

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI.

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.

II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.

Relazione idrologica

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.
 IF0H 02 D 09 RI ID0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C.Marson	Giugno 2017	F. Cabas	Giugno 2017	F.Cerrone	Giugno 2017	ITALFERR Sp.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Angelo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A24783

File: IF0H02D09RIID0001001A.DOC.doc

n. Elab.: 0L010

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	CORSI D'ACQUA PRINCIPALI	4
2.1	IL FIUME VOLTURNO	5
2.2	IL FIUME CALORE	9
3.	AUTORITÀ DI BACINO COMPETENTE	10
4.	I BACINI E LA RETE IDROGRAFICA DEI CORSI D'ACQUA	11
4.1	MAPWINDOW E L'APPLICATIVO TAUDEM	12
4.2	L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI LUNGO LA TRATTA FERROVIARIA	13
5.	STUDIO IDROLOGICO	16
5.1	LA METODOLOGIA VAPI	17
5.2	VAPI: CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA VALIDE PER LA REGIONE CAMPANIA	18
5.3	VAPI: PORTATE ISTANTANEE AL COLMO DI PIENA	21
6.	STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO	25
6.1	PORTATE DI PROGETTO DEL FIUME VOLTURNO E DEL CALORE – RISULTATI DELL'ANALISI DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEI FIUMI LIRI-GARIGLIANO E VOLTURNO	25
6.1.1	<i>Caratteristiche idrologiche del Fiume Volturno dalla confluenza con il Titerno alla confluenza con il Calore ...</i>	26
6.1.2	<i>Caratteristiche idrologiche del Fiume Volturno dalla confluenza con il Calore alla foce</i>	27
6.1.3	<i>Caratteristiche idrologiche del Fiume Calore dalla confluenza con lo Irga alla confluenza con il Fiume Volturno</i>	28
6.1.4	<i>Portate di progetto nei 3 tratti del Fiume Volturno e del Fiume Calore di interesse</i>	29
6.2	PORTATE DI PROGETTO DEGLI ALTRI CORSI D'ACQUA - IL METODO VAPI	30
6.2.1	<i>Regressione empirica</i>	31
6.2.2	<i>Metodo Concettuale - Formula razionale</i>	32
6.2.3	<i>Metodo Concettuale - Modello geomorfoclimatico</i>	33

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IFOF	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV A

1. PREMESSA

La presente relazione riassume i risultati delle indagini sviluppate, le metodologie applicate ed i risultati dello studio idrologico – idraulico dei bacini idrografici principali e secondari interessati dal tracciato ferroviario del 2° Lotto funzionale della linea Cancello – Benevento, nella tratta tra Frasso Telesino e Vitulano.

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 (Figura 1).

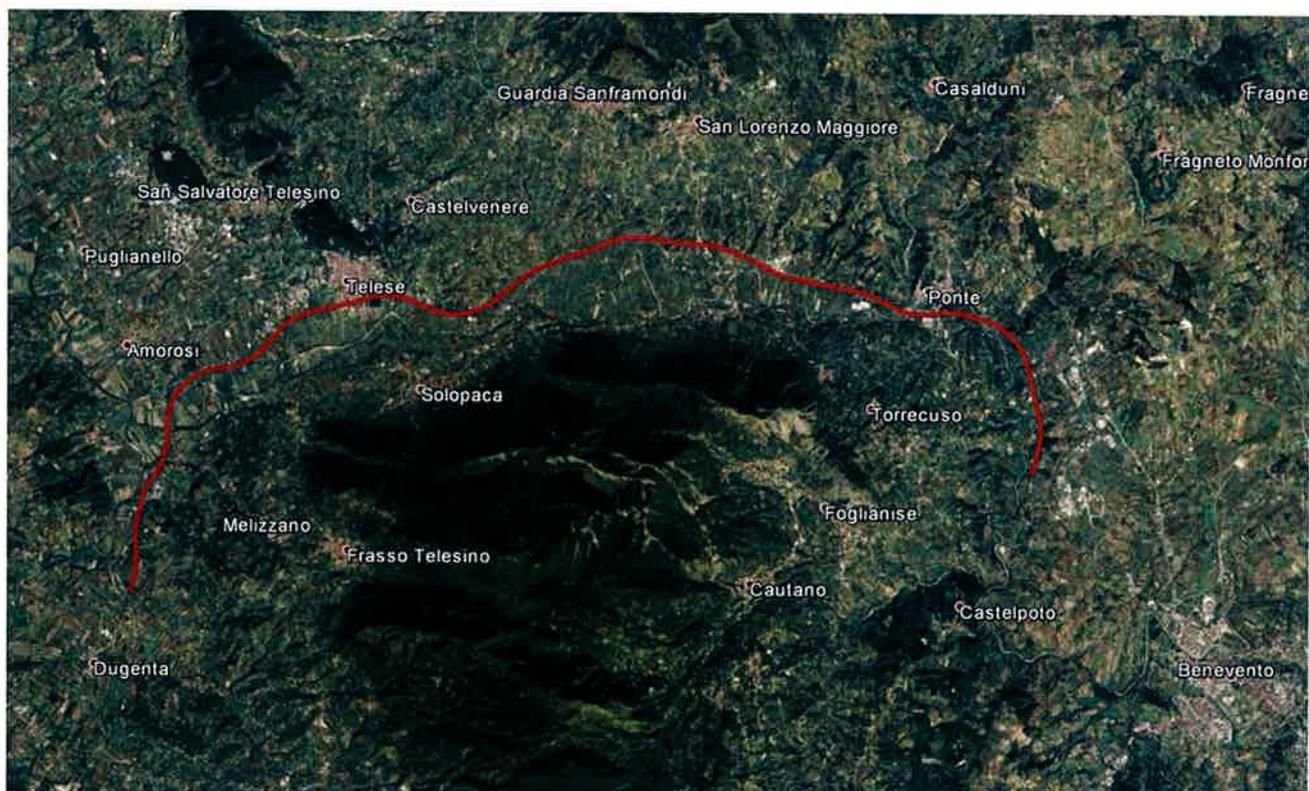


Figura 1: Inquadramento territoriale della tratta Frasso Telesino - Vitulano.

In questo studio si è fatto riferimento ai risultati dei seguenti documenti:

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IF0F	02 D 09	RI	ID0001 001	A	4 di 35

- Relazione Idrologica del Progetto Preliminare del raddoppio del 2° lotto funzionale Frasso Telesino – Vitulano;
- Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno;
- Sintesi del Rapporto Regionale della "Valutazione delle piene in Campania" (VAPI - Rossi e Villani 2001).

