


		
Regione Abruzzo	Provincia di Chieti	Comune di Lanciano

	Ecolan SpA
	Vai Arco della Posta n.1 – 66034 Lanciano C.F. e PIVA 01537100693

INTERVENTO:	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI RECUPERO DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI URBANI PROVENIENTI DA RACCOLTA DIFFERENZIATA
-------------	--

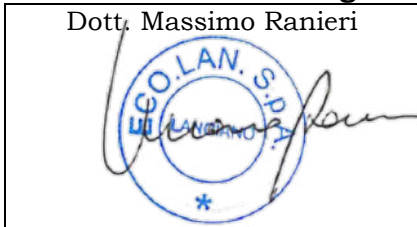
UBICAZIONE:	Località <i>Bel Luogo</i> Zona Industriale di Lanciano
-------------	--

ELABORATO	RELAZIONE IDRAULICA FOSSO CERRATINA
-----------	--

DATA	Aprile 2017	Rev. 00
------	-------------	---------

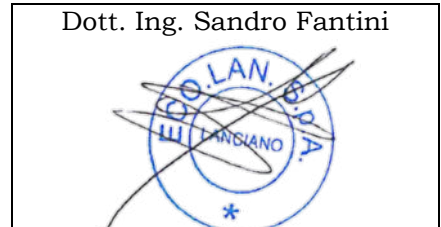
L'Amministratore Delegato

Dott. Massimo Ranieri



Il Tecnico

Dott. Ing. Sandro Fantini

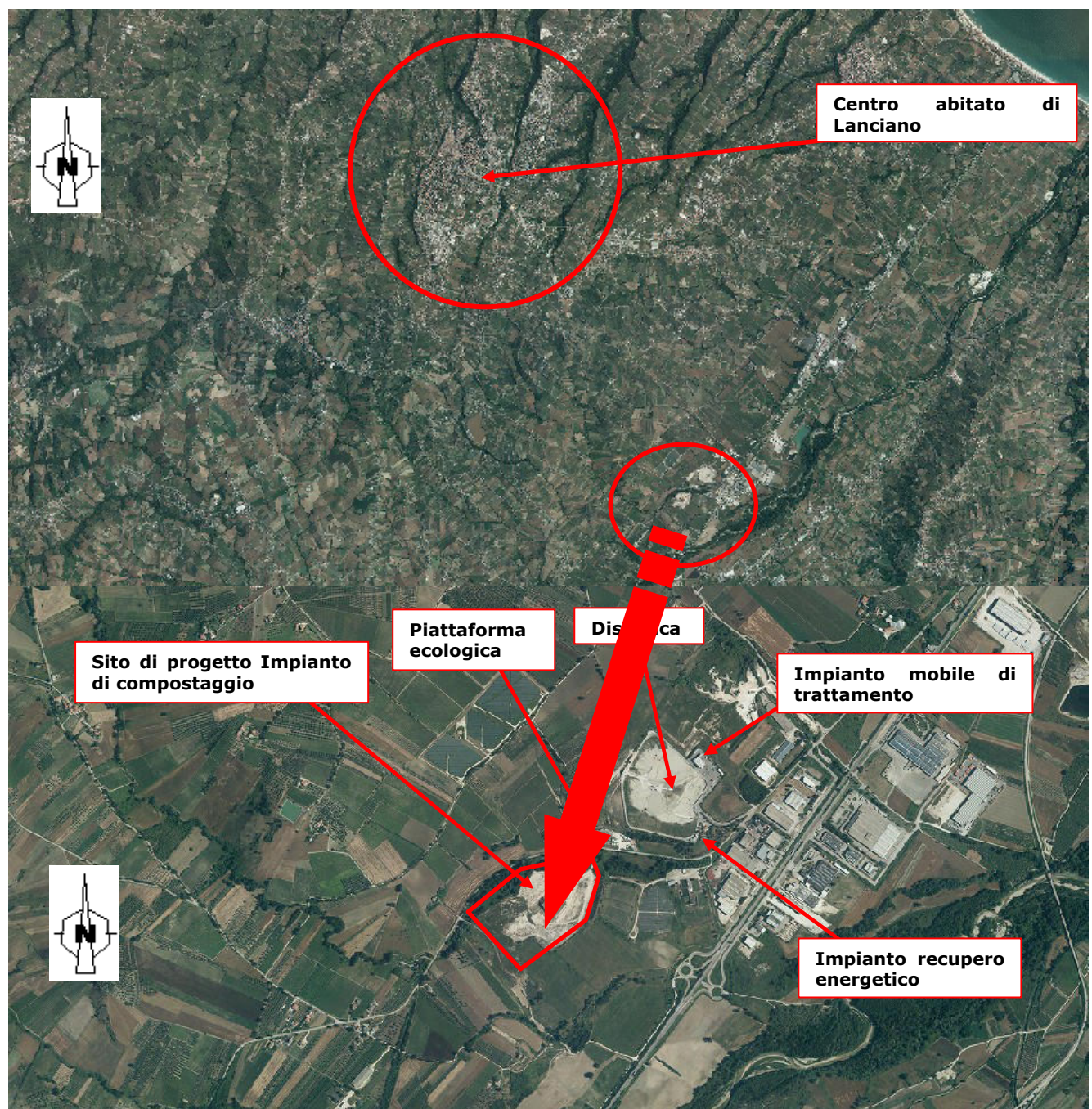


1. INTRODUZIONE	2
2. INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO DEL "VALLONE CERRETINE" E CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE	3
2.1 CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO IDROGRAFICO.....	4
3. STIMA DELLA PORTATA DI PIENA DEL VALLONE CERRETINE	5
4. RICOSTRUZIONE DEL PROFILO DI RIGURGITO	9
4.1 PREMESSE.....	9
4.2 IPOTESI DI CALCOLO DEL SOFTWARE HEC-RAS	10
4.3 CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE HEC-RAS	11
4.4 METODO DI CALCOLO.....	12
4.5 COEFFICIENTI DI SCABREZZA DI MANNING	12
4.6 RISULTATI	14
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	19

1. INTRODUZIONE

La ECO.LAN S.p.a. redige la presente relazione di compatibilità idrologica ed idraulica a supporto del progetto di "Realizzazione di un impianto di recupero della frazione organica dei rifiuti urbani provenienti da raccolta differenziata", individuato il località Bel Luogo, nel comune di Lanciano, Zona Industriale.

Il sito di progetto è posto in adiacenza ad un corso d'acqua con regime torrentizio denominato "Vallone Cerretine". Quello da realizzare è un impianto per la produzione di "compost" dal trattamento di matrici organiche selezionate quali FORSU (Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani), frazioni umide da utenze commerciali, sfalci e potature da manutenzione del verde. La localizzazione del progetto consente di creare un unico polo complesso ed altamente efficiente per la gestione ed il trattamento dei rifiuti solidi urbani. Infatti, l'impianto di compostaggio andrà a completare un pre esistente polo di gestione e trattamento dei rifiuti, costituito da una discarica, un impianto mobile di trattamento, un impianto di recupero energetico ed una piattaforma ecologica.



La presente relazione idraulica riguarda lo studio della dinamica idraulica del Torrente Cerretine e della sua interazione con il territorio circostante, in situazioni di piena, al fine di fornire una serie di informazioni utili a definire la compatibilità idrologica ed idraulica dell'opera da realizzare (IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO).

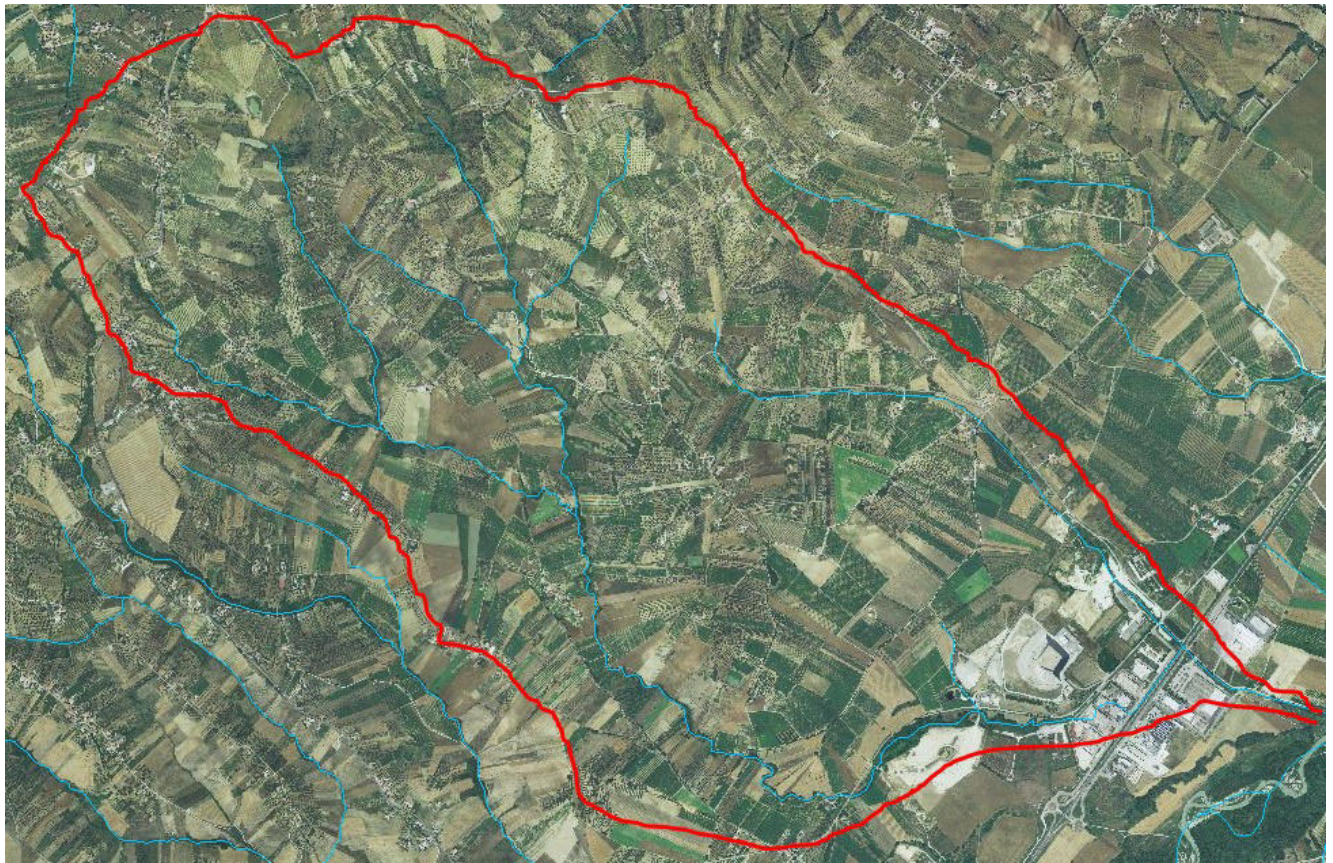
Lo studio idraulico è stato redatto secondo le indicazioni riportate nella "*Direttiva sulle piene di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*" in attuazione delle norme del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Difesa Alluvioni – AUTORITA' DEI BACINI DI RILIEVO REGIONALE DELL'ABRUZZO E DEL BACINO INTERREGIONALE DEL FIUME SANGRO. La verifica è stata eseguita in riferimento alla portata di piena del corso d'acqua stimata per un tempo di ritorno pari a 200 anni e mediante il tracciamento del profilo idrico in condizioni di moto stazionario monodimensionale.

