



a



Repubblica Italiana

Regione Calabria

Commissario di Governo

per il contrasto del dissesto idrogeologico nel territorio della Regione Calabria – art. 10 Legge
n.116 dell'11/08/2014

Comune di Lattarico



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità
idraulica del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km
a Monte della Confluenza del T.Finita nel Comune di
Lattarico. CUP E28H21000420001 – CIG B4F526D62B**

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO DOCUMENTO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Il Progettista e CSP

Il R.U.P

Ing. Stefano Saullo
Stefano
Saullo
Laurea
Magistrale in
Ingegneria
Civile

SCALA

-

TAV.
PE.R.02

FORMATO
A4



23.11.2025
23:11:53
GMT+02:00



Indice

1. PREMESSA	1
2. STATO DEI LUOGHI.....	2
3. INQUADRAMENTO E DESCRIZIONE DELL'AREA DI STUDIO .	4
4. STUDIO IDROLOGICO.....	6
4.1. DELIMITAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA BACINO DI STUDIO	7
4.1.1. Delimitazione e caratterizzazione morfologica bacino di studio	7
4.1.2. Caratterizzazione litologica bacino di studio	10
4.1.3. Caratterizzazione Uso del Suolo bacino di studio	12
4.1.4. Caratterizzazione permeabilità bacino di studio	13
4.2. MODELLO IDROLOGICO	14
4.2.1. Definizione sistema sottobacini	17
4.2.1. Calcolo del CN.....	19
4.2.2. Pluviometria e stima delle curve di possibilità pluviometrica	22
4.2.1. Risultati modello idrologico.....	24
5. MODELLAZIONE IDRAULICA	27
5.1. MODELLO DI CALCOLO – HEC RAS	28
5.1.1. Sviluppo del 2D Computational Mesh.....	31
5.2. GEOMETRIA DEL MODELLO E CONDIZIONE AL CONTORNO	33
5.3. SCENARI SIMULATI	36
5.3.1. Scenario Stato Attuale.....	36
5.3.1. Scenario Stato di Progetto – ripristino corpo arginale	40
5.4. VERIFICA RIVESTIMENTO SPONDALE.....	46
6. CONCLUSIONI	48



1. Premessa

La presente relazione a corredo del Progetto Esecutivo per i “Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza T.Finita nel Comune di Lattarico”, descrive le verifiche idrologiche e idrauliche del tratto oggetto di intervento. In particolare, le verifiche condotte hanno lo scopo di dimensionare le opere di ripristino e protezione spondale poste in sinistra idraulica in modo da garantire la piena officiosità idraulica del tratto di Crati in oggetto .L’area di interesse è situata a circa 1.5 km a monte della confluenza tra il Torrente Finita ed il Fiume Crati. In particolare, l’area interessa l’argine in sinistra idraulica, come meglio evidenziato nella figura riportata di seguito.

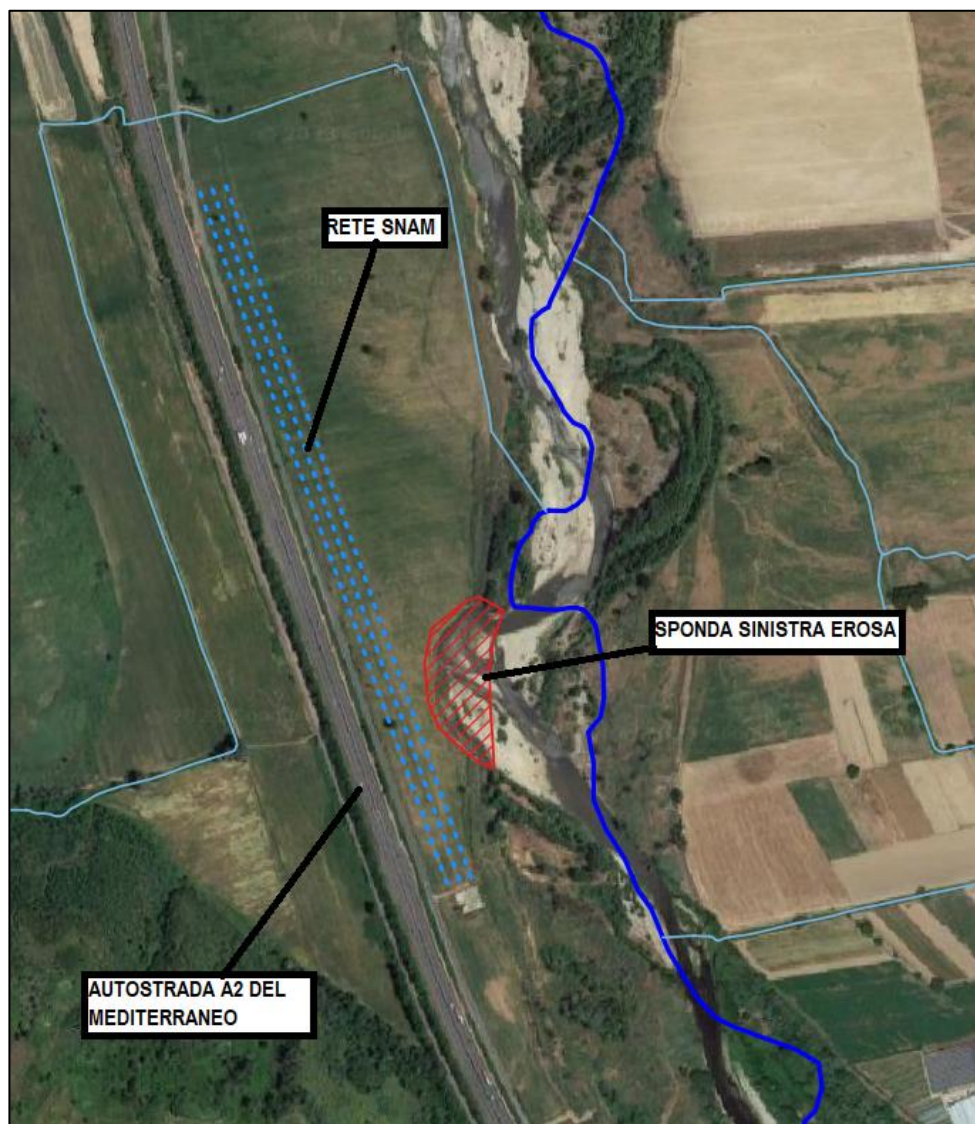


Figura 1 - Inquadramento area di intervento



***Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico***

Dai sopralluoghi effettuati, è emerso che nell'area indicata in fig. 1 è in corso un'erosione dell'argine sinistro (retino rosso) che si sta sviluppando in maniera considerevole grazie agli eventi piovosi che si sono registrati nel mese di gennaio del 2024.

Attualmente, in questo punto, l'argine è a circa 15 m dalla rete SNAM, e necessità di un intervento tempestivo di pulizie e riprofilatura, al fine di bloccare e sanare l'erosione.

Con il presente progetto, si sono individuati alcuni interventi funzionali, mirati al ripristino dell'officiosità idraulica del tratto oggetto di interesse.

È stato eseguito un rilievo GPS del tratto di corso d'acqua interessato dal fenomeno erosivo il quale è stato integrato con un rilievo aerofotogrammetrico effettuato con mezzo aereo a pilotaggio remoto, il quale ha permesso di ricostruire tridimensionalmente la morfologia del corso d'acqua e ottenere una ortofoto aggiornata del tratto di interesse. Le informazioni topografiche acquisite hanno permesso di aggiornare il modello digitale del terreno fornito dal Ministero dell'Ambiente esistente ottenuto nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale (PSTA).