Nelle relazioni idrauliche relative agli attraversamenti del Fiume Calore e degli altri corsi d'acqua è stata verificata la compatibilità idraulica dell'infrastruttura ferroviaria di progetto con l'assetto idraulico e con le condizioni di rischio idraulico del territorio attuali e successive alla realizzazione dell'intervento.

2. CORSI D'ACQUA PRINCIPALI

I due corsi d'acqua principali interessati dal progetto della linea ferroviaria sono il Fiume Calore e il Fiume Volturno. Nel tratto iniziale, per 3.5 km, il tracciato viaggia in parallelo al Fiume Volturno, poco a valle della confluenza del Calore, poi, per la restante parte della sua estensione, il tracciato si colloca in parallelo al Fiume Calore e attraversa il corso d'acqua in tre punti.

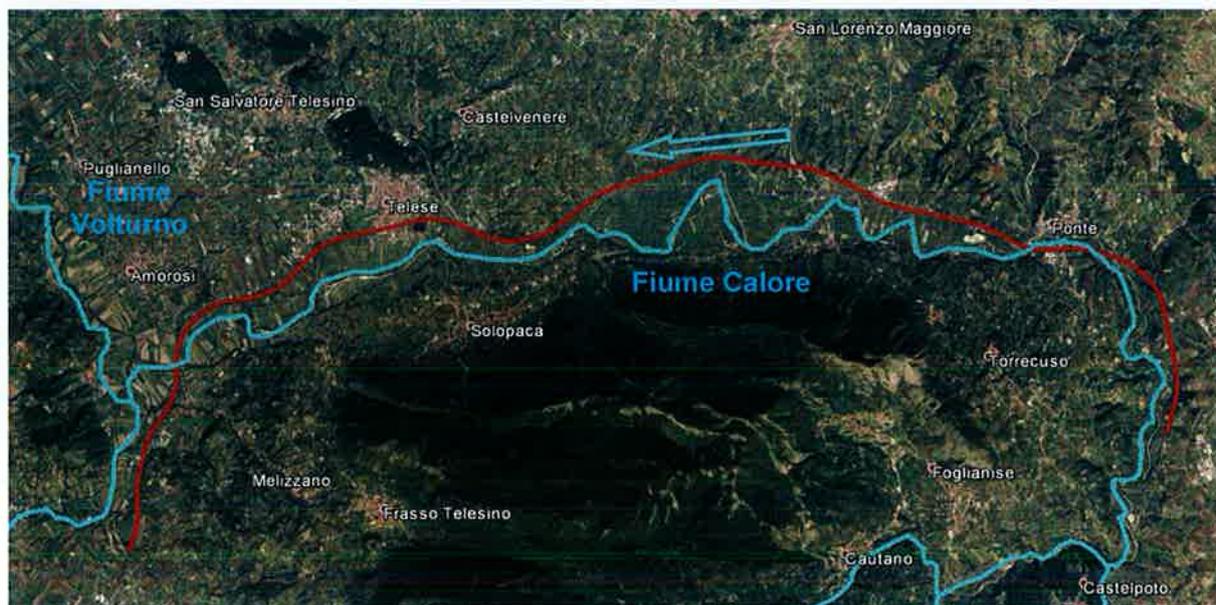


Figura 2: Sezioni di attraversamento della linea ferroviaria sul Fiume Calore.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

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

2.1 Il Fiume 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 Venafrò, 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 Venafrò che, limitata in sinistra da due promontori, Montè 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 mc.

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV A

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.

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 tre 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.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

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 mc/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 mc/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 invaso di circa 10 milioni di mc 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 mc/s) ed all'evento del dicembre 1968 (3060 mc/s).

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IFOF	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV A

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.

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

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.

[...]

2.2 Il Fiume Calore

Il bacino del Calore Irpino 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 km².

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

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

Proseguendo verso Ovest il fiume si porta a Sud dell'abitato di Teleso 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. AUTORITY DI BACINO COMPETENTE

La tratta Frasso Telesino - Vitulano attraversa interamente l'area di pertinenza dell' Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno (Figura 3).

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.



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

4. I BACINI E LA RETE IDROGRAFICA DEI CORSI D'ACQUA

La tratta ferroviaria attraversa diversi corsi d'acqua. Per individuare le sezioni di attraversamento dei corsi d'acqua, per ricostruire la rete idrografica dell'area e la delimitazione dei bacini è stata utilizzata la cartografia tecnica regionale, il rilievo di dettaglio del terreno circostante la linea ferroviaria ed il modello digitale del terreno alla risoluzione di 30 m, disponibile presso il sito ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM) e realizzato grazie al progetto della NASA, Shuttle Radar Topographic Mission

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV A

(SRTM). Quest'ultimo strumento in particolare è stato sfruttato per l'individuazione dei bacini della parte sommitale dei corsi d'acqua maggiori.



Figura 4: DEM della Nasa

Il modello digitale del terreno della NASA è stato elaborato mediante il software MAPWindow.

4.1 MapWindow e l'applicativo TauDEM

Per identificare la rete idrografica dell'area di studio, è stato utilizzato il programma MapWindow, software sviluppato dall'Idaho State University e dalla Utah State University, integrato con il plug-in TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models). Questo applicativo consente il riconoscimento della rete idrografica sfruttando semplicemente il DTM dell'area di interesse, che deve essere fornito come griglia di quadrati di dimensioni identiche ad ognuno dei quali va associata la quota geodetica media della porzione di territorio sottesa dal quadrato stesso.

4.2 L'individuazione degli attraversamenti idraulici lungo la tratta ferroviaria

Lungo la linea ferroviaria Frasso Telesino - Vitulano sono state individuate 3 sezioni di attraversamento del Fiume Calore e 43 attraversamenti di altri corsi d'acqua.

In Figura 5 si riportano le sezioni di attraversamento della linea ferroviaria sul Fiume Calore. In corrispondenza delle opere di attraversamento, procedendo da monte verso valle, il bacino del Fiume Calore è esteso con le seguenti superfici:

- al Viadotto VI 21, tra le PK 42+522 e 43+002, il bacino è pari a 2788 km²;
- al Viadotto VI 20, tra le PK 40+939 e 41+210, il bacino è pari a 2854 km²;
- al Viadotto VI 05, tra le PK 20+474 e 21+239, il bacino è pari a 3044 km².



Figura 5: Sezioni di attraversamento della linea ferroviaria sul Fiume Calore.

In Figura 6 è visibile il bacino del Fiume Calore chiuso in corrispondenza della linea ferroviaria di progetto Frasso Telesino – Vitulano, poco a monte della confluenza con il Fiume Volturmo.