Il tratto di corso d'acqua oggetto della verifica è quello compreso tra le proprie scaturigini individuabili nel settore di territorio subito a sud-est del centro abitato di Lanciano, denominato Re di Coppe, e la zona di confluenza in sinistra idrografica del fiume Sangro.

La geometria del sistema, considerato ai fini della verifica idraulica, è stata definita mediante rilievo topografico e di terreno.

2. INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO DEL "VALLONE CERRETINE" E CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

Il corso d'acqua denominato "Vallone Cerretine" ha origine in prossimità del bordo sud orientale del residuo di piastra sommitale su cui è edificato il centro abitato di Lanciano, in località Re di Coppe, a quota 370 m s.l.m.; l'asta principale del corso d'acqua si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 8,00 Km. Il suo bacino si estende a valle dell'abitato di Lanciano comprendendo porzioni di territorio del comune stesso di Lanciano, caratterizzato dagli abitati di Villa Elce, Buongarzone e Camicie. La rete idrografica del Vallone Cerretine risulta essere a carattere meandriforme per gli ultimi 4,50 Km del suo percorso, caratterizzato da basse pendenze riconducibili ai terrazzi alluvionali in sinistra idrografica del fiume Sangro. Il settore medio-alto del bacino presenta un corso d'acqua più articolato, dendritico, costituito da diversi rami organizzati secondo diversi ordini gerarchici. Il settore medio collinare del bacino mostra l'asta di drenaggio principale allungata secondo la direzione NW-SE mentre, il settore medio basso del bacino si sviluppa in direzione all'incirca W-E. La cartografia tecnica regionale riporta due affluenti minori, in sinistra idrografica del Vallone Cerretine, con sviluppo NW-SE. Quindi in definitiva, il Vallone Cerretine è costituito da più aste secondarie che confluiscono mediante diversi ordini gerarchici nell'asta principale che si sviluppa da quota 370 m s.l.m. sino al suo sbocco nel fiume Sangro a quota di circa 43 m s.l.m..



Estratto Carta del Reticolo Idrografico della Regione Abruzzo con l'ubicazione del bacino idrografico del Vallone Cerretine e la rete idrografica principale. (www.geoportale.regione.abruzzo.it)

2.1 Caratteristiche morfometriche del bacino idrografico

Il bacino idrografico del Torrente Cerretine, sotteso dalla sezione di chiusura individuata in corrispondenza della confluenza con il fiume Sangro, si sviluppa su una superficie complessiva di 12,66 km² compresa tra 370 m s.l.m. (Re di Coppe) e 43 m s.l.m..

L'altitudine media del bacino idrografico in oggetto è stata calcolata suddividendo l'area del bacino in fasce ad intervallo altimetrico costante ed effettuando una media pesata dell'altitudine media di ciascuna fascia rispetto alla superficie corrispondente alla relativa fascia altimetrica, ovvero applicando la seguente relazione:

$$H_{media} = \frac{\sum H_i \cdot S_i}{S} \quad [m \text{ s.l.m.}]$$

Dove:

- | | |
|-------|---|
| H_i | altitudine media della fascia altimetrica i-esima |
| S_i | superficie della porzione di bacino idrografico compresa nella fascia altimetrica i-esima |
| S | superficie complessiva del bacino idrografico |

Applicando tale espressione si ottiene un'altitudine media del bacino idrografico del Vallone Cerretine, chiuso alla sezione considerata, pari a 250 m s.l.m..

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche fisiche del bacino idrografico del Vallone Cerretine, utili ai fini della stima della portata di piena del corso d'acqua:

- SUPERFICIE BACINO 12,66 Km²
- QUOTA MASSIMA 370,00 m s.l.m.
- QUOTA MINIMA 43,00 m s.l.m.
- QUOTA MEDIA 250,00 m s.l.m.
- LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE 8,00 Km

3. STIMA DELLA PORTATA DI PIENA DEL VALLONE CERRETINE

Nel caso in esame sarà effettuata la verifica idraulica per garantire che il compluvio sia di dimensioni adeguate a garantire il transito della portata di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni e che non ci sia pericolo di allagamento per l'area dell'impianto adiacente il compluvio.

Lo studio idrologico effettuato a livello di bacino idrografico per la determinazione delle portate di piena verrà effettuato con tempi di ritorno pari a 200 anni.

Per il calcolo della porta di piena rispetto alla quale verificare le sezioni del compluvio Vallone Cerretine, in prossimità delle opere di progetto, possono essere adottate diverse metodologie di calcolo tra cui la procedura di calcolo delle portate di piena proposta nel Va.Pi. e la procedura del Curve Number del Soil Conservation Service. Queste metodologie di calcolo sono le più utilizzate per i bacini idrografici dell'Abruzzo.

Data l'estensione limitata del bacino in esame, l'utilizzo del metodo Va.Pi. comporta un sovradimensionamento delle portate, che va comunque a vantaggio di sicurezza nella progettazione e nella verifica delle opere.

La grandezza idrologica di interesse da definire in questo caso è il massimo valore della portata in corrispondenza delle sezioni di chiusura del bacino idrografico.

Per il calcolo delle portate di piena è stato condotto uno studio conforme a quanto prescritto dalle Norme tecniche di attuazione del PAI ed in particolare a quanto previsto dal progetto Valutazione delle Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI). In particolare le portate sono state stimate sulla base delle curve di possibilità pluviometrica calcolate con il metodo VAPI-Abruzzo del G.N.D.C.I..

Per stimare le portate di piena con tempo di ritorno di 200 anni, è necessario valutare gli afflussi meteorici che le generano, desumibili dalla "Curva di possibilità pluviometrica"; tale curva può essere ricavata dai risultati della regionalizzazione eseguita dal CNR-GNDCI, che suddivide il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Regione Abruzzo in due aree omogenee pluviometriche (Zona Costiera e Zona Appenninica), per ognuna delle quali è possibile calcolarla sulla base delle seguenti equazioni:

$$h_T = h'(T) \mu$$

Zona Appenninica:

la curva di crescita regionale, valida per la durata $d = 1$ ora, è resa dalla relazione di stima:

$$h'(T) = 0,4828 + 0,4493 \ln T$$

la curva di crescita regionale, valida per la durata $d \geq 6$ ore, è resa dalla relazione di stima:

$$h'(T) = 0,5725 + 0,3862 \ln T$$

Il fattore di scala è dato dalla relazione: $\mu = m_1 d^n$

con:

m_1 , [mm], altezza della pioggia indice di durata 1 ora, valutata nel baricentro dell'area di interesse;
 n , esponente della curva di possibilità climatica, valutato nel baricentro dell'area di interesse;

Zona Costiera

La *curva di crescita regionale*, valida per tutte le durate d , è resa dalla relazione di stima:

$$h'(T) = 0,5590 + 0,4452 \ln T$$

T = tempo di ritorno della piena eccezionale

d = durata della precipitazione (pari al tempo di corrivazione)

I valori di $m1$ e di n vengono stimati con riferimento alle isolinee riportate nelle mappe georeferenziate: Figure 1.