2. Stato dei luoghi

Dalle risultanze dei rilievi effettuati si è riscontrato:

- un'accentuazione dei fenomeni erosivi, per ciò che riguarda il fiume Crati nel tratto a Monte della confluenza con il Torrente Finita a circa 1.5 km della stessa (fig. 2);
- un aumento di materiale depositato, per il fiume Crati, in corrispondenza della savanella con la formazione di una consistente piazza di deposito (fig. 3);
- intralcio al deflusso superficiale (F. Crati) vicino l'area in erosione dovuta alla fitta vegetazione.



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

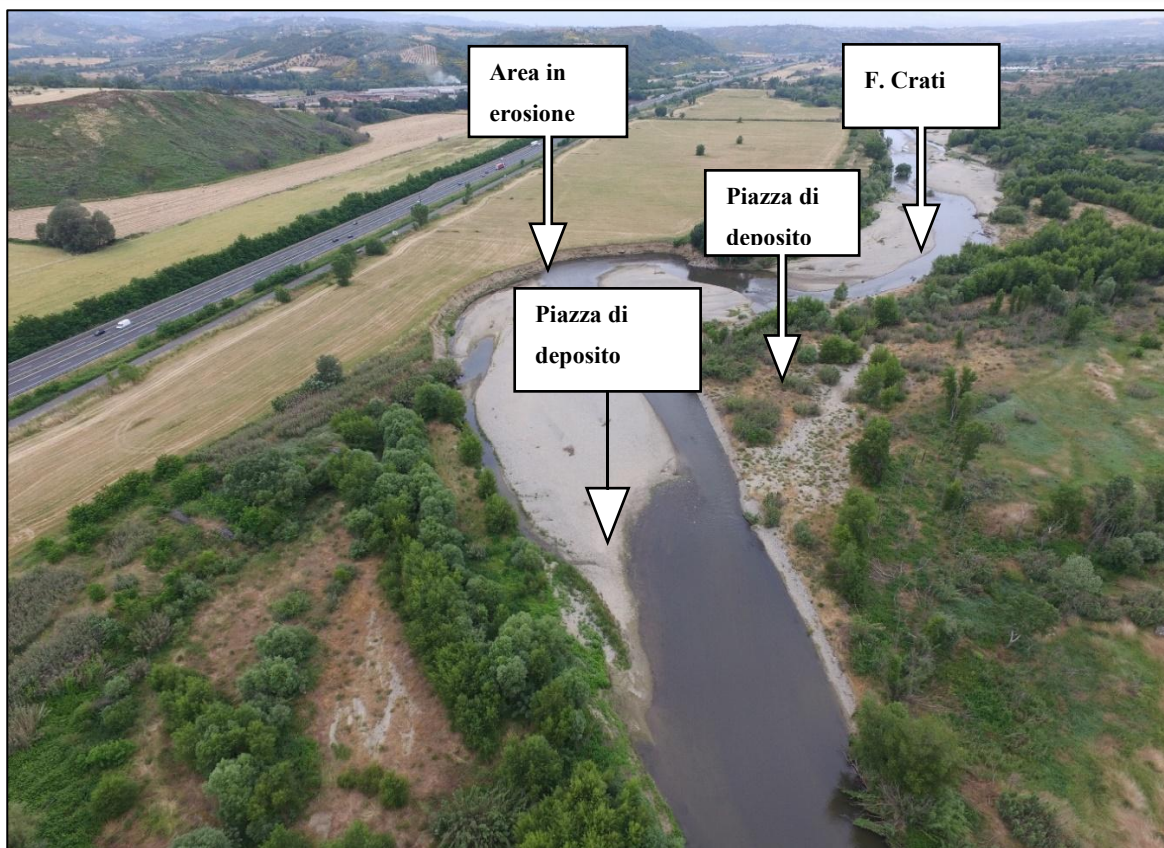


Figura 2 - Vista dall'alto dell'area di interesse

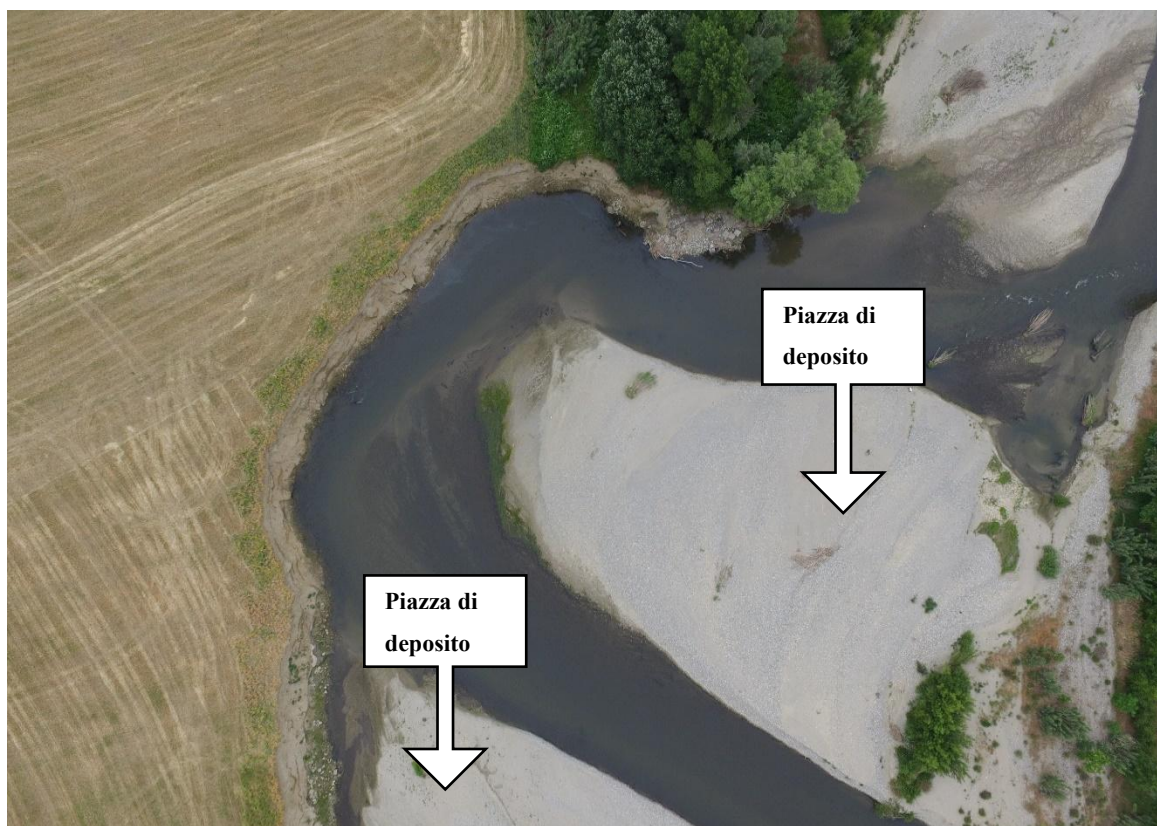


Figura 3 - Vista dall'alto dell'isolotto a margine dell'area in erosione



***Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico***

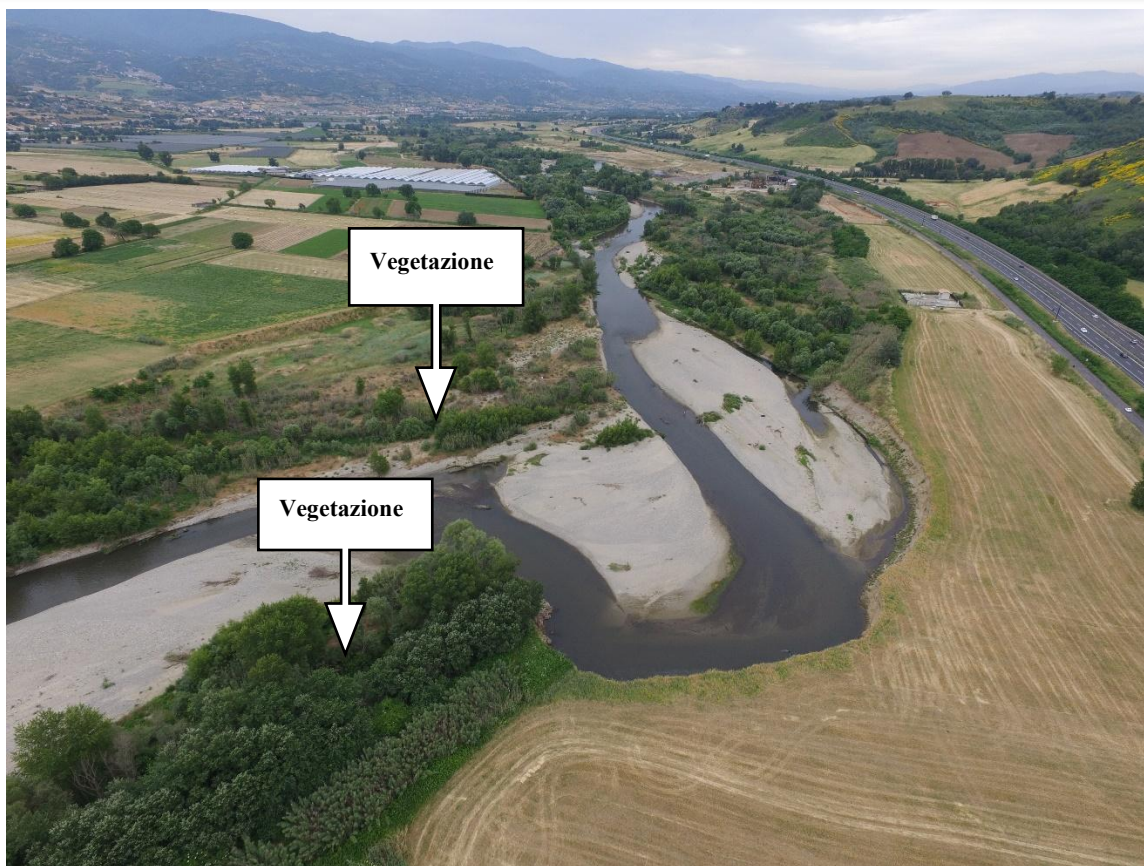


Figura 4 - Vista dall'alto dell'area di interesse lato monte

3. Inquadramento e descrizione dell'area di studio

Il Crati è il principale fiume della Calabria per lunghezza dell'asta fluviale e superficie del bacino idrografico: infatti, considerando la sezione di chiusura alla foce, misura una lunghezza complessiva di circa 91 km e una superficie di circa 2447.79 km². Il suo bacino ricade interamente nella provincia di Cosenza.