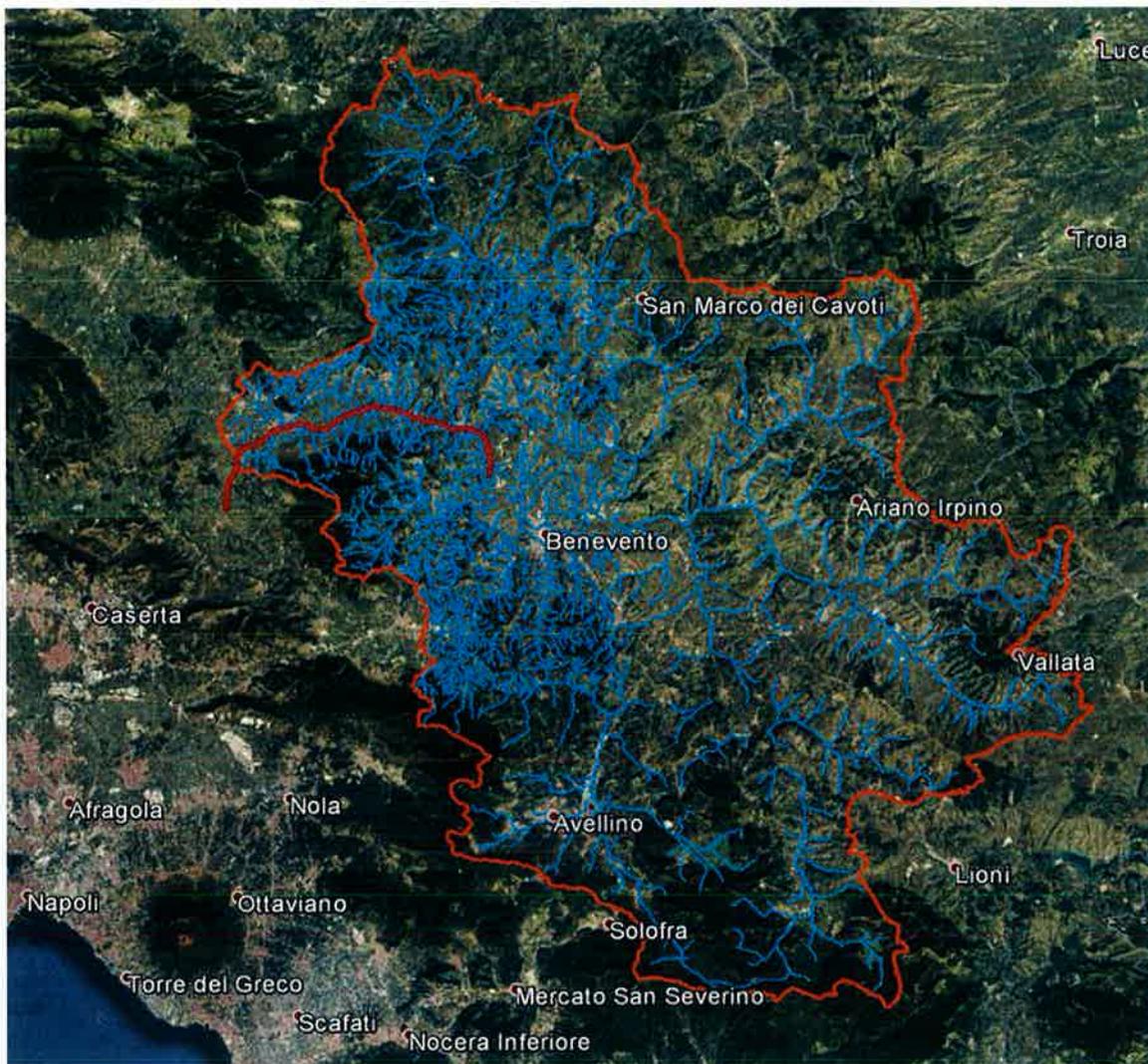


Figura 6: Bacino del Fiume Calore chiuso in corrispondenza della linea ferroviaria di progetto Frasso Telesino – Vitulano, poco a monte della confluenza con il Fiume Volturno.

Le aste principali e i bacini degli altri 43 corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria sono visibili in Figura 7.

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IF0F	02 D 09	RI	ID0001 001	A	15 di 35