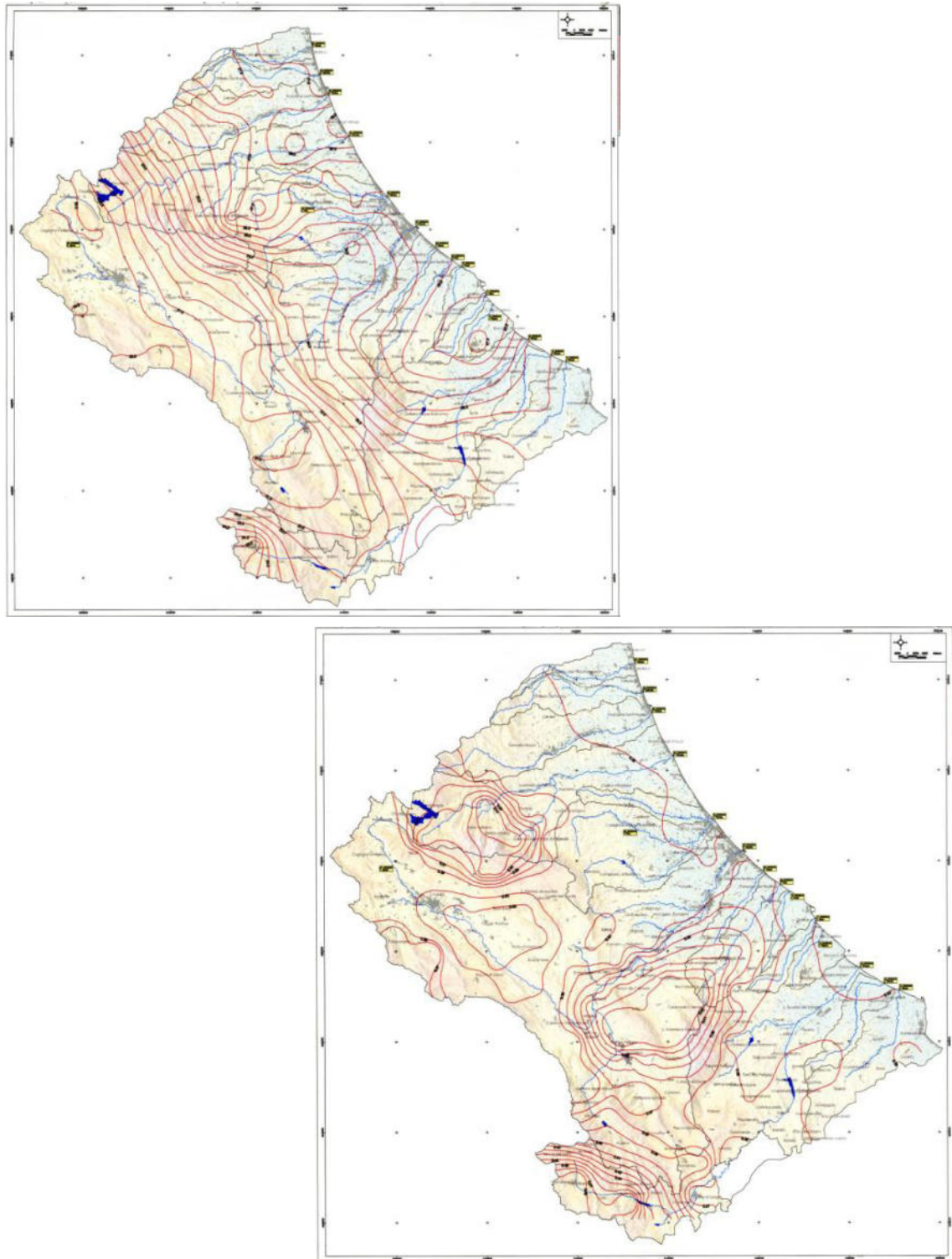


Figura 1. Mappa delle isolinee dei valori di $m1$ (in alto) ed n (in basso) (BETA studio)

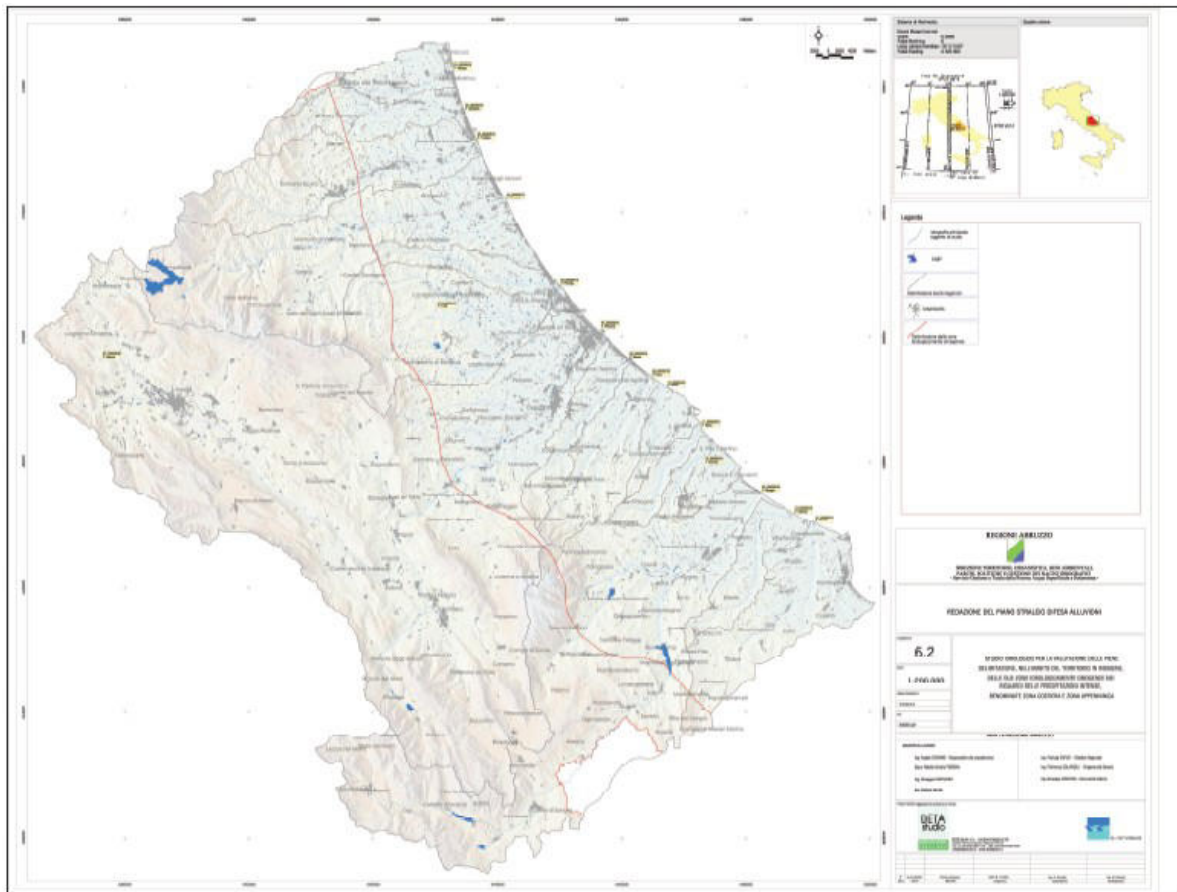


Figura 2. Mappa georeferenziata delle zone omogenee pluviometriche della Regione Abruzzo

E' stato condotto uno studio idrologico a livello del bacino di interesse per determinare la portata attesa con tempo di ritorno pari a 200 anni (piene straordinarie), in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione delle Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa dalle catastrofi Idrogeologiche (GNDCI).

Il bacino idrografico nell'area di studio ricade interamente nella **zona costiera**, si utilizza quindi il metodo razionale per la valutazione della piena indice. La formula razionale esprime un legame correlativo tra la piena indice **X**, la superficie del bacino **A** e il valore medio, **i(tc,Tr)**, dei massimi annuali delle intensità di pioggia puntuali di durata pari al tempo di ritardo caratteristico del bacino.

La formula razionale viene generalmente scritta come:

$$X = \frac{\phi \cdot A \cdot h(tc, Tr)}{tc} = \phi \cdot i(tc, Tr) \cdot A$$

in cui:

X espressa in m³/s, indica il valore della piena indice;

i(tc,Tr) espressa in mm/h, è l'intensità media di pioggia ricavata dalla curva di possibilità climatica con tempo di ritorno Tr (pioggia di progetto $h=a \cdot t^n$) e per una durata uguale al tempo di corrivazione tc;

A espressa in Km², indica l'area del bacino;

tc espresso in ore, indica il tempo di corrivazione.

Φ è un coefficiente, detto probabilistico di piena, che porta in conto, oltre all'effetto naturale di laminazione del picco di piena rispetto al picco di pioggia, l'effetto di riduzione areale delle piogge e le perdite idrologiche

nel bilancio di piena, dovute principalmente al fenomeno dell'infiltrazione nel suolo ed a quello dell'intercettazione da parte della vegetazione.

Per l'applicazione della formula razionale è richiesta la conoscenza del tempo di corrivazione **tc**, delle curve di probabilità pluviometrica e delle modalità con cui l'eventuale variabilità di **φ** dipende dalle dimensioni del bacino idrografico e dalle sue caratteristiche morfologiche, geolitologiche e d'uso del suolo.

La valutazione di **φ** è un passaggio alquanto delicato che si basa su un'attenta valutazione delle formazioni geologiche presenti nell'area interessata dal bacino idrografico e sulla valutazione dell'uso del suolo al fine di definire un valore della relativa permeabilità.

Nel caso in questione il bacino idrografico si attesta su formazioni geologiche a bassa permeabilità costituite da limi ed argille, con sottili livelli sabbiosi, con bassa permeabilità per porosità. Inoltre anche l'uso del suolo, in parte coltivato ed in larga maggioranza costituito da aree incolte ed inerbite, permette di considerare una permeabilità molto bassa che minimizza l'assorbimento degli afflussi meteorici nel suolo e favorisce la formazione di deflussi superficiali. Ciò porta a utilizzare nei calcoli un valore di **φ=0,45**.

TIPO DI SUOLO	USO DEL SUOLO	
	COLTIVATO	BOSCO
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

Si ricordi che per **tempo di ritardo o di corrivazione** di un evento di piena si intende la distanza temporale tra i baricentri dell'idrogramma di piena superficiale e dello ietogramma efficace che lo ha generato e che, per **tempo di ritardo caratteristico, tc**, del bacino idrografico, si intende il valore medio a cui questo tende all'aumentare del periodo di ritorno della portata al colmo dell'idrogramma.

Per il bacino in esame si possono applicare:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 L}{0,8 \cdot \sqrt{H_0}} \quad \text{Giandotti: [1934]}$$

per bacini di forma non allungata ed estensione superiore a 100 km².

$$t_c = \frac{\frac{1}{M \cdot d} \sqrt{A} + 1,5L}{0,8 \cdot \sqrt{H_0}} \quad \text{Aronica [1954]}$$

che adatta la precedente per bacini con estensione inferiore a 10 km².