Le acque del fiume Crati, provenienti dal massiccio della Sila, dalla Catena Costiera e dal massiccio del Pollino, sfociano nel mar Ionio, tra i comuni di Corigliano Calabro e Cassano Allo Ionio. Con riferimento alla sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'area di intervento, il bacino del fiume Crati possiede un'estensione di circa 786.59 kmq.

In figura è riportato un inquadramento dell'area di studio; in particolare sono riportati il bacino complessivo del Fiume Crati e il suo sottobacino (corrispondente all'area di interesse del presente lavoro) chiuso in corrispondenza del tratto di intervento.



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**



Figura 5 - Vista dall'alto dell'area



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

Da un punto di vista dell'inquadramento nei confronti della vincolistica vigente, il tratto oggetto di intervento si inquadra in un'area dove sono presenti tutte e tre le classi di pericolosità P3, P2 e P1.

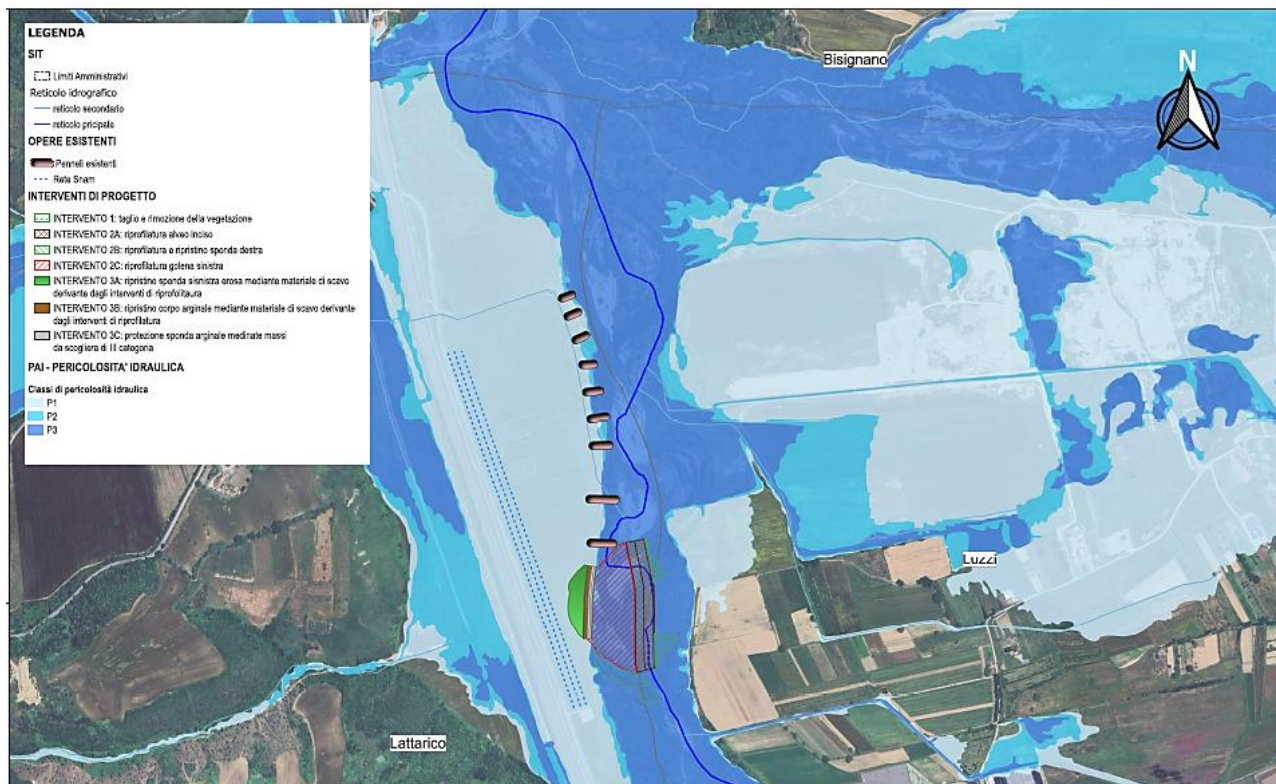


Figura 6 – inquadramento area di intervento su PAI – Classi di Pericolosità idraulica

4. Studio idrologico

Nell'ambito della presente attività è stato condotto uno studio idrologico con lo scopo di definire le portate di progetto per Tr100, 200 e 500 anni, considerando come portata per la verifica delle opere quella riferita ad un tempo di ritorno di duecento anni.