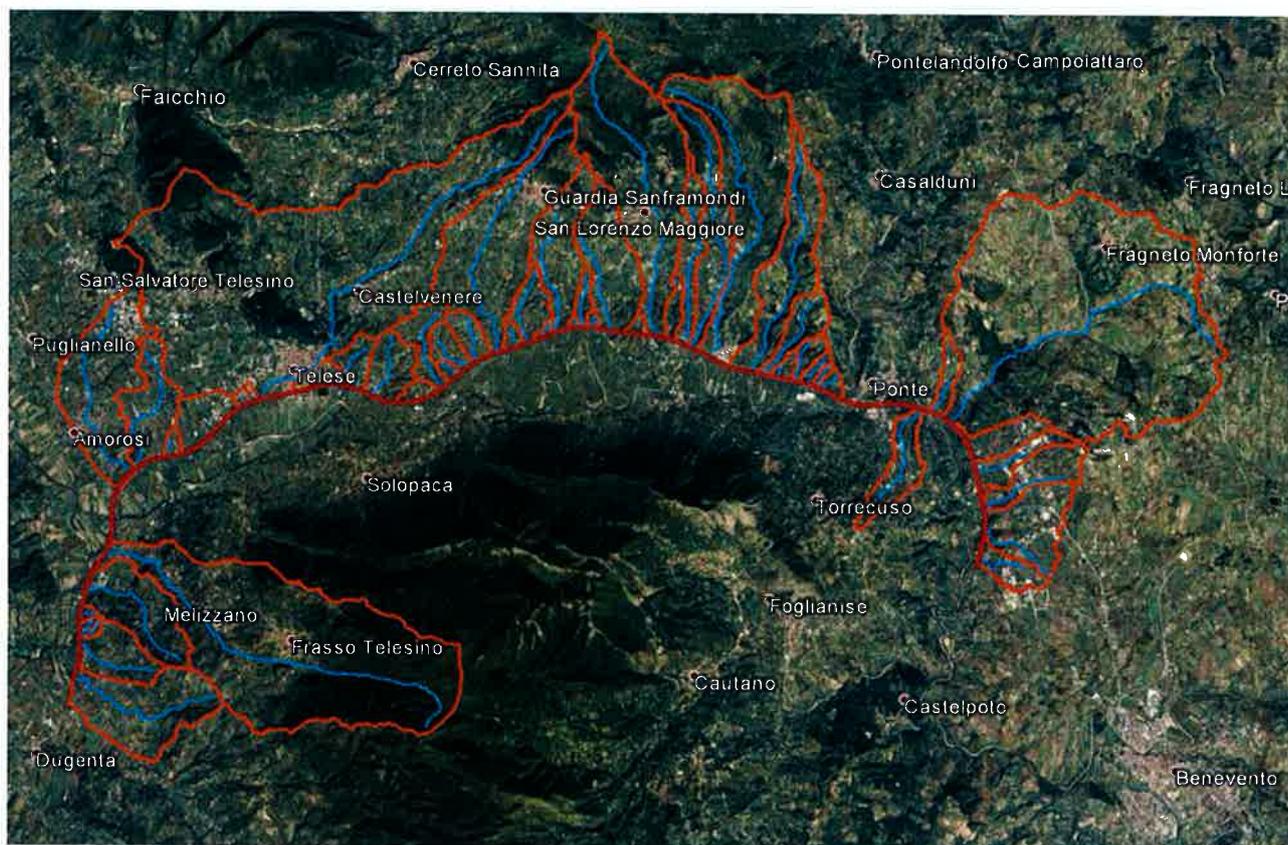


Figura 7: Aste principali e bacini dei 43 corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria

Le estensioni dei bacini dei corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria Frasso Telesino - Vitulano sono riportate nella Tabella 1.

ID	Corso d'acqua	Pk	S	ID	Corso d'acqua	Pk	S
		[km]	[km ²]			[km]	[km ²]
1	Vallone del Ferro	16+663	5.33	22	Rio	32+718	1.19
2	Fosso	17+402	2.08	23	Rio Lavello	33+495	3.39
3	Fosso	17+638	0.13	24	Vallone Limata	34+183	0.59
4	Interferenza	17+771	0.10	25	Interferenza	34+433	0.10
5	Interferenza	18+277	0.14	26	Vallone Codalecchio	34+876	3.72
6	Vallone Mortale	18+649	3.83	27	Torrente Iannare	35+950	10.43
7	Torrente Maltempo	19+755	22.11	28	Vallone La Cerasa	36+668	1.74
8	Canale	21+541	6.53	29	Vallone del Lago	36+871	3.71
		21+850		30	Vallone del Corpo	37+294	9.72
9	Vallone Santa Marta	22+154	2.72	31	Vallone Fornace	38+440	4.87
10	Interferenza	22+950	0.29	32	Burrone Martello	38+701	1.33
11	Interferenza	25+374	0.13	33	Interferenza	39+087.5	0.27
12	Interferenza	25+594	0.11	34	Rivo Depone	39+546	0.50
13	Torrente Portella	25+800	34.90	35	Rivo Femmina Morta	39+862	0.27
14	Canale	28+156	0.91	36	Interferenza	40+057	0.12
15	Fosso	28+464	1.66	37	Interferenza	40+238	0.15
16	Rio Rancio	30+493	1.35	38	Deviazione fosso	42+722	1.76
17	Fosso	30+810	0.18	39	Deviazione fosso	42+980	0.71
18	Rio Cocuzza I	31+322	0.79	40	Torrente Reventa	43+400	31.76
19	Rio Cocuzza II	31+492	0.74	41	Interferenza	44+850	1.16
20	Rio Capuano	31+935	8.44	42	Vallone del Fangara	45+761	1.84
21	Interferenza	32+464	0.24	43	Interferenza	46+230	3.07

Tabella 1: Bacini e attraversamenti dei corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria Frasso Telesino - Vitulano.

5. STUDIO IDROLOGICO

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

	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV A

5.1 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.

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;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV A

- 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:

$$T = \frac{1}{1 - F\{K_T\}} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 \cdot e^{-\eta K_T} - \Lambda_* \cdot \Lambda_1^{1/\vartheta_*} \cdot e^{-\eta K_T / \vartheta_*})} \quad \text{Eq. 3-1}$$

in cui Λ_1 , η , $\Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\vartheta_*}}$ e $\vartheta_* = \vartheta_2 / \vartheta_1$ sono i parametri della distribuzione aventi il seguente significato fisico:

- Λ_1 e Λ_2 rappresentano il numero medio annuo di eventi pluviometrici indipendenti appartenenti, rispettivamente, alla componente base ed alla componente straordinaria;
- ϑ_1 e ϑ_2 rappresentano il valore medio dell'altezza di pioggia di durata t , rispettivamente, per la componente base e per la componente straordinaria;
- η dipende dai parametri precedentemente indicati.

In tale ottica, i parametri $\Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\vartheta_*}}$ e $\vartheta_* = \vartheta_2 / \vartheta_1$, sono 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*).

5.2 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:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

ϑ	Λ	Λ_1	η
2,136	0,224	41	4,688

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

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:

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

Tabella 3: Valori del fattore K_T per la Regione Campania.

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:

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

Con Z pari all'altitudine.

La tratta ferroviaria si colloca tra le sottozone "A6" e "A3" come appare evidente dall'analisi della Figura 8.



Figura 8: Tracciato ferroviario e suddivisione in sottozone pluviometriche – Progetto VAPI.

Allo stesso modo i bacini dei corsi d'acqua interferenti con la tratta ferroviaria si collocano tra le sottozone "A3" e "A6" come appare evidente dall'analisi della Figura 9.



Figura 9: Bacini dei corsi d'acqua e suddivisione in sottozone pluviometriche – Progetto VAPI.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV A

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

Area omogenea	n. staz.	$\mu(h_0)$ (mm/ora)	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

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

5.3 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:

Portate	$\theta^* = 2.634$	$\Lambda^* = 0.350$	$\Lambda_1 = 13$	$\eta = 3.901$
---------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV A

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (portate)	0.87	1.29	1.63	2.03	2.17	2.47	2.61	3.07	3.53	4.15	4.52

Tabella 6: valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le portate in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno T .

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.

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:

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

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

$$a = 3.2160$$

$$b = 0.7154$$

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

- A_1 la superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco
- A_2 la superficie non carbonatica del bacino;
- A_3 la superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. IL LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV A

in ognuna delle quali vengono considerate costanti alcune delle grandezze utilizzate per l'analisi regionale della piene media annua utilizzando due diversi modelli concettuali, i cui risultati sono nel seguito sintetizzati:

1) 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:

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

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:

$$C^* = C^*_1 \frac{A_1}{A} + C^*_2 \frac{A_2}{A}$$

$$t_T = \frac{C^*_1 A_1}{C^* A} \frac{1.25 \sqrt{A_1}}{3.6 c_1} + \frac{C^*_2 A_2}{C^* A} \frac{1.25 \sqrt{A_2}}{3.6 c_2}$$

con:

$$C^*_1 = 0.29$$

$$C^*_2 = 0.36$$

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

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

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 .