L'area del bacino idrografico di verifica è riportata nella tabella seguente, nella quale sono anche riassunti i calcoli relativi al **tempo di ritardo/corrivazione**, ai valori di **$h(tc, Tr)$** ottenuti in base all'applicazione della curva di possibilità pluviometrica relativa alla zona omogenea di costa e ai valori di **$i(tc, Tr)$** **intensità di pioggia** ottenuta dal rapporto **$h(tc, Tr)/tc$** :

Bacino	A (Kmq)	tc(ore)	$h(tc, Tr)$ (mm)	$i(tc, Tr)$ (mm/h)
Vallone Cerretine	12,66	2,28	117,93	51,723

Si procede dunque con il calcolo della portata di piena con riferimento al valore del coefficiente probabilistico di piena sopra riportato. A questo punto si può applicare la formula razionale, ricordata in precedenza, da cui si ottiene il seguente valore di **X** al quale bisogna applicare il Coefficiente di Incremento **γ** (funzione del tempo di ritorno), tiene conto della possibilità che, all'aumentare del tempo di ritorno, possano verificarsi più eventi sfavorevoli in concomitanza tra di loro, pari a:

Tr (anni)	20	50	100	200	500
γ	1	1,1	1,15	1,2	1,3

Dunque si può calcolare il valore della **portata al colmo**, tenendo conto del coefficiente di incremento, che risulta pari a:

$$Q_{max}(Tr) = X_{indice} \cdot \gamma$$

Bacino	A (Kmq)	γ	X_{indice}	$Q_{max}(Tr)$
Vallone Cerretine	12,66	1,2	81,85	98,22

Si ottiene in tal modo il seguente valore di portata per il bacino imbrifero in esame:

Bacino	ϕ	A (Kmq)	Q_{200} (m ³ /s)
Vallone Cerretine	0,45	12,66	98,22

4. RICOSTRUZIONE DEL PROFILO DI RIGURGITO

4.1 Premesse

Si procede ora con la verifica idraulica del Vallone Cerretine per garantire la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica.

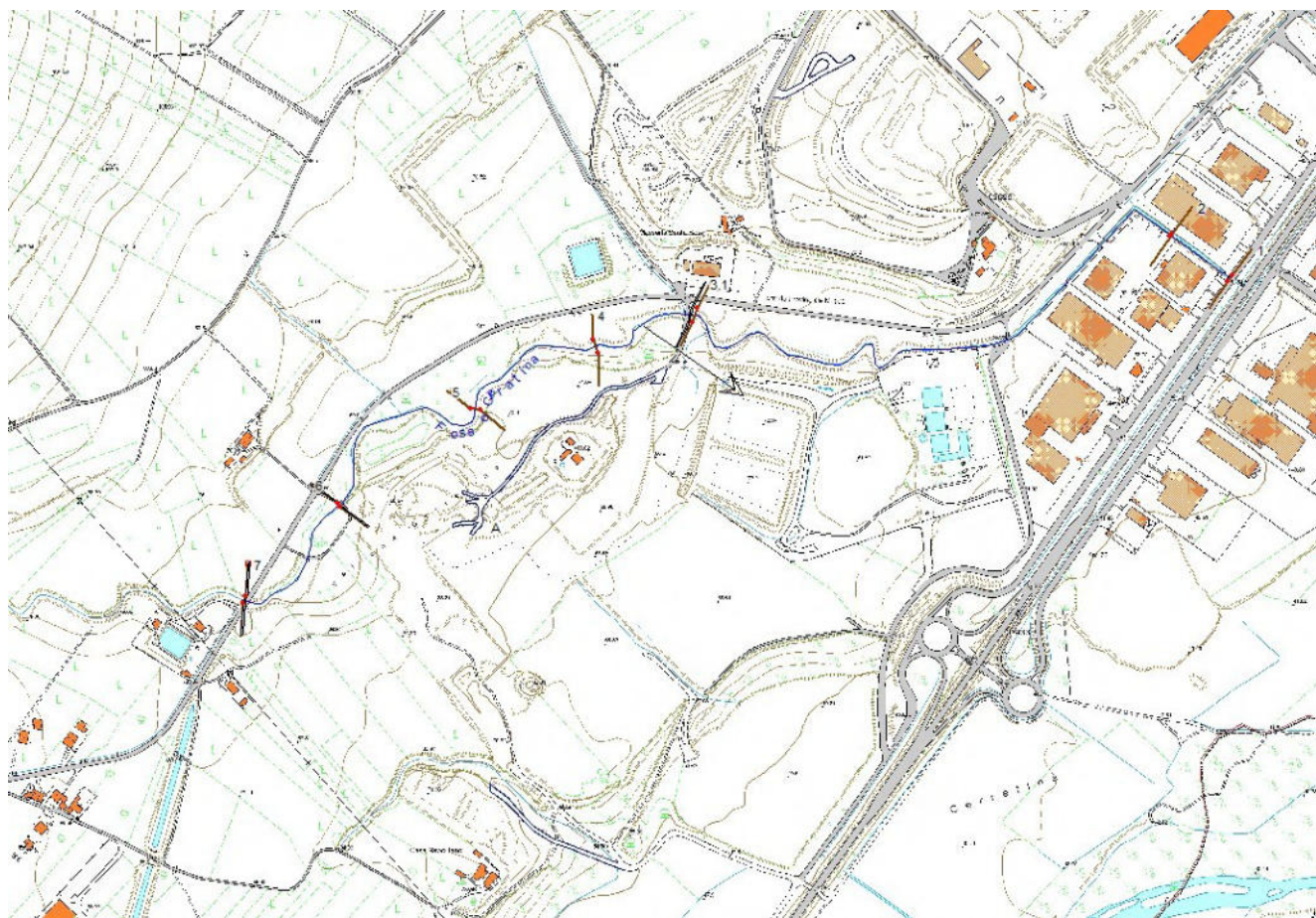
Vallone Cerretine: la procedura utilizzata per la ricostruzione geometrica dell'andamento planimetrico e altimetrico dei tratti oggetto della verifica si basa sul rilievo di dettaglio e considera una lunghezza totale del compluvio di circa 2,00 Km, che comprende la parte terminale del bacino idrografico che si sviluppa nella piana alluvionale del fiume Sangro, a partire dalla sezione iniziale del compluvio nella zona di intersezione tra il corso d'acqua e la Strada Provinciale n. 100, all'altezza del ponte ai piedi della dorsale collinare

denominata La Difesa (sez.7) fino alla sezione finale posizionata nei pressi della locale zona industriale, poco a monte della confluenza nel fiume Sangro (sez.1).

Il tratto oggetto della verifica si trova in una situazione di parallelismo rispetto alle opere di progetto. Infatti, sulla sponda destra, ad una distanza di circa 10 metri, vi è il sito di ex cava che sarà oggetto di realizzazione dell'impianto di recupero della frazione organica dei rifiuti urbani.

La ricostruzione del profilo di rigurgito per il Vallone Cerretine, oggetto della verifica, è stata effettuata a partire dalla sezione di monte numerata col progressivo **7** fino alla sezione di valle numerata col progressivo **1**; le sezioni intermedie sono state posizionate, una subito a valle del sito di discarica ed un'altra ad una distanza intermedia tra quest'ultima e la foce sul lago di Lesina.

Il calcolo dell'altezza d'acqua raggiunta nelle sezioni di verifica e la ricostruzione dei profili di rigurgito, sarà effettuato in questa sede tramite l'ausilio del software Hec-Ras nella versione 4.1, in relazione alla portata con tempo di ritorno pari a 200 anni.



Tratto di verifica con sezioni. Vallone Cerretine

4.2 Ipotesi di calcolo del software HEC-RAS

HEC-RAS è il sistema d'analisi dei fiumi dell'Hydrologic Center (HEC), del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America.

Questo programma consente il calcolo idraulico monodimensionale di canali naturali ed artificiali, sia in condizioni di moto permanente che di moto vario, tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo (ponti, tombini, briglie, sfioratori, paratoie, impianti idrovori, ecc...) eventualmente presenti nel sistema. Il modello è in grado di simulare indifferentemente sia canali singoli che reti di canali naturali od artificiali, chiuse od aperte, integrando profili di moto permanente in regime di corrente lenta, veloce o di

tipo "misto", oppure individuando la soluzione delle equazioni di De Saint Venant relative a moti idraulici monodimensionali a pelo libero.

Il programma è in grado di effettuare l'analisi di più profili contemporaneamente, prevedendo la possibilità di inserire punti singolari (ponti, sottopassi, ecc.) e portate con vari tempi di ritorno, è possibile, inoltre, un loro confronto per sovrapposizione (es. stato attuale e modificato).

4.3 Caratteristiche del software HEC-RAS

Il software HEC-RAS offre la possibilità di disegnare complesse reti di canali tracciando lo schema ad albero della rete di canali, permette un facile inserimento delle sezioni trasversali, visualizzabili sullo schermo, dei coefficienti di Manning, delle distanze parziali fra le sezioni, i coefficienti di Manning possono avere valori diversi nelle varie parti della sezione trasversale (ad esempio sul fondo, sulle sponde del canale e sulle golene).

E' possibile inoltre copiare e modificare automaticamente i dati delle sezioni trasversali; modificare le quote e le ascisse dei punti che definiscono la sezione trasversale, moltiplicando le coordinate per un fattore o aggiungendo o sottraendo una costante.

Consente l'interpolazione automatica delle sezioni trasversali; quando la variazione della geometria del terreno può essere ritenuta lineare, è possibile far inserire al programma, tra due sezioni contigue, un numero a piacere di sezioni interpolate.

Permette l'inserimento di punti singolari quali ponti anche con pile in alveo, sottopassi anche ad aperture multiple, manufatti di sbarramento con paratoie e sfioratori superficiali, di sfioratori laterali muniti, eventualmente, di paratoie per la simulazione delle casse di espansione laterali; le casse di espansione possono poi essere dotate di uscite sia a sfioro che con tubi al livello del fondo la cui portata può essere mandata di nuovo nel corso d'acqua od in un altro corso d'acqua.

E' consentita inoltre la scelta del regime di flusso; l'utente può scegliere il regime di flusso in corrente lenta, in corrente veloce o misto; in quest'ultimo caso è necessario fornire le condizioni al contorno sia a valle sia a monte della rete, ed il programma automaticamente si servirà dell'una o dell'altra condizione secondo il regime che si verificherà nei vari rami.