La definizione degli idrogrammi prevede le seguenti fasi:

- 1) Delimitazione e caratterizzazione geomorfologica del bacino oggetto di studio,
- 2) Analisi pluviometrica per la definizione delle CPP e quindi delle piogge di progetto,
- 3) Implementazione di un modello idrologico che consente di stimare la pioggia netta e quindi i deflussi superficiali in termini di portata. Nel caso in esame sono stati considerati i cosiddetti metodi afflussi – deflussi.

Nei seguenti paragrafi vengono descritti nel dettaglio le fasi appena elencate nonché i valori di portata calcolati.



4.1. Delimitazione e caratterizzazione geomorfologica bacino di studio

4.1.1. Delimitazione e caratterizzazione morfologica bacino di studio

Al fine di estrarre i dati morfologici ed altimetrici del bacino idrografico oggetto di studio, dai dati cartografici esistenti è stato implementato un sistema informativo territoriale della zona nel quale sono state inserite tutte le banche dati geografiche disponibili.

Nel caso in esame è stato adottato un DTM con risoluzione di cella 10x10. Nel presente studio, la delimitazione del bacino e l'individuazione dell'asta principale, è stata implementata mediante il software Lekan nella versione 2.2.1, che consente di estrarre il bacino idrografico a partire da un DTM. Il software per la perimetrazione del bacino si basa sull'algoritmo TAU DEM.

Sulla base della perimetrazione del bacino e dell'asta principale si sono definiti i parametri piano altimetrici caratteristici di seguito riportati.

A	786.59 km ²
Q_{max}	1855.23 m slm
Q₀	92.68 m slm
Q_{med}	627.74 m slm
p_{med}	33.41 %
L_{asta}	50.13 km
i_{asta}	0.87 %

Tabella 1: parametri morfologici



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

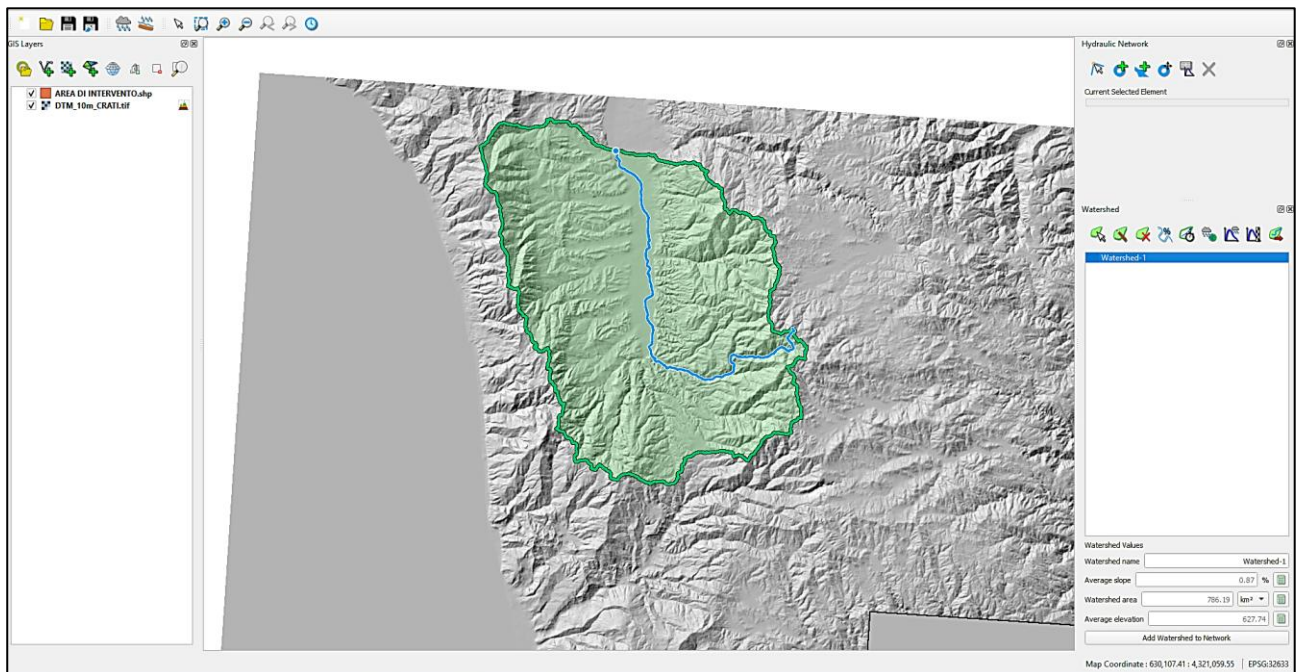


Figura 7 – Delimitazione del bacino idrografico mediante software Lekan

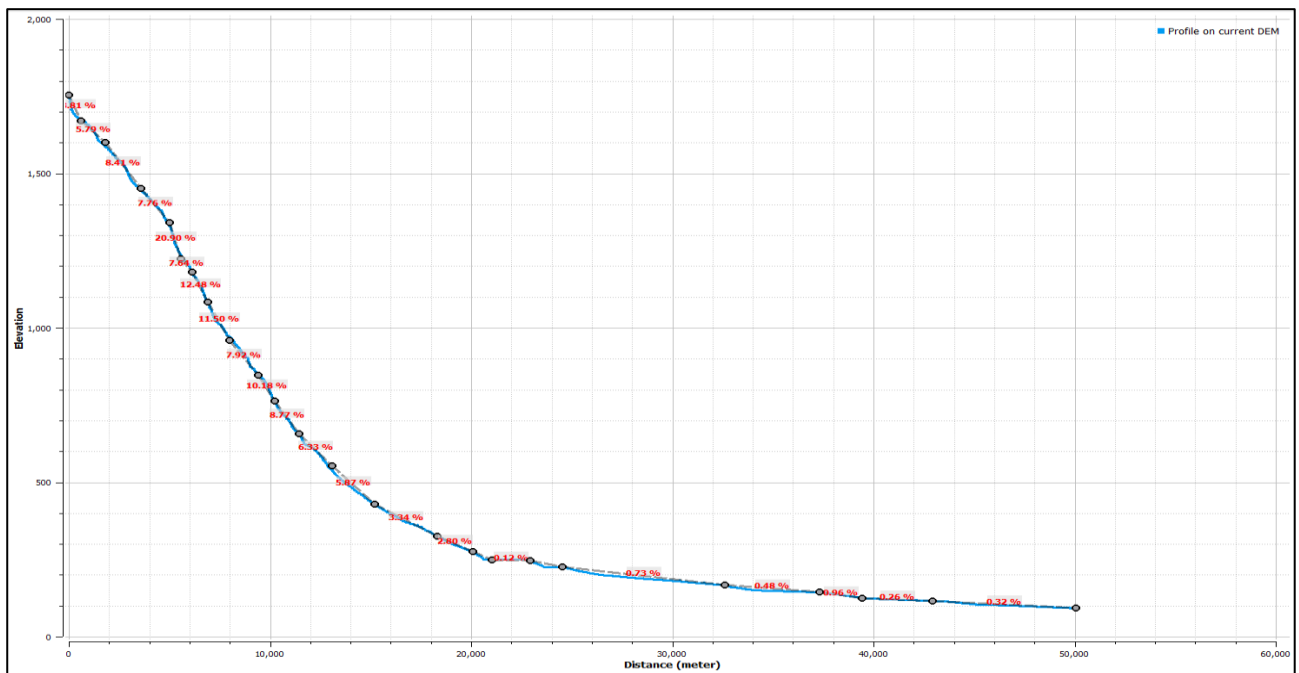


Figura 8 – profilo longitudinale dell'asta principale



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

Per caratterizzare la piano altimetria del bacino, è stata definita, inoltre, la curva ipsografica del bacino chiuso in corrispondenza del tratto di studio e di seguito riportata.