2) 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:

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

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:

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

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:

$$q = \begin{cases} 0.60 & \text{se } 0.25 \leq n' = 1 + k_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.45 \\ 0.65 & \text{se } 0.45 \leq n' = 1 + k_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.65 \end{cases}$$

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:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV A

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

in cui:

$$C_{f1} = 0.42$$

$$C_{f2} = 0.56$$

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

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

6. STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

6.1 Portate di progetto del Fiume Volturno e del Calore – risultati dell'analisi dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Le portate di progetto adottate in questo studio per lo sviluppo delle simulazioni idrauliche sul Fiume Volturno e sul Fiume Calore sono prese dal Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni (PSDA) del Bacino del Volturno. In questo documento sono individuate le portate di riferimento per diversi tratti del Fiume Volturno e dei suoi principali affluenti. I tratti dei due corsi d'acqua d'interesse nel presente progetto corrispondono ai seguenti tratti analizzati nello studio:

1. Fiume Volturno dalla confluenza con il Titerno alla confluenza con il Calore,
2. Fiume Volturno dalla confluenza con il Calore alla foce,
3. Fiume Calore dalla confluenza con lo Ienza alla confluenza con il Fiume Volturno.

In Figura 10 si riportano i tratti dei due corsi d'acqua studiati nel PSDA del Bacino del Volturno e il tracciato della linea ferroviaria di progetto.



Figura 10: Tratti del Fiume Volturno e del Fiume Calore studiati nel PSDA del Bacino del Volturno e tracciato della linea ferroviaria di progetto..

6.1.1 Caratteristiche idrologiche del Fiume Volturno dalla confluenza con il Titerno alla confluenza con il Calore

Caratteristiche geomorfologiche del bacino a monte - Caratteristiche morfometriche ed altimetriche del bacino

Superficie del bacino = 2018 km²

Distanza della sezione di chiusura dalla foce = 82 km

Lunghezza dell'asta principale = 117 km

Densità di drenaggio = 1.26 km⁻¹

Altitudine media = 580 m slmm

Caratteristiche geomorfologiche del bacino a monte - Caratteristiche morfologiche e tipologiche del reticolo

Rapporto medio di biforcazione di Horton-Strahler = 4.55

Lunghezza media delle aste = 0.76 km

Caratteristiche climatiche e idrologiche del bacino a monte - Legge di probabilità pluviometrica areale sul bacino

$I_o = 95.46 \text{ mm/ora}$

$d_c = 0.1690 \text{ ore}$

$\beta = 0.6686$

$K_A = 0.61$

Caratteristiche climatiche e idrologiche - Piena media annua

Parametri del modello geomorfoclimatico

Area impermeabile = 1410 km²

Area permeabile senza bosco = 285 km²

Tempo di ritardo $t_r = 9.4 \text{ ore}$

$m(Q) = 605 \text{ mc/s}$

Caratteristiche climatiche e idrologiche - Portate di piena di assegnato periodo di ritorno

$m(Q)$	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{30}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{300}	Q_{1000}
587	605	630	915	1370	1580	1860	2315	2810

Tabella 7: Portate del Fiume Volturno dalla confluenza con il Tevere alla confluenza con il Calore.

6.1.2 Caratteristiche idrologiche del Fiume Volturno dalla confluenza con il Calore alla foce

Caratteristiche geomorfologiche - Caratteristiche morfometriche ed altimetriche del bacino

Superficie del bacino = 5560 km²

Lunghezza dell'asta principale = 203 km

Altitudine media = 534 m slmm

Caratteristiche climatiche e idrologiche - Portate di piena di assegnato periodo di ritorno

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IF0F	LOTTO 02 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

	m(Q)	Q₂	Q₅	Q₁₀	Q₃₀	Q₅₀	Q₁₀₀	Q₃₀₀	Q₁₀₀₀
valle confl.	1086	1120	1165	1690	2525	2915	3445	4280	5195
P. Annibale	1135	1170	1220	1770	2640	3050	3600	4500	5430

Tabella 8: Portate del Fiume Volturno dalla confluenza con il Calore alla foce.

6.1.3 Caratteristiche idrologiche del Fiume Calore dalla confluenza con lo lenga alla confluenza con il Fiume Volturno

Caratteristiche geomorfologiche del bacino a monte - Caratteristiche morfometriche ed altimetriche del bacino

Superficie del bacino = 3058 km²

Distanza della sezione di chiusura dalla foce = 82 km

Lunghezza dell'asta principale = 121 km

Densità di drenaggio = 1.93 km⁻¹

Altitudine media = 558 m slmm

Caratteristiche geomorfologiche del bacino a monte - Caratteristiche morfologiche e tipologiche del reticolo

Rapporto medio di biforcazione di Horton-Strahler = 4.09

Lunghezza media delle aste = 0.68 km

Caratteristiche climatiche e idrologiche del bacino a monte - Legge di probabilità pluviometrica areale sul bacino

$I_0 = 137.40$ mm/ora

$d_c = 0.0830$ ore

$\beta = 0.6926$

$K_A = 0.61$

Caratteristiche climatiche e idrologiche - Piena media annua

Parametri del modello geomorfoclimatico

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IFOF	02 D 09	RI	ID0001 001	A	29 di 35

Area impermeabile = 2600 km²

Area permeabile senza bosco = 245 km²

Coefficiente di deflusso $c_r = 0.51$

Tempo di ritardo $t_r = 10.4$ ore

$m(Q) = 780$ mc/s

Caratteristiche climatiche e idrologiche - Portate di piena di assegnato periodo di ritorno

$m(Q)$	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{30}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{300}	Q_{1000}
757	780	810	1180	1765	2040	2400	2990	3630

Tabella 9: Portate del Fiume Calore dalla confluenza con lo Irga alla confluenza con il Fiume Volturmo.

6.1.4 Portate di progetto nei 3 tratti del Fiume Volturmo e del Fiume Calore di interesse

A partire dalle portate disponibili sopra elencate si sono individuate per interpolazione anche le portate duecentennali nei 3 tratti del Fiume Volturmo e del Fiume Calore di interesse per il presente progetto. Si riporta di seguito una tabella riassuntiva con le portate di progetto dei tre tratti.