Dopo l'assegnazione delle condizioni geometriche del caso in esame si passa all'inserimento delle portate di progetto e dunque il programma può procedere al calcolo, in particolare il programma permette:

- calcolo dei profili del pelo libero in moto permanente a portata variabile; l'utente ha la possibilità di variare la portata in qualsiasi sezione trasversale lungo il ramo;
- calcolo delle perdite d'energia tramite coefficienti d'attrito (Manning) e coefficienti di contrazione – espansione;
- calcolo del profilo locale in corrispondenza di punti singolari (ponti, sottopassi, ecc.); il programma passa automaticamente a controllare la possibilità che si verifichi il flusso in pressione quando il pelo libero (o, a scelta dell'utente, la linea dell'Energia) raggiunge l'intradosso d'impalcato; se viene superato l'estradosso d'impalcato, il programma valuta anche il flusso a stramazzo;
- calcolo dell'erosione in corrispondenza dei ponti;
- gestione automatica dell'alternanza di correnti lente e veloci che può verificarsi in uno stesso tratto in regimi misti, con gestione del risalto idraulico nel passaggio da corrente lenta a veloce;
- visualizzazione con animazione dell'andamento dell'onda di piena in funzione del tempo di percorrenza del corso d'acqua.

Il programma dopo i calcoli restituisce come output rappresentazioni grafiche della rete di canali, delle sezioni trasversali, dei profili longitudinali ed idrici ed altro, crea tabelle predefinite e permette all'utente di crearne di personalizzate.

Tutti i risultati possono essere visualizzati sullo schermo, stampati od esportati ad altro software (es. Word processor, Autocad® ecc.).

4.4 Metodo di calcolo

Sono state considerate le condizioni di moto stazionario di tipo monodimensionale, con portata costante nel tronco considerato, sono state inserite le sezioni del canale ricavate dal rilievo plano altimetrico effettuato lungo il tracciato principale.

Il Vallone Cerretine presenta una geometria, nel tratto di verifica, alquanto regolare con sezioni ampie di forma trapezoidale con larghezza di base variabile tra i 3,00 ed i 5,00 m, larghezza in sommità variabile tra i 6,00 ed i 12,00 m e profondità sempre superiori ai 3,00 m.

Le condizioni al contorno assegnate sono quelle proprie di moto uniforme, calcolate in automatico dal programma mediante le formule di Manning in base alla pendenza della linea di energia che per le ipotesi considerate è equivalente alla pendenza del pelo libero, equivalente a sua volta alla pendenza del fondo del canale.

Per questo motivo si sono inseriti i valori di "Normal depth" ovvero della pendenza del fondo del canale sia nel tratto di monte che nel tratto di valle, non essendo noto a priori il tipo di corrente che si instaura nei tratti oggetto della verifica.

Successivamente, dall'analisi dei risultati e in particolare dal valore assunto dal Numero di Froude si potrà riconoscere se, il regime che si instaura nel particolare tratto di compluvio verificato, è di corrente lenta o di corrente veloce a seconda che il suddetto coefficiente assuma rispettivamente un valore inferiore o superiore all'unità.

Come determinato nei paragrafi precedenti, la portata viene considerata costante per il tratto compreso tra due sezioni. Il valore di portata adottato nella simulazione è quello relativo al tempo di ritorno di 200 anni ovvero pari a **98,22 mc/s**.

4.5 Coefficienti di scabrezza di Manning

I coefficienti di scabrezza di Manning sono stati desunti dal manuale d'uso del codice di calcolo HEC-RAS riportato di seguito. In base alle caratteristiche di scabrezza delle sezioni relative al tratto verificato, osservando dal sopralluogo effettuato la presenza di tratti con vegetazione, si è scelto di assegnare un valore del coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0,03 s·m^{1/3}. Per altri tratti costituiti da cemento il coefficiente di scabrezza è stato posto pari a 0,017 s·m^{1/3} e per tratti scavati nel terreno il coefficiente è pari a 0,022 s·m^{1/3}.

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
A. Natural Streams			
1. Main Channels			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
2. Flood Plains			
a. Pasture no brush			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
4. Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
5. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
3. Mountain Streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged			
a. Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070
B. Lined or Built-Up Channels			
1. Concrete			
a. Trowel finish	0.011	0.013	0.015
b. Float Finish	0.013	0.015	0.016
c. Finished, with gravel bottom	0.015	0.017	0.020
d. Unfinished	0.014	0.017	0.020
e. Gunite, good section	0.016	0.019	0.023
f. Gunite, wavy section	0.018	0.022	0.025
g. On good excavated rock	0.017	0.020	
h. On irregular excavated rock	0.022	0.027	
2. Concrete bottom float finished with sides of:			
a. Dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020
b. Random stone in mortar	0.017	0.020	0.024
c. Cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024
d. Cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030
e. Dry rubble on riprap	0.020	0.030	0.035
3. Gravel bottom with sides of:			
a. Formed concrete	0.017	0.020	0.025
b. Random stone in mortar	0.020	0.023	0.026
c. Dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036

4. Brick			
a. Glazed	0.011	0.013	0.015
b. In cement mortar	0.012	0.015	0.018
5. Metal			
a. Smooth steel surfaces	0.011	0.012	0.014
b. Corrugated metal	0.021	0.025	0.030
6. Asphalt			
a. Smooth	0.013	0.013	
b. Rough	0.016	0.016	
7. Vegetal lining	0.030		0.500
C. Excavated or Dredged Channels			
1. Earth, straight and uniform			
a. Clean, recently completed	0.016	0.018	0.020
b. Clean, after weathering	0.018	0.022	0.025
c. Gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
d. With short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033
2. Earth, winding and sluggish			
a. No vegetation	0.023	0.025	0.030
b. Grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
c. Dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
d. Earth bottom and rubble side	0.028	0.030	0.035
e. Stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
f. Cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050
3. Dragline-excavated or dredged			
a. No vegetation	0.025	0.028	0.033
b. Light brush on banks	0.035	0.050	0.060
4. Rock cuts			
a. Smooth and uniform	0.025	0.035	0.040
b. Jagged and irregular	0.035	0.040	0.050
5. Channels not maintained, weeds and brush			
a. Clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
b. Same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
c. Dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
d. Dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140

4.6 Risultati

Si riportano di seguito i risultati ottenuti in base alle simulazioni effettuate con il software Hec-Ras.

Compluvio Cerretine

Il transito della portata straordinaria, con tempo di ritorno pari a 200 anni nel tratto di compluvio oggetto della verifica genera deflussi regolari senza provocare fenomeni di esondazione dato che le sezioni del compluvio risultano ampiamente sufficienti al transito delle portate due centennali che generano un tirante idrico compreso tra un minimo di 2,00 m in corrispondenza della sez.3, e un massimo di 7,00 m in corrispondenza della sezione 4, in corrispondenza del sito di progetto.

Il franco di sicurezza rispetto alle quote delle sponde del torrente nelle sezioni a monte del sito di progetto, mostra valori variabili dai 0,20 m (sez.2) ai 10,00 m (sez.3), mentre proseguendo verso valle, le sezioni

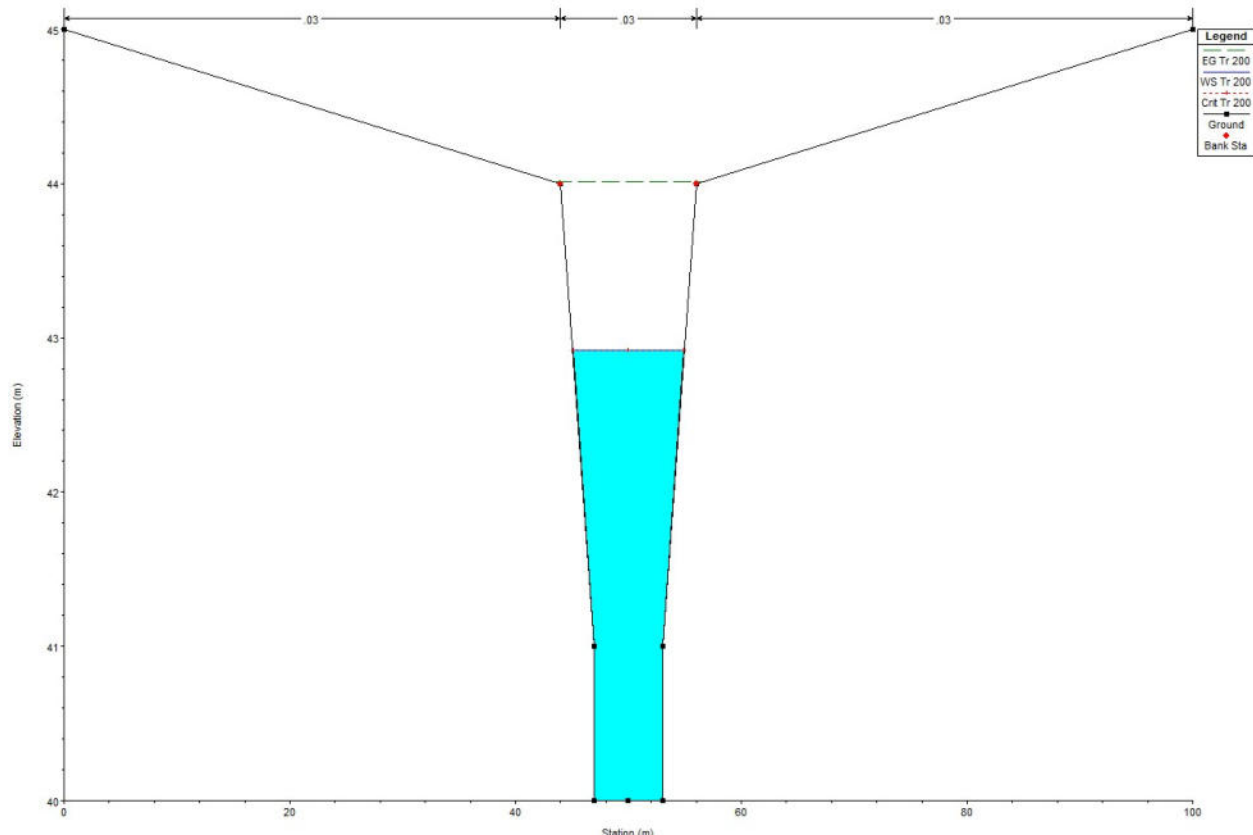
diventano più ampie ed incise, anche se più pianeggianti il franco di sicurezza si attesta su valori compresi tra 0,80 m e 12 m.

