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{300}\right)^{100} = 0.284$$

con R_{og} il rischio di superamento dell'evento associato al tempo di ritorno TR_{og} (pari a 300 anni) in N_{og} anni (pari a 100 anni).

Per la realizzazione delle opere in progetto, si ipotizza una durata del cantiere di 6 mesi, durante la quale l'opera provvisoria sarà attiva; eseguendo il calcolo a ritroso, noto il tempo di vita dell'opera provvisoria ($N_{op} = 6$ mesi = 0,5 anni), si va a calcolare il tempo di ritorno della portata che risulta avere lo stesso rischio di superamento dell'opera generale.

$$0.284 = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR_{op}}\right)^{N_{op}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR_{op}}\right)^{0,5}$$

Il tempo di ritorno (TR_{op}) dell'evento di piena di riferimento per il progetto delle opere provvisorie è pari a 2.05 anni.

Il valore del coefficiente KT associato al TR 2 anni è 0.87; i valori di portata sono riportati in Tabella 4-12.

Per tutti gli altri corsi d'acqua interessati, dato un tempo di vita dell'opera generale (N_{og}), pari a 100 anni (secondo N.T.C. 2008), e un tempo di ritorno dell'evento di piena di progetto fissato a 200 anni (TR_{og}), si può calcolare il rischio di superamento (R_{og}) della portata centennale in 200 anni di servizio dell'opera generale secondo la seguente formula:

$$R_{og} = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR_{og}}\right)^{N_{og}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{200}\right)^{100} = 0.394$$

con R_{og} il rischio di superamento dell'evento associato al tempo di ritorno TR_{og} (pari a 200 anni) in N_{og} anni (pari a 100 anni).

Per la realizzazione delle opere in progetto, si ipotizza una durata del cantiere di 6 mesi, durante la quale l'opera provvisoria sarà attiva; eseguendo il calcolo a ritroso, noto il tempo di vita dell'opera provvisoria ($N_{op} = 6$ mesi = 0,5 anni), si va a calcolare il tempo di ritorno della portata che risulta avere lo stesso rischio di superamento dell'opera generale.

$$0.394 = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR_{op}}\right)^{N_{op}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR_{op}}\right)^{0.5}$$

Il tempo di ritorno (TR_{op}) dell'evento di piena di riferimento per il progetto delle opere provvisionali è pari a 1.16 anni.

Il valore del coefficiente K_T associato al TR 1.16 anni è 0.61; il coefficiente è stato ricavato da estrapolazione dei dati dei tempi di ritorno bassi (da TR 2 a TR 10), riportati nel rapporto VAPI per la Campania (cfr. Tabella 4-6).

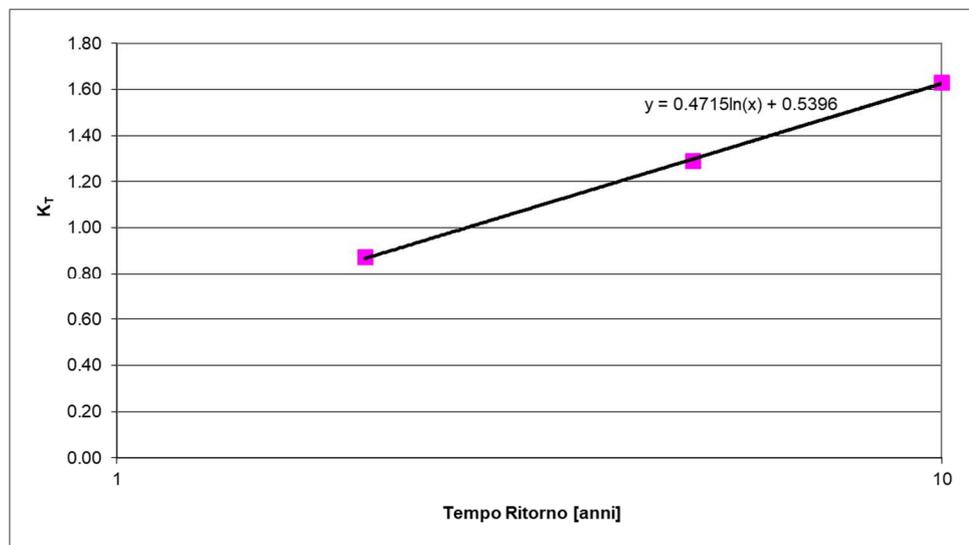


Figura 4-3 – Interpolazione valori K_T VAPI Campania per tempi di ritorno bassi

Tabella 4-11. Estrapolazione valore K_T per $TR=1.16$

Tempo Ritorno [anni]	K_T	Interpolazione K_T
1.16	0.61	0.61
2	0.87	0.87
5	1.29	1.30
10	1.63	1.63

I valori di $\mu(T)$ sono stati ricavati in Tabella 4-10.

Segue la tabella relativa alle portate provvisionali per i diversi rii.

Tabella 4-12. Portate di riferimento fase provvisoria

ID	Corso Acqua	Pk.	WBS	Tempo di ritorno Opera [anni]	Tempo di ritorno Provvisoria [anni]	K _T	μ (Q) [m ³ /s]	Q Provvisoria [m ³ /s]
1	Vallone Ferro	16+663	IN01	200	1.16	0.61	21.82	13.3
2	Fosso	17+402	VI01	200	1.16	0.61	10.53	6.4
3	Fosso	17+638	VI02	200	1.16	0.61	0.95	0.6
4	Interferenza	17+771		200	1.16	0.61	0.75	0.5
5	Interferenza	18+277		200	1.16	0.61	1.02	0.6
6	Vallone Mortale	18+649	VI03 IN25 NI02	200	1.16	0.61	16.83	10.3
7	Torrente Maltempo	19+755	VI04 IN09	300	2	0.87	64.19	55.8
8	Interferenza Canale	21+600	IN03	200	1.16	0.61	20.63	12.6
9	Vallone Santa Marta	22+154	VI06	200	1.16	0.61	11.22	6.8
10	Inalveazione	22+950	IN27	200	1.16	0.61	2.04	1.2
11	Interferenza	25+374	IN04	200	1.16	0.61	1.05	0.6
12	Interferenza	25+594	IN05	200	1.16	0.61	0.88	0.5
13	Torrente Portella	25+800	VI07	300	2	0.87	64.08	55.7