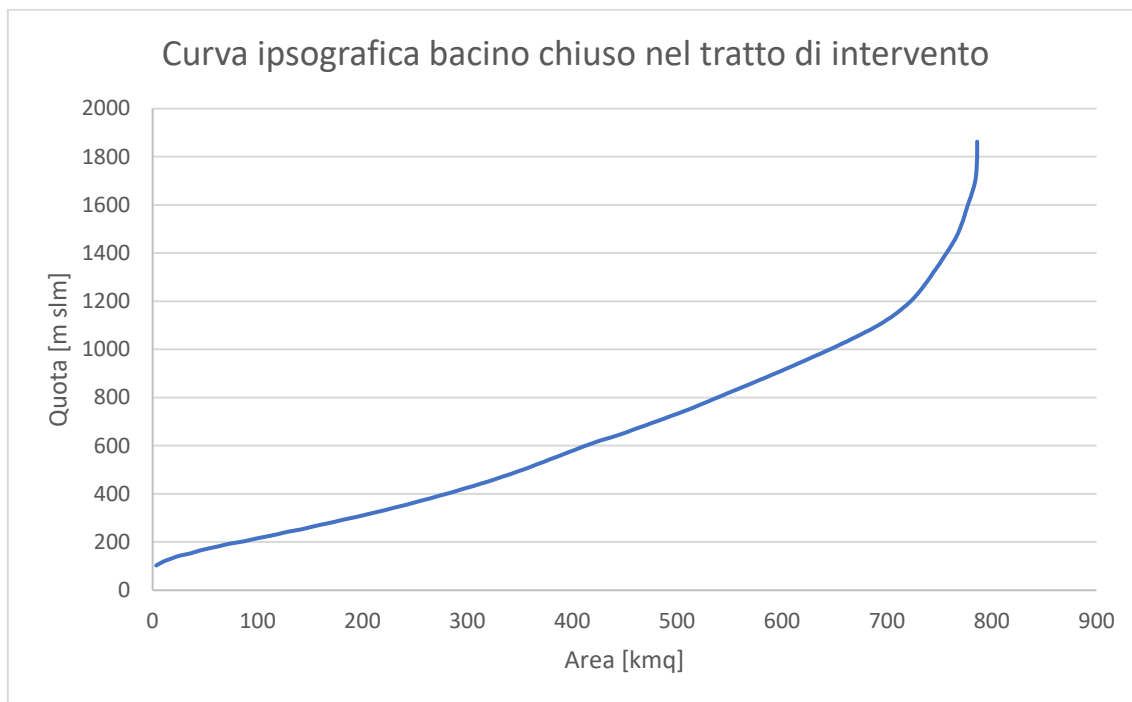


Figura 9 – curva ipsografica bacino chiuso in corrispondenza del tratto di intervento

Sulla base dei parametri morfologici ottenuti si definito il tempo di corrivazione del bacino oggetto di studio mediante la formula di Giandotti definita come:

$$\frac{0.24 \times \sqrt{A} + 0.09 \times L}{0.8 \times \sqrt{H_m}}$$

Dove:

- A: area del bacino in kmq,
- L: lunghezza dell'asta principale in km
- Hm: differenza tra quota nella sezione di chiusura e quota media

Applicando la formula di Giandotti si ottiene un tempo di corrivazione pari a $t_c=10.12$ ore.



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

4.1.2. Caratterizzazione litologica bacino di studio

Per la caratterizzazione del bacino dal punto di vista della geologia è stata utilizzata la carta Litologica della Calabria, in scala 1:25000.

Dall'analisi delle classi litologiche si evince nel bacino idrografico del Fiume Crati chiuso in corrispondenza del tratto di studio risultano prevalenti le aree occupate da *“Graniti e granodioriti, diabasi, gabbri, serpentine. Gneiss occhiadini e biotitici, anfiboliti, migmatiti e prodotti di metamorfismo di grado medio-alto”*.

LEGENDA

 Sottobacino chiuso nel tratto di intervento

Classi Litologiche

-  Alternanze ritmiche di arenarie, argille mamose, mame calcaree e paraconglomerati. Alternanze fitte di argille, argilliti, marne argilloso-siltose. Successioni calcareo-radiolaritiche e silico-mamose fittamente stratificate.
-  Argille varicolori scagliose con inclusi di calcari arenacei, blocchi di arenarie umidiche, lembi di conglomerati, costituenti un insieme generalmente caotico.
-  Calcarei massicci o stratificati in grossi banchi, calcari dolomitici, breccie intraformazionali. Dolomie cristalline massicce a stratificazione indistinta o in banchi di pochi metri con sottili livelli argillosi e selciferi, breccie intraformazionali.
-  Conglomerati a grossi blocchi granitici e gneissici, conglomerati poligenici poco cementati con intercalazioni sabbioso-arenacee, arenarie poco cementate associate a sabbie, argille sabbiose e argille siltose.
-  Depositi di spiaggia e dune costiere, detriti di falda, con di deiezione, depositi alluvionali ghiaioso-sabbioso-argillosi dei fondivalle e delle pianure costiere, ghiaie sabbioso-ciottolose dei terrazzi, depositi sabbioso-limosi fluvio-lacustri.
-  Filladi e scisti cloritico-sericitici con intercalazioni di calcari cristallini e di quarziti, scisti filladici e argilloscisti. Metasedimenti e prodotti di basso grado metamorfico.
-  Graniti e granodioriti, diabasi, gabbri, serpentine. Gneiss occhiadini e biotitici, anfiboliti, migmatiti e prodotti di metamorfismo di grado medio-alto.
-  Sedimenti argilloso-limosi di origine lacustre. Argille mamose, mame argillose e mame calcaree (Trubi). Tripoli e marne tripolacee, calcari evaporitici, gessi cristallini, argille sabbiose, sabbie, conglomerati con sottili intercalazioni gessose.