Le opere di progetto, a lavori terminati, si attesteranno pressoché alla stessa quota del piano campagna attuale senza creare alcuna interferenza con il compluvio e con il transito delle portate di piena nello stesso. Si riporta la tabella riassuntiva dalla quale si possono desumere le quote raggiunte dalla portata in transito nel canale in corrispondenza della sezione di interesse e per completezza anche di tutte le altre sezioni, oltre che i valori di velocità assunti dalla corrente:

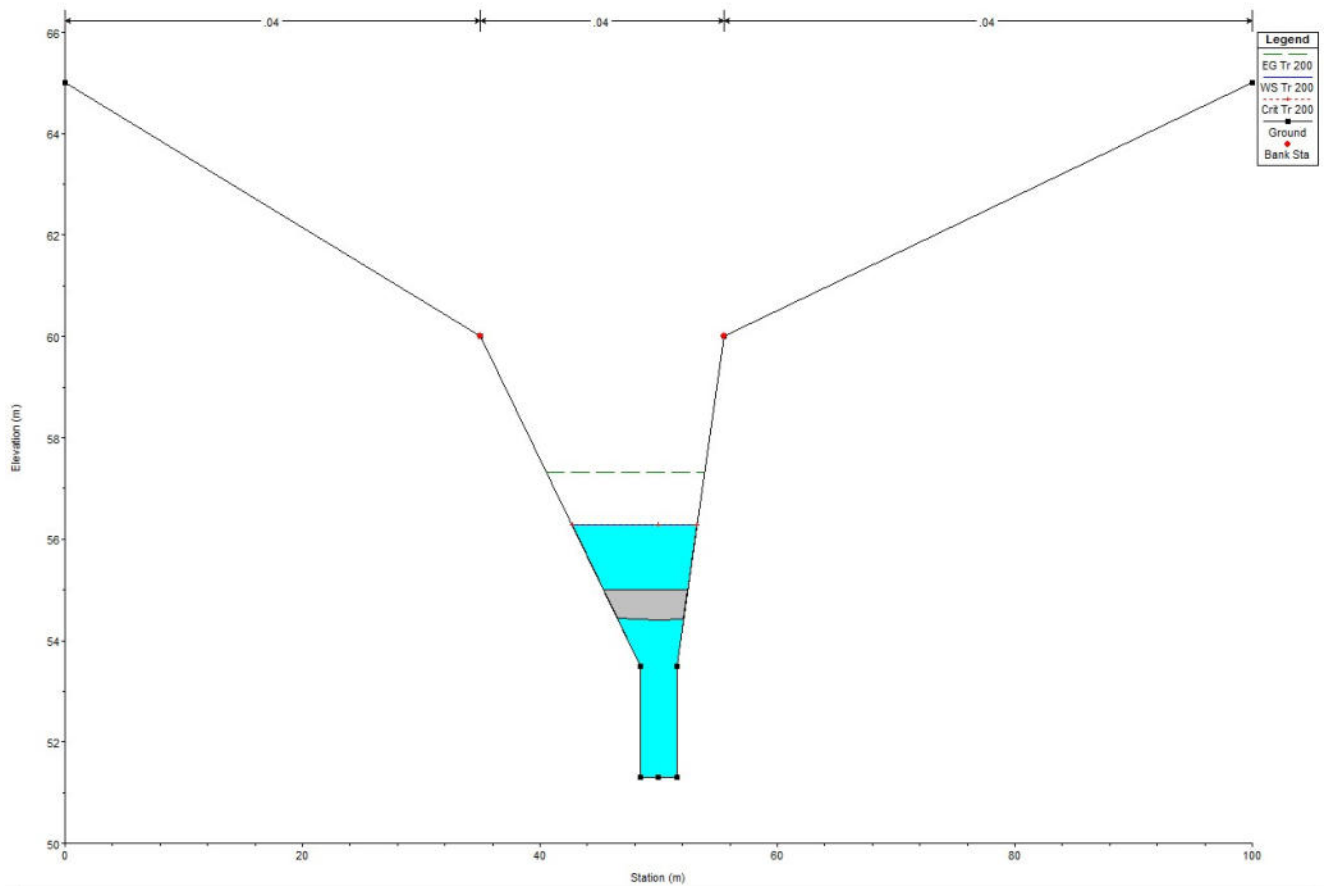
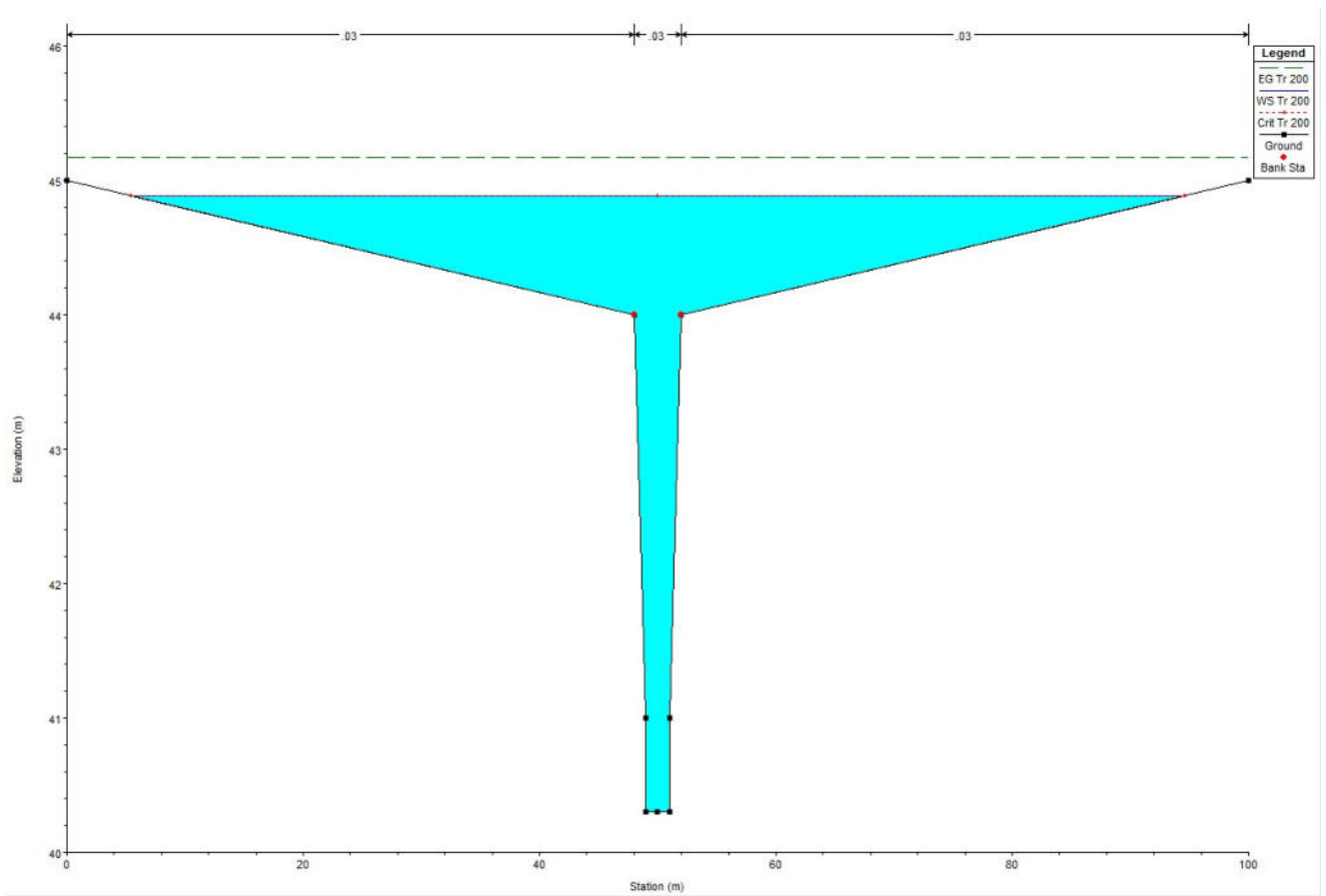
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
A	7	Tr 200	98.22	63.50	68.04	66.18	68.19	0.000010	0.34	91.41	70.67	0.06
A	6.99	Bridge										
A	6	Tr 200	98.22	59.20	63.31	62.74	63.64	0.004168	2.87	43.43	29.07	0.51
A	5.99	Bridge										
A	5	Tr 200	98.22	52.30	58.52		58.59	0.000647	1.28	92.06	44.52	0.21
A	4	Tr 200	98.22	51.30	58.14	55.82	58.34	0.002343	1.99	49.47	15.49	0.35
A	3.1	Bridge										
A	3	Tr 200	98.22	52.80	55.27	55.27	55.90	0.015595	3.52	28.12	23.65	0.99
A	2	Tr 200	98.22	40.30	44.89	44.89	45.17	0.005530	3.15	51.62	89.05	0.54
A	1	Tr 200	98.22	40.00	42.92	42.92	44.01	0.010462	4.63	21.24	9.85	1.01