Sezione di chiusura	$\mu(Q)$ MAX	Q (Tr=2)	Q (Tr=50)	Q (Tr=100)	Q (Tr=200) INTERP.	Q (Tr=300)
	[m ³ /s]	[m ³ /s]				
Volturmo alla confluenza Calore	587	605	1580	1860	2136	2315
Volturmo a valle confluenza Calore	1086	1120	2915	3445	3948	4280
Calore alla confluenza Volturmo	757	780	2040	2400	2758	2990

Tabella 10: Portate di progetto nei 3 tratti del Fiume Volturmo e del Fiume Calore di interesse.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO. II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.												
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>IF0F</td> <td>02 D 09</td> <td>RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>30 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IF0F	02 D 09	RI	ID0001 001	A	30 di 35
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IF0F	02 D 09	RI	ID0001 001	A	30 di 35								

6.2 Portate di progetto degli altri corsi d'acqua - il metodo VAPI

Le portate di progetto degli altri corsi d'acqua sono state valutate con i 3 metodi descritti nella metodologia VAPI nel capitolo 5.3, calcolando dunque la portata indice $\mu(Q)$ 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:

$$Q_T = K_T \cdot \mu(Q) \quad [\text{mc/s}]$$

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per ogni metodologia. Si specifica che a favore di sicurezza, seguendo l'impostazione del Progetto Preliminare, si è ipotizzato che l'intera superficie non carbonatica dei bacini sia pari all'intera superficie del bacino ($A_2 = A$).

6.2.1 Regressione empirica

ID	Corso d'acqua	Pk	S	A ₂	μ(Q)	ID	Corso d'acqua	Pk	S	A ₂	μ(Q)
		[km]	[km ²]	[km ²]	[m ³ /s]			[km]	[km ²]	[km ²]	[m ³ /s]
1	Vallone del Ferro	16+663	5.33	5.33	10.64	22	Rio	32+718	1.19	1.19	3.64
2	Fosso	17+402	2.08	2.08	5.44	23	Rio Lavello	33+495	3.39	3.39	7.70
3	Fosso	17+638	0.13	0.13	0.75	24	Vallone Limata	34+183	0.59	0.59	2.22
4	Interferenza	17+771	0.10	0.10	0.61	25	Interferenza	34+433	0.10	0.10	0.62
5	Interferenza	18+277	0.14	0.14	0.81	26	Vallone Codalecchio	34+876	3.72	3.72	8.23
6	Vallone Mortale	18+649	3.83	3.83	8.41	27	Torrente Iannare	35+950	10.43	10.43	17.21
7	Torrente Maltempo	19+755	22.11	22.11	29.46	28	Vallone La Cerasa	36+668	1.74	1.74	4.78
8	Canale	21+541	6.53	6.53	12.31	29	Vallone del Lago	36+871	3.71	3.71	8.21
		21+850						37+294			
9	Vallone Santa Marta	22+154	2.72	2.72	6.59	31	Vallone Fornace	38+440	4.87	4.87	9.98
10	Interferenza	22+950	0.29	0.29	1.33	32	Burrone Martello	38+701	1.33	1.33	3.94
11	Interferenza	25+374	0.13	0.13	0.73	33	Interferenza	39+087.5	0.27	0.27	1.27
12	Interferenza	25+594	0.11	0.11	0.65	34	Rivo Depone	39+546	0.50	0.50	1.95
13	Torrente Portella	25+800	34.90	34.90	40.83	35	Rivo Femmina Morta	39+862	0.27	0.27	1.25
14	Canale	28+156	0.91	0.91	3.00	36	Interferenza	40+057	0.12	0.12	0.70
15	Fosso	28+464	1.66	1.66	4.63	37	Interferenza	40+238	0.15	0.15	0.83
16	Rio Rancio	30+493	1.35	1.35	3.99	38	Deviazione fosso	42+722	1.76	1.76	4.83
17	Fosso	30+810	0.18	0.18	0.93	39	Deviazione fosso	42+980	0.71	0.71	2.53
18	Rio Cocuzza I	31+322	0.79	0.79	2.71	40	Torrente Reventa	43+400	31.76	31.76	38.17
19	Rio Cocuzza II	31+492	0.74	0.74	2.59	41	Interferenza	44+850	1.16	1.16	3.59
20	Rio Capuano	31+935	8.44	8.44	14.80	42	Vallone del Fangara	45+761	1.84	1.84	4.97
21	Interferenza	32+464	0.24	0.24	1.16	43	Interferenza	46+230	3.07	3.07	7.17

Tabella 11: Valori di portata ottenuti con la regressione empirica prevista dal VAPI

6.2.2 Metodo Concettuale - Formula razionale

ID	Corso d'acqua	Pk	S	A ₂	C*	tr	K _A	μ (l) 3	μ (l) 6	μ (Q)
		[km]	[km ²]	[km ²]		[h]		[mm/h]	[mm/h]	[m ³ /s]
1	Vallone del Ferro	16+663	5.33	5.33	0.36	0.43	0.99		40.51	21.42
2	Fosso	17+402	2.08	2.08	0.36	0.27	1.00		49.59	10.30
3	Fosso	17+638	0.13	0.13	0.36	0.07	1.00		72.54	0.95
4	Interferenza	17+771	0.10	0.10	0.36	0.06	1.00		74.26	0.72
5	Interferenza	18+277	0.14	0.14	0.36	0.07	1.00		72.01	1.04
6	Vallone Mortale	18+649	3.83	3.83	0.36	0.36	0.99		43.68	16.64
7	Torrente Maltempo	19+755	22.11	22.11	0.36	0.87	0.97		29.52	63.49
8	Canale	21+541	6.53	6.53	0.36	0.47	0.99	32.05		20.75
		21+850								
9	Vallone Santa Marta	22+154	2.72	2.72	0.36	0.31	1.00	41.34		11.22
10	Interferenza	22+950	0.29	0.29	0.36	0.10	1.00	69.68		2.02
11	Interferenza	25+374	0.13	0.13	0.36	0.07	1.00	80.07		1.01
12	Interferenza	25+594	0.11	0.11	0.36	0.06	1.00	82.02		0.87
13	Torrente Portella	25+800	34.90	34.90	0.36	1.10	0.96	19.15		64.08
14	Canale	28+156	0.91	0.91	0.36	0.18	1.00	54.96		4.99
15	Fosso	28+464	1.66	1.66	0.36	0.24	1.00	47.43		7.87
16	Rio Rancio	30+493	1.35	1.35	0.36	0.22	1.00	50.07		6.76
17	Fosso	30+810	0.18	0.18	0.36	0.08	1.00	76.12		1.33
18	Rio Cocuzza I	31+322	0.79	0.79	0.36	0.16	1.00	56.88		4.48
19	Rio Cocuzza II	31+492	0.74	0.74	0.36	0.16	1.00	57.68		4.26
20	Rio Capuano	31+935	8.44	8.44	0.36	0.54	0.99	30.66		25.60
21	Interferenza	32+464	0.24	0.24	0.36	0.09	1.00	72.20		1.73
22	Rio	32+718	1.19	1.19	0.36	0.20	1.00	51.59		6.13
23	Rio Lavello	33+495	3.39	3.39	0.36	0.34	1.00	40.05		13.52
24	Vallone Limata	34+183	0.59	0.59	0.36	0.14	1.00	60.64		3.60
25	Interferenza	34+433	0.10	0.10	0.36	0.06	1.00	82.82		0.83
26	Vallone Codalecchio	34+876	3.72	3.72	0.36	0.36	0.99	38.81		14.37
27	Torrente Iannare	35+950	10.43	10.43	0.36	0.60	0.99	29.96		30.82
28	Vallone La Cerasa	36+668	1.74	1.74	0.36	0.24	1.00	47.72		8.28
29	Vallone del Lago	36+871	3.71	3.71	0.36	0.36	0.99	39.47		14.55
30	Vallone del Corpo	37+294	9.72	9.72	0.36	0.58	0.99	30.00		28.80
31	Vallone Fornace	38+440	4.87	4.87	0.36	0.41	0.99	36.04		17.44
32	Burrone Martello	38+701	1.33	1.33	0.36	0.21	1.00	50.56		6.71
33	Interferenza	39+087.5	0.27	0.27	0.36	0.10	1.00	70.73		1.92
34	Rivo Depone	39+546	0.50	0.50	0.36	0.13	1.00	63.11		3.14
35	Rivo Femmina Morta	39+862	0.27	0.27	0.36	0.10	1.00	71.07		1.90
36	Interferenza	40+057	0.12	0.12	0.36	0.06	1.00	80.98		0.96
37	Interferenza	40+238	0.15	0.15	0.36	0.07	1.00	78.10		1.18
38	Deviazione fosso	42+722	1.76	1.76	0.36	0.25	1.00	47.22		8.30
39	Deviazione fosso	42+980	0.71	0.71	0.36	0.16	1.00	58.64		4.18
40	Torrente Reventa	43+400	31.76	31.76	0.36	1.05	0.96	20.50		62.65
41	Interferenza	44+850	1.16	1.16	0.36	0.20	1.00	52.56		6.11
42	Vallone del Fangara	45+761	1.84	1.84	0.36	0.25	1.00	47.09		8.64
43	Interferenza	46+230	3.07	3.07	0.36	0.33	1.00	40.67		12.42