Figura 10 – Legenda classi litologiche



*Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico*

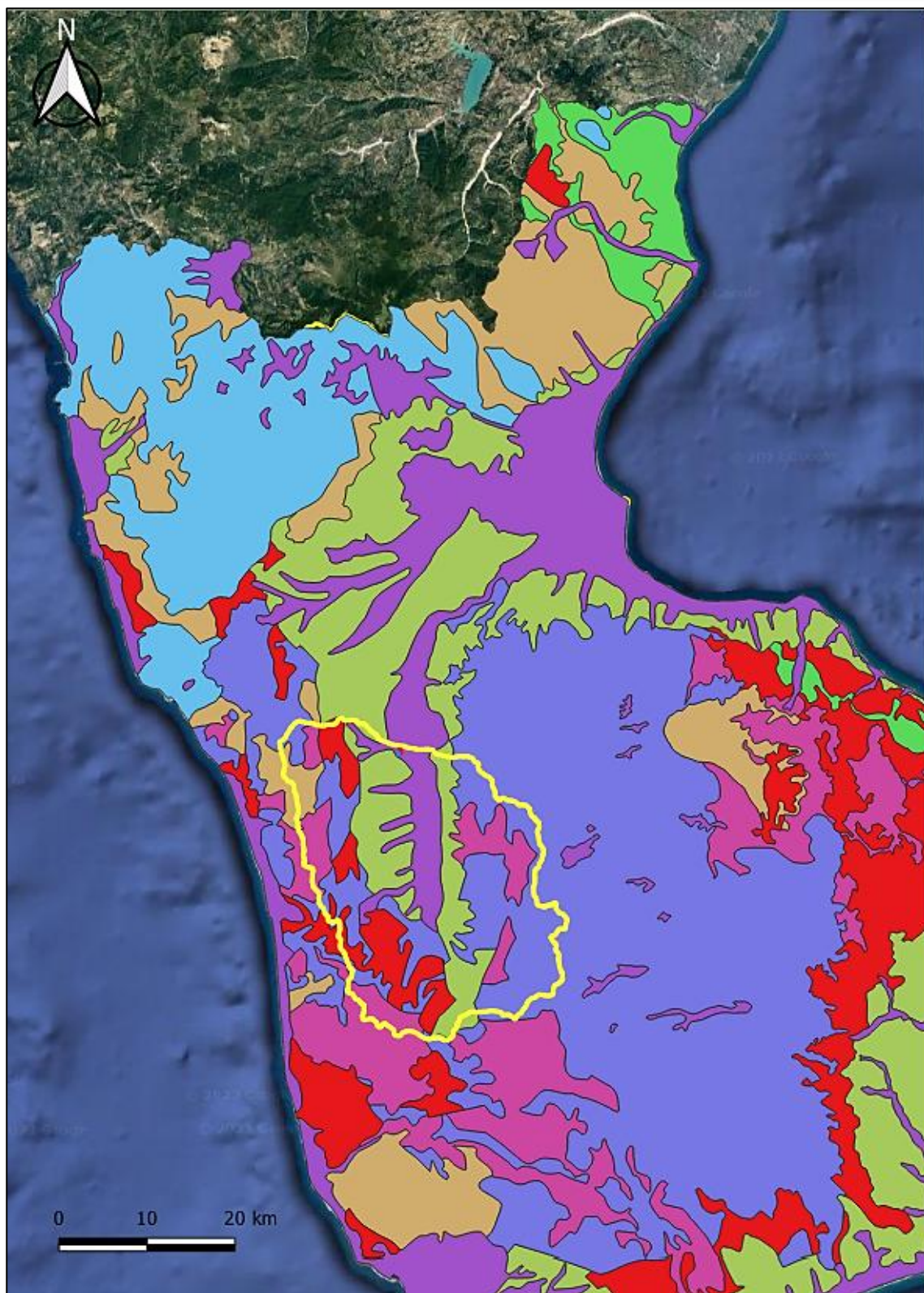


Figura 11 – Inquadramento bacino su carta litologica



*Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico*

4.1.3. Caratterizzazione Uso del Suolo bacino di studio

Per la caratterizzazione dei bacini dal punto di vista dell'uso del suolo è stato utilizzato lo strato informativo Corine Land Cover al III° livello.

Dall'analisi delle classi di uso del suolo si evince come il bacino caratterizzato in prevalenza dalle seguenti classi: boschi di latifoglie; uliveti; seminativi in aree non irrigue; boschi di conifere.

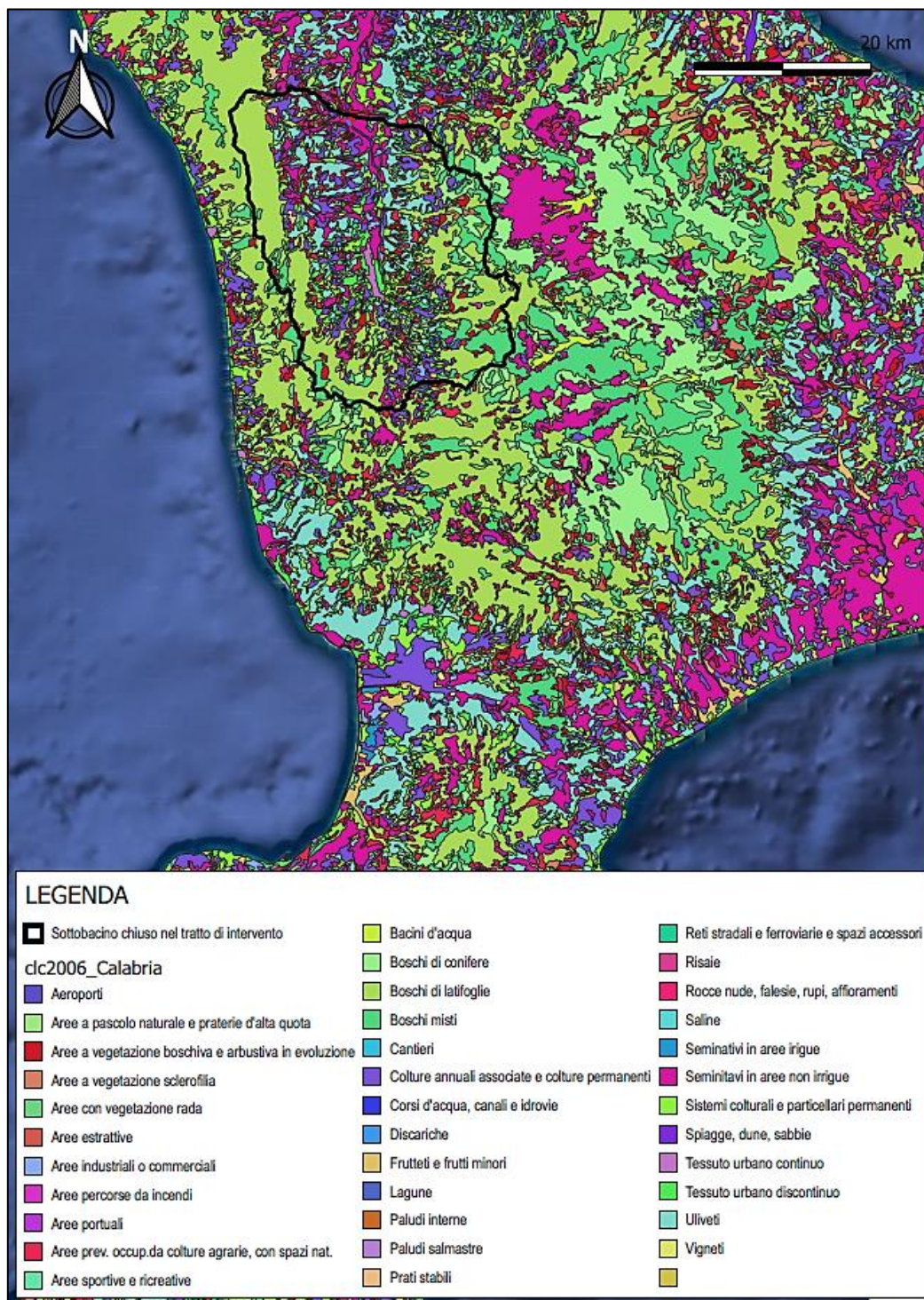




Figura 12 – Inquadramento Inquadramento bacino su carta Uso del Suolo

4.1.4. Caratterizzazione permeabilità bacino di studio

Dall'analisi dei risultati si evince che nel suddetto bacino idrografico risultano prevalenti le aree caratterizzate da un grado di permeabilità bassa. Seguono le aree caratterizzate da un grado di permeabilità alta e infine quelle caratterizzate da un grado di permeabilità media.