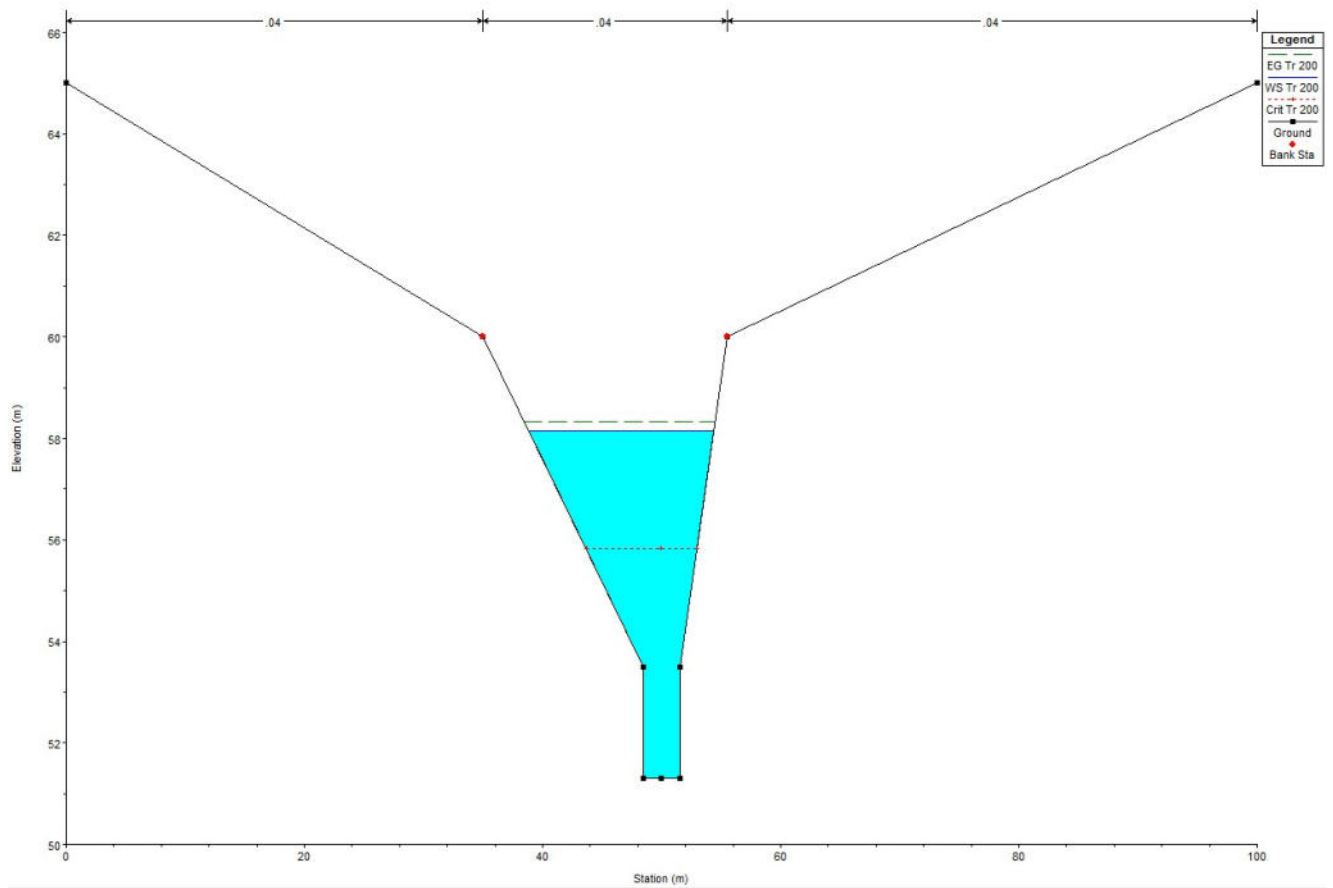
Si noti come il regime assunto dal transito della portata con tempo di ritorno pari a 200 anni avviene in corrente lenta, il numero di Froude è inferiore a 1, solo nella sez. 3 si ha il numero di Foude pari a 1 (0.99) evidenziando un flusso critico.

Si riportano di seguito gli schemi relativi alle sezione di verifica in corrispondenza delle sezioni **7, 6, 5, 4, 3, 2 e 1**:

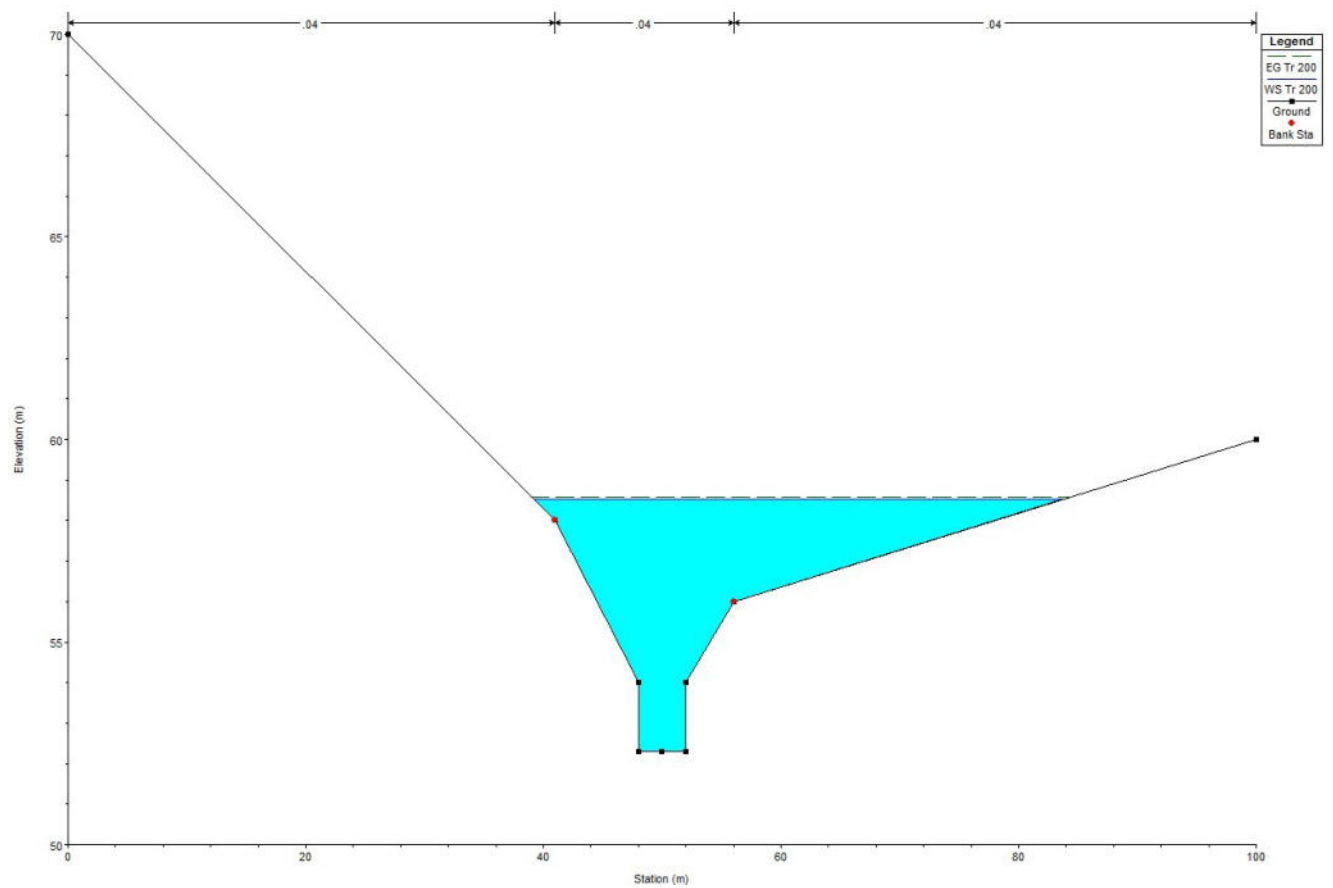


Sezione di verifica 1

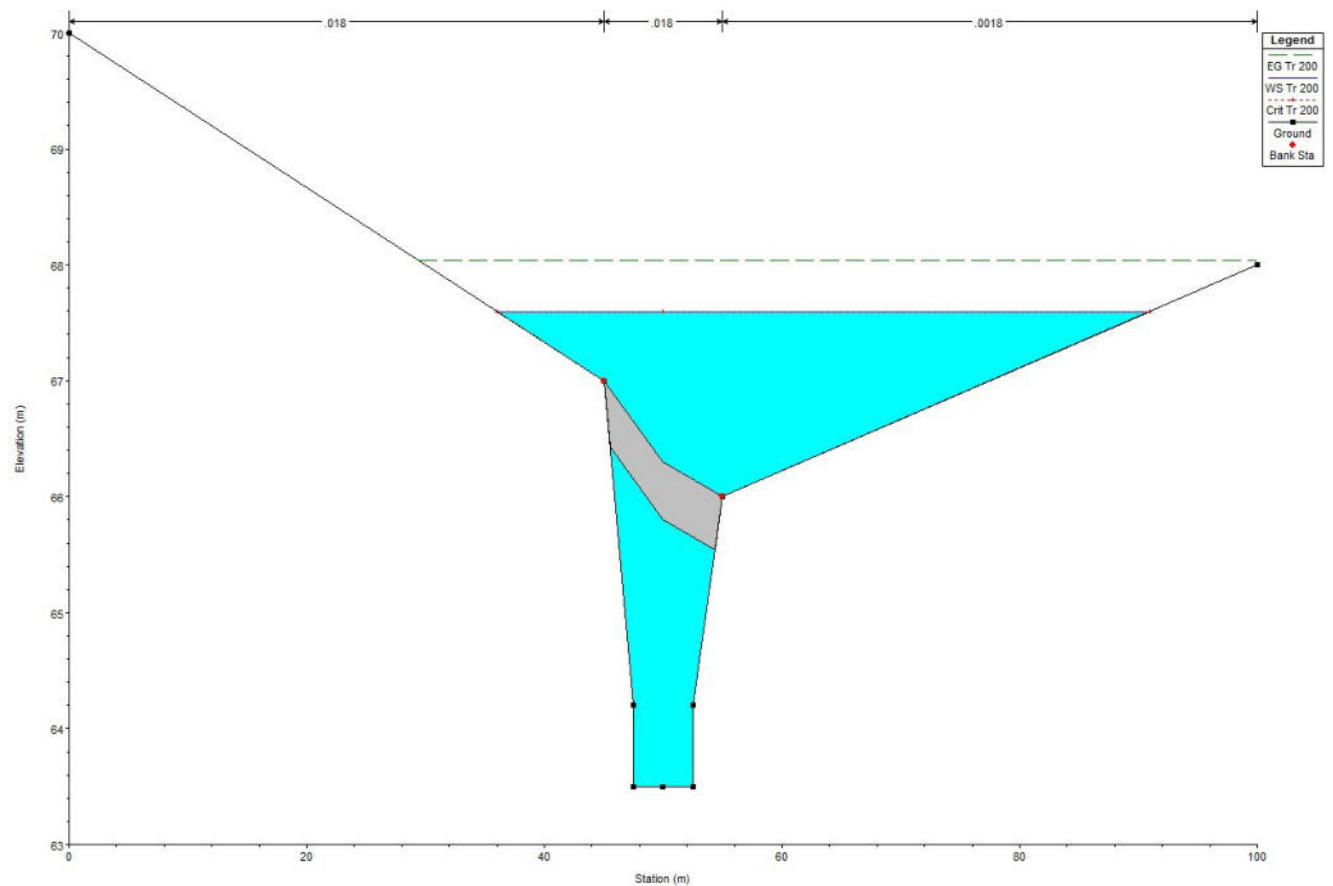
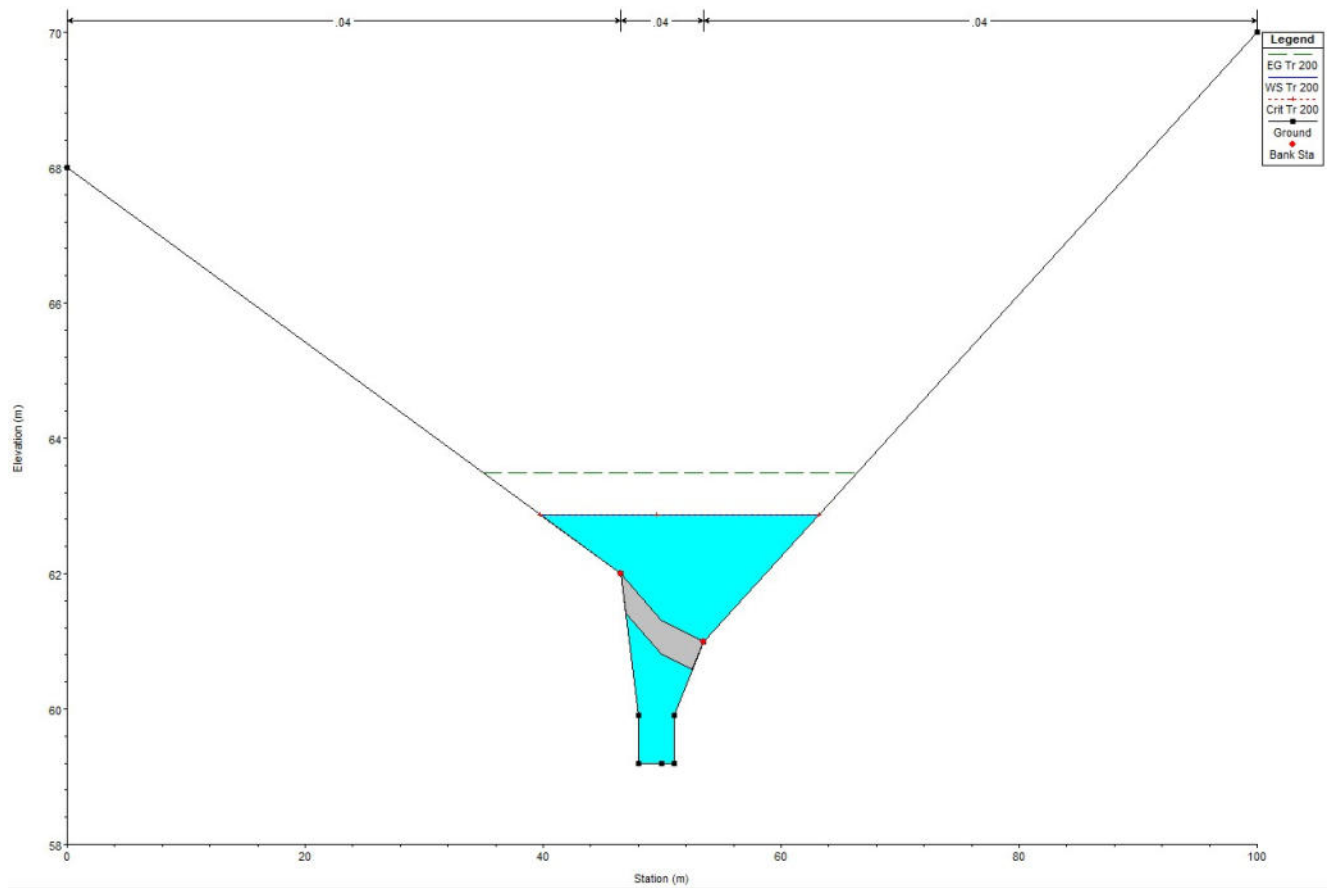




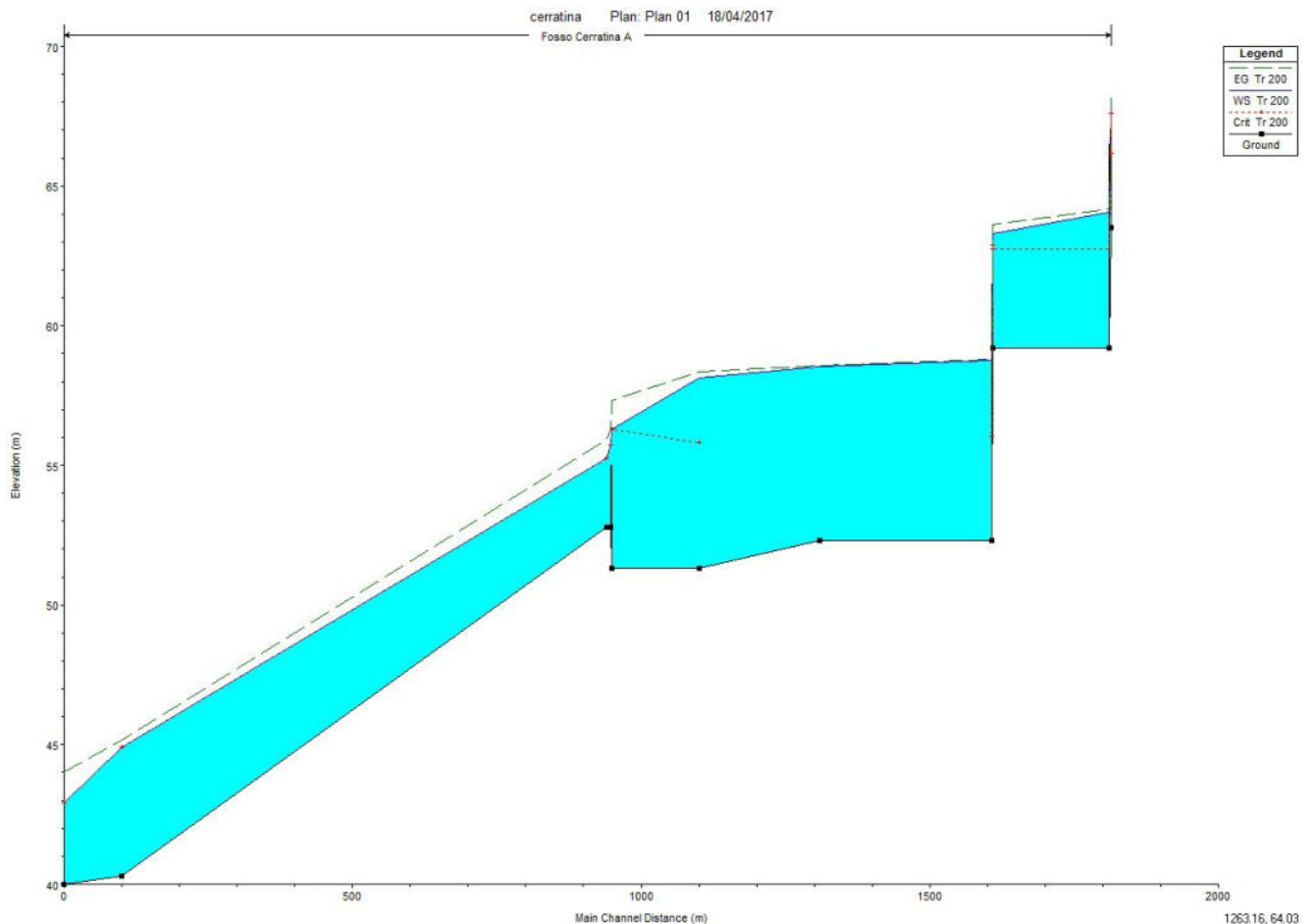
Sezione di verifica 4



Sezione di verifica 5



Profilo di rigurgito relativo al tronco verificato:



5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio idrologico e idraulico evidenzia come **le sezioni idrauliche del fosso Cerretine sono sufficienti al transito delle portate di piena straordinaria**, calcolata con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Si evidenzia altresì, che tutti i ponti stradali presenti lungo il tratto di verifica, in occasione di piene due centennali, vengono sommersi.

Il sito oggetto di intervento e quindi **le opere/strutture previste nel progetto e ricomprese nella fascia prossima a quella fluviale non interferiscono con il libero deflusso delle acque** sia nella fase di realizzazione che di esercizio; **l'area anche con le portate calcolate con tempi di ritorno di due cento anni non viene interessata dalle acque.**

Lanciano, 19.04.2017

dott. geol. Massimo Ranieri