Tabella 12: Valori di portata ottenuti con il metodo concettuale previsto dal VAPI

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IFOF	02 D 09	RI	ID0001 001	A	33 di 35

6.2.3 Metodo Concettuale - Modello geomorfoclimatico

ID	Corso d'acqua	Pk [km]	S [km ²]	A ₂ [km ²]	Cf	tr [h]	K _A	n'	q	μ (l) 3	μ (l) 6	μ (Q)
										[mm/h]	[mm/h]	[m ³ /s]
1	Vallone del Ferro	16+663	5.33	5.33	0.56	0.43	0.99	0.53	0.65		40.51	21.66
2	Fosso	17+402	2.08	2.08	0.56	0.27	1.00	0.61	0.65		49.59	10.42
3	Fosso	17+638	0.13	0.13	0.56	0.07	1.00	0.83	0.65		72.54	0.96
4	Interferenza	17+771	0.10	0.10	0.56	0.06	1.00	0.85	0.65		74.26	0.73
5	Interferenza	18+277	0.14	0.14	0.56	0.07	1.00	0.83	0.65		72.01	1.05
6	Vallone Mortale	18+649	3.83	3.83	0.56	0.36	0.99	0.55	0.65		43.68	16.83
7	Torrente Maltempo	19+755	22.11	22.11	0.56	0.87	0.97	0.46	0.65		29.52	64.20
8	Canale	21+541	6.53	6.53	0.56	0.47	0.99	0.39	0.60	32.05		19.37
		21+850										
9	Vallone Santa Marta	22+154	2.72	2.72	0.56	0.31	1.00	0.45	0.60	41.34		10.47
10	Interferenza	22+950	0.29	0.29	0.56	0.10	1.00	0.63	0.65	69.68		2.04
11	Interferenza	25+374	0.13	0.13	0.56	0.07	1.00	0.71	0.65	80.07		1.02
12	Interferenza	25+594	0.11	0.11	0.56	0.06	1.00	0.72	0.65	82.02		0.88
13	Torrente Portella	25+800	34.90	34.90	0.56	1.10	0.96	0.34	0.60	19.15		59.80
14	Canale	28+156	0.91	0.91	0.56	0.18	1.00	0.53	0.65	54.96		5.04
15	Fosso	28+464	1.66	1.66	0.56	0.24	1.00	0.48	0.65	47.43		7.95
16	Rio Rancio	30+493	1.35	1.35	0.56	0.22	1.00	0.50	0.65	50.07		6.84
17	Fosso	30+810	0.18	0.18	0.56	0.08	1.00	0.68	0.65	76.12		1.35
18	Rio Cocuzza I	31+322	0.79	0.79	0.56	0.16	1.00	0.54	0.65	56.88		4.53
19	Rio Cocuzza II	31+492	0.74	0.74	0.56	0.16	1.00	0.55	0.65	57.68		4.30
20	Rio Capuano	31+935	8.44	8.44	0.56	0.54	0.99	0.40	0.60	30.66		23.89
21	Interferenza	32+464	0.24	0.24	0.56	0.09	1.00	0.65	0.65	72.20		1.75
22	Rio	32+718	1.19	1.19	0.56	0.20	1.00	0.51	0.65	51.59		6.20
23	Rio Lavello	33+495	3.39	3.39	0.56	0.34	1.00	0.45	0.60	40.05		12.61
24	Vallone Limata	34+183	0.59	0.59	0.56	0.14	1.00	0.57	0.65	60.64		3.64
25	Interferenza	34+433	0.10	0.10	0.56	0.06	1.00	0.73	0.65	82.82		0.84
26	Vallone Codalecchio	34+876	3.72	3.72	0.56	0.36	0.99	0.44	0.60	38.81		13.41
27	Torrente Iannare	35+950	10.43	10.43	0.56	0.60	0.99	0.41	0.60	29.96		28.76
28	Vallone La Cerasa	36+668	1.74	1.74	0.56	0.24	1.00	0.49	0.65	47.72		8.37
29	Vallone del Lago	36+871	3.71	3.71	0.56	0.36	0.99	0.45	0.60	39.47		13.58
30	Vallone del Corpo	37+294	9.72	9.72	0.56	0.58	0.99	0.40	0.60	30.00		26.88
31	Vallone Fornace	38+440	4.87	4.87	0.56	0.41	0.99	0.43	0.60	36.04		16.27
32	Burrone Martello	38+701	1.33	1.33	0.56	0.21	1.00	0.51	0.65	50.56		6.79
33	Interferenza	39+087.5	0.27	0.27	0.56	0.10	1.00	0.64	0.65	70.73		1.94
34	Rivo Depone	39+546	0.50	0.50	0.56	0.13	1.00	0.59	0.65	63.11		3.17
35	Rivo Femmina Morta	39+862	0.27	0.27	0.56	0.10	1.00	0.64	0.65	71.07		1.92
36	Interferenza	40+057	0.12	0.12	0.56	0.06	1.00	0.71	0.65	80.98		0.97
37	Interferenza	40+238	0.15	0.15	0.56	0.07	1.00	0.69	0.65	78.10		1.19
38	Deviazione fosso	42+722	1.76	1.76	0.56	0.25	1.00	0.49	0.65	47.22		8.40
39	Deviazione fosso	42+980	0.71	0.71	0.56	0.16	1.00	0.56	0.65	58.64		4.22
40	Torrente Reventa	43+400	31.76	31.76	0.56	1.05	0.96	0.36	0.60	20.50		58.47
41	Interferenza	44+850	1.16	1.16	0.56	0.20	1.00	0.52	0.65	52.56		6.17
42	Vallone del Fangara	45+761	1.84	1.84	0.56	0.25	1.00	0.49	0.65	47.09		8.74
43	Interferenza	46+230	3.07	3.07	0.56	0.33	1.00	0.45	0.60	40.67		11.59