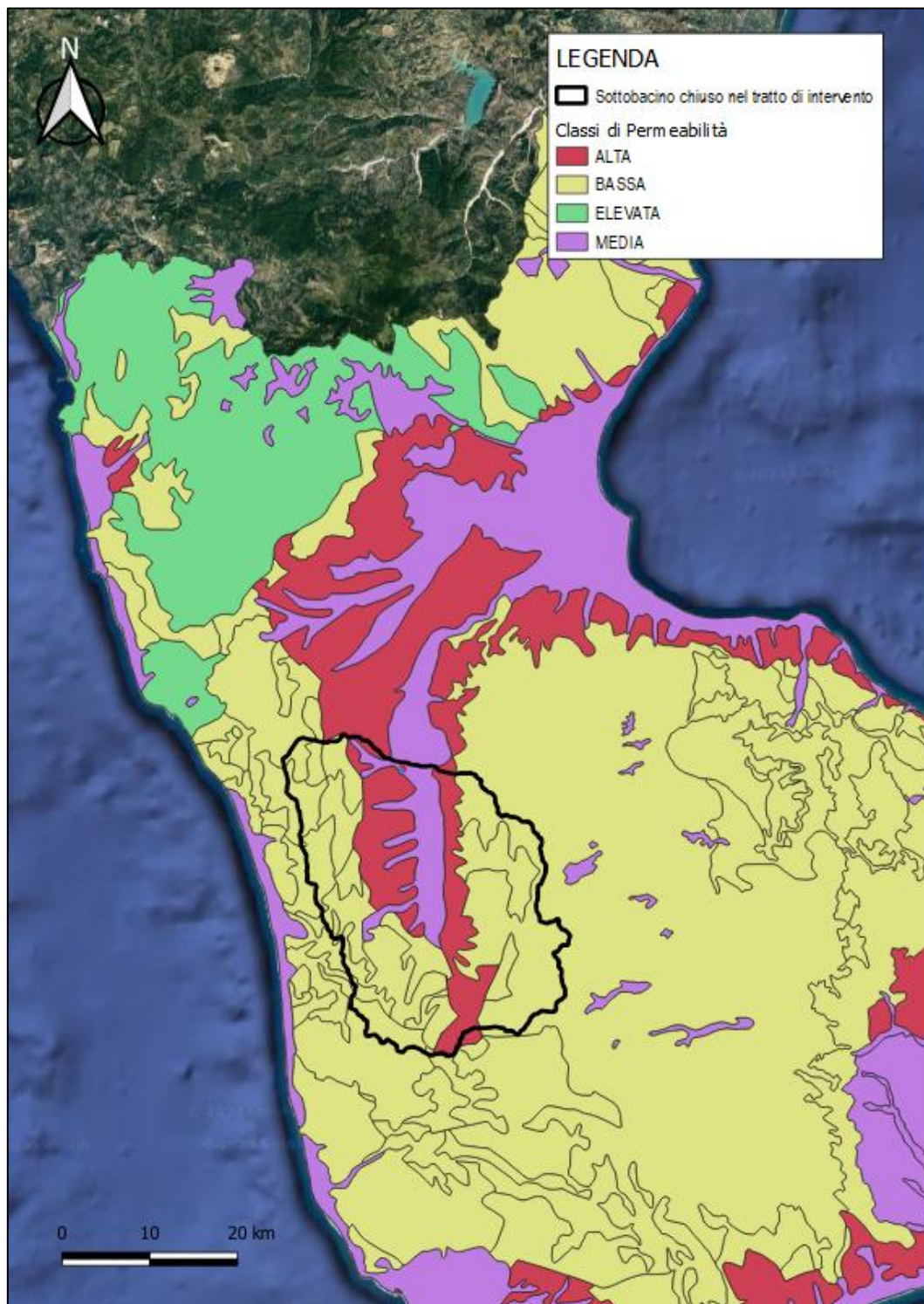




Figura 13 – Inquadramento bacino su carta delle Permeabilità

4.2. Modello idrologico

È stato condotto uno studio idrologico per la determinazione delle caratteristiche delle piene attese nel bacino del Fiume Crati, finalizzato • alla determinazione degli idrogrammi di piena per diversi scenari caratterizzati da diversi tempi di ritorno (100, 200 e 500 anni) e una durata di pioggia di 12 ore.

Il fenomeno della trasformazione afflussi-deflussi che avviene in un bacino idrografico investito da un evento pluviometrico può essere studiato con vari metodi a seconda dei dati disponibili e del grado di dettaglio ed accuratezza del risultato che si intende ottenere. Tutti questi metodi sono riconducibili alle seguenti tipologie:

- concettuali: quando il fenomeno viene schematizzato nel dettaglio e scomposto nelle sue varie componenti per ciascuna delle quali si adotta un modello matematico che simula quanto avviene nella componente stessa (es: metodo dell'idrogramma unitario o il metodo cinematico);
- statistici: quando si fa unicamente un'analisi statistica dei deflussi e quindi le portate di piena del bacino idrografico vengono valutate sulla base di equazioni matematiche che possono dipendere anche da caratteristiche morfologiche del bacino stesso (es.: metodi di regionalizzazione delle piene del VaPi);
- formule empiriche: quando le portate massime vengono calcolate sulla base di semplici relazioni tarate sulla base di dati sperimentali (es: formule di Gherardelli-Marchetti, Mongiardini, Forti, De Marchi e Pagliaro).

Nel presente studio ci occuperemo esclusivamente dei metodi concettuali che sono quelli implementati nel software HEC-HMS utilizzato per condurre le simulazioni idrologiche. Tali metodi analizzano separatamente le varie fasi in cui il fenomeno di trasformazione afflussi-deflussi può essere scomposto e che sono:

- separazione delle piogge;
- formazione della piena;
- propagazione della piena;
- deflusso di base.

In questa sede per le varie fasi in cui è possibile schematizzare il fenomeno trasformazione afflussi-deflussi si è scelto di utilizzare i seguenti metodi:

- I. fase: separazione della pioggia (calcolo della pioggia netta): metodo Curve Number (CN) del



***Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico***

Soil Conservation Service (SCS);

- II. fase: formazione della piena: metodo dell'Idrogramma Unitario Istantaneo (IUH) del Soil Conservation Service (SCS);
- III. fase: propagazione della piena nei tronchi attraverso il metodo di Muskingam – Cunge;
- IV. fase: in considerazione del fatto che la modellazione idrologica è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche delle piene attese con diversi tempi di ritorno non si è ritenuto che il deflusso base sia importante per cui il suo contributo è stato trascurato.

Di seguito si dà una breve descrizione teorica dei metodi utilizzati per schematizzare ognuna delle fasi sopra elencate.

Separazione delle piogge

Il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione o capacità di ritenzione del suolo (S) deriva dalla seguente relazione:

$$S = 254 \times (100/CN - 1)$$

Dall'analisi del risultato di molte osservazioni sperimentali ne deriva che la perdita iniziale (Ia) è legata alla capacità di ritenzione del suolo (S) dalla relazione

$$Ia = 0.2 \times S$$

che è quindi il valore da utilizzare in mancanza di altri dati disponibili.

Il valore del Curve Number (CN) va, invece, rilevato in funzione dei dati contenuti nella tabella sotto riportata in funzione del tipo di copertura e uso del suolo e del tipo di suolo.



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

TIPO DI COPERTURA E USO DEL SUOLO	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
senza trattamento di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
TERRENO DA PASCOLO				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
PRATERIE				
buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSE O FORESTATI				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (Impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (Imp. 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
impermeabilità media	%	77	85	90
	65	61	75	83
	38	57	72	81
	30	54	70	80
	25	51	68	79
PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI, TETTI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate con corccoli e fognature	98	98	98	
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tabella 2: Tipo di copertura e uso del suolo

In generale il valore del CN del bacino risulterà da una media pesata dei CN delle singole unità fisiografiche omogenee in cui il bacino può essere scomposto.

Ogni metodo di separazione delle piogge è influenzato dal grado di saturazione del suolo al momento del verificarsi dell'evento di pioggia. Il valore del CN del Soil Conservation Service come sopra descritto è associabile a condizioni medie di saturazione che corrispondono al valore 2 di Antecedent Moisture Condition(AMC) che come indicato nella tabella seguente è ricavabile in funzione dell'altezza di pioggia registrata nei cinque giorni che precedono l'evento e dello stato vegetativo.