Tabella 13: Valori di portata ottenuti con il modello geomorfoclimatico previsto dal VAPI

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IFOF	02 D 09	RI	ID0001 001	A	34 di 35

Di seguito si riportano i massimi valori di μ (Q) e le diverse portate in funzione del tempo di ritorno.

Progr.	Corso d'acqua	Pk	S	$\mu(Q)$ MAX	Q (Tr=2)	Q (Tr=50)	Q (Tr=100)	Q (Tr=200)	Q (Tr=300)
		[km]	[km ²]	[m ³ /s]					
1	Vallone del Ferro	16+663	5.33	21.66	18.85	56.54	66.50	76.47	82.79
2	Fosso	17+402	2.08	10.42	9.06	27.18	31.98	36.77	39.81
3	Fosso	17+638	0.13	0.96	0.83	2.50	2.95	3.39	3.67
4	Interferenza	17+771	0.10	0.73	0.64	1.91	2.25	2.59	2.80
5	Interferenza	18+277	0.14	1.05	0.91	2.74	3.22	3.71	4.01
6	Vallone Mortale	18+649	3.83	16.83	14.64	43.92	51.67	59.41	64.32
7	Torrente Maltempo	19+755	22.11	64.20	55.85	167.55	197.09	226.62	245.35
8	Canale	21+541	6.53	20.75	18.05	54.15	63.70	73.24	79.30
		21+850							
9	Vallone Santa Marta	22+154	2.72	11.22	9.76	29.28	34.44	39.60	42.87
10	Interferenza	22+950	0.29	2.04	1.78	5.33	6.27	7.21	7.80
11	Interferenza	25+374	0.13	1.02	0.88	2.65	3.12	3.59	3.88
12	Interferenza	25+594	0.11	0.88	0.77	2.30	2.70	3.11	3.37
13	Torrente Portella	25+800	34.90	64.08	55.75	167.24	196.71	226.19	244.89
14	Canale	28+156	0.91	5.04	4.39	13.17	15.49	17.81	19.28
15	Fosso	28+464	1.66	7.95	6.92	20.76	24.42	28.08	30.40
16	Rio Rancio	30+493	1.35	6.84	5.95	17.84	20.99	24.13	26.13
17	Fosso	30+810	0.18	1.35	1.17	3.52	4.14	4.76	5.15
18	Rio Cocuzza I	31+322	0.79	4.53	3.94	11.82	13.91	15.99	17.31
19	Rio Cocuzza II	31+492	0.74	4.30	3.74	11.23	13.21	15.19	16.44
20	Rio Capuano	31+935	8.44	25.60	22.27	66.82	78.60	90.37	97.84
21	Interferenza	32+464	0.24	1.75	1.52	4.56	5.36	6.17	6.68
22	Rio	32+718	1.19	6.20	5.39	16.18	19.03	21.88	23.69
23	Rio Lavello	33+495	3.39	13.52	11.76	35.28	41.49	47.71	51.66
24	Vallone Limata	34+183	0.59	3.64	3.17	9.51	11.19	12.87	13.93
25	Interferenza	34+433	0.10	0.84	0.73	2.19	2.58	2.96	3.21
26	Vallone Codalecchio	34+876	3.72	14.37	12.50	37.50	44.11	50.72	54.92
27	Torrente Iannare	35+950	10.43	30.82	26.81	80.43	94.60	108.78	117.77
28	Vallone La Cerasa	36+668	1.74	8.37	7.28	21.84	25.69	29.54	31.98
29	Vallone del Lago	36+871	3.71	14.55	12.66	37.97	44.67	51.36	55.61
30	Vallone del Corpo	37+294	9.72	28.80	25.06	75.18	88.42	101.67	110.08
31	Vallone Fornace	38+440	4.87	17.44	15.17	45.51	53.53	61.55	66.64
32	Burrone Martello	38+701	1.33	6.79	5.90	17.71	20.83	23.95	25.93
33	Interferenza	39+087.5	0.27	1.94	1.69	5.07	5.96	6.85	7.42
34	Rivo Depone	39+546	0.50	3.17	2.76	8.28	9.74	11.20	12.13
35	Rivo Femmina Morta	39+862	0.27	1.92	1.67	5.02	5.91	6.79	7.35
36	Interferenza	40+057	0.12	0.97	0.85	2.54	2.99	3.43	3.72
37	Interferenza	40+238	0.15	1.19	1.04	3.11	3.65	4.20	4.55
38	Deviazione fosso	42+722	1.76	8.40	7.31	21.92	25.78	29.64	32.09

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IFOF	02 D 09	RI	ID0001 001	A	35 di 35

Progr.	Corso d'acqua	Pk	S	$\mu(Q)$ MAX	Q (Tr=2)	Q (Tr=50)	Q (Tr=100)	Q (Tr=200)	Q (Tr=300)
		[km]	[km ²]	[m ³ /s]					
39	Deviazione fosso	42+980	0.71	4.22	3.68	11.03	12.97	14.91	16.15
40	Torrente Reventa	43+400	31.76	62.65	54.51	163.52	192.34	221.15	239.44
41	Interferenza	44+850	1.16	6.17	5.37	16.12	18.96	21.80	23.60
42	Vallone del Fangara	45+761	1.84	8.74	7.60	22.80	26.82	30.84	33.39
43	Interferenza	46+230	3.07	12.42	10.81	32.42	38.13	43.85	47.47

Tabella 14: Portate di progetto per gli altri corsi d'acqua