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	<13	<36
II	13-28	36-54
III	>28	>54

Tabella 3: Classi AMC

Per ottenere il valore di CN relativo alle altre due condizioni di saturazione si usano le relazioni seguenti:



$$CN(I) = \frac{4,2 \text{ CN(II)}}{10 - 0,058 \text{ CN(II)}}$$

$$CN(III) = \frac{23 \text{ CN(II)}}{10 + 0,13 \text{ CN(II)}}$$

Formazione delle piene

Per la valutazione del tempo di ritardo del bacino, unico parametro necessario per la determinazione della forma del IUH nella formulazione SCS, si è ritenuto sufficientemente cautelativo utilizzare il valore estratto dalla parametrizzazione del bacino idrografico.

Propagazione delle Piene

Noto l'idrogramma in ingresso nei tronchi è possibile modellare la propagazione della piena lungo di essi. Nel modello idrologico implementato si è scelto di utilizzare il metodo di Muskingum Cunge, il metodo è basato sulla soluzione dell'equazione di continuità e di quella del momento, tramite un metodo approssimato alle differenze finite. I parametri da inserire sono la lunghezza del tronco, la pendenza media, il coefficiente di scabrezza di Manning's e il tipo di sezione.

4.2.1. Definizione sistema sottobacini

Nel caso del bacino oggetto di studio, al fine di ottimizzare l'intero processo idrologico che governa la formazione dei deflussi superficiali e quindi degli idrogrammi di progetto, grazie al modulo GIS presente all'interno del software HEC-HMS, si è definito, sulla base del DTM 10x10, un sistema di sottobacini.

Questo tipo di approccio consente di valutare la convoluzione, nelle varie sezioni di chiusura, degli idrogrammi, in funzione dei tempi di formazione del deflusso superficiale e delle caratteristiche di ciascun sottobacino appartenente al sistema.

Il modello risulta costituito da:

- 7 tronchi fluviali
- 16 bacini
- 8 congluenze



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

ID tronco	Length	slope
tronco 1_3	1250	0.012
tronco 2_3	2350	0.007
tronco 3_4	7970	0.008
tronco 4_5	3440	0.006
tronco 5_6	2500	0.007
tronco 6_7	5870	0.004
tronco 7_8	6370	0.022

Tabella 4: Tronchi

Di seguito si riporta lo schema di sottobacini ottenuti dalla procedura appena descritta.

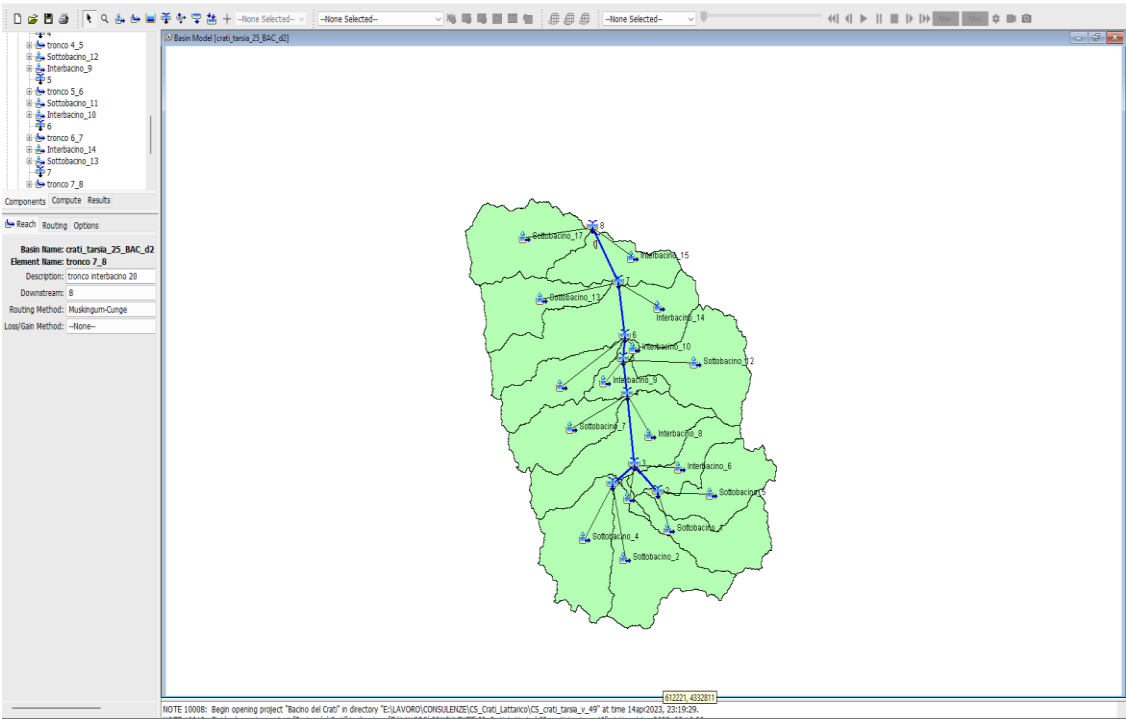


Figura 14 – schema bacini modello idrologico HEC-HMS



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

COD Bacino	Nome Bacino	Area [km2]	La [km]	Hmed [m]	Hmin [m]	Tc [ore]
1	Sottobacino_1	49.61	19.8	977.3	244.2	2.7
2	Sottobacino_2	72.99	18.6	702.6	246.6	3.6
3	Interbacino_3	3.06	1.3	387.9	233.4	0.9
4	Sottobacino_4	68.42	11.6	750.6	245.2	2.8
5	Sottobacino_5	51.1	19.8	1072.1	246.6	2.5
6	Interbacino_6	30.66	14.2	746.6	236	2.4
7	Sottobacino_7	48.66	13.8	491.3	165	3.4
8	Interbacino_8	80.06	7.8	482.2	165.5	3.3
9	Interbacino_9	17.67	3.4	251	147	2.7
10	Interbacino_10	3.05	2.5	164.6	131.6	2.3
11	Sottobacino_11	41.13	19.3	426.3	130	4
12	Sottobacino_12	72.86	17.1	921.1	148	2.7
13	Sottobacino_13	46.8	18.5	505.3	110.8	3.5
14	Interbacino_14	94.78	5.9	458.6	109	3.2
15	Interbacino_15	42.18	6.4	263.3	93.4	3.4
16	Sottobacino_16	65.5	16.3	512.8	98	3.5

Tabella 5: Bacini e interbacini

4.2.1. Calcolo del CN

Dalla sovrapposizione dell'uso del suolo con le classi di permeabilità è possibile determinare la mappa del Curve Number (CN), parametro che caratterizza la risposta idrologica di un bacino idrografico. In figura è riportata la mappa del Curve Number sulla quale sono stati sovrapposti il bacino del fiume Crati (chiuso al tratto di intervento) con i relativi sottobacini.

Ai fini della caratterizzazione dei bacini per l'implementazione del modello idrologico secondo il metodo dell'SCS – CN sono stati assegnati i valori del parametro La e Tlag per ciascun sottobacino. In tabella sono riportati i valori adottati.



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

Nome Bacino	la	CN II	Impervious	Tlag [min]
Sottobacino_2	0	73	0.00	261.80
Sottobacino_4	0	70	0.00	202.34
Sottobacino_5	0	78	0.00	182.50
Sottobacino_1	0	75	0.00	192.12
Interbacino_6	0	72	0.00	173.04
Interbacino_3	0	61	0.00	64.22
Interbacino_8	0	69	0.00	240.16
Sottobacino_7	0	76	0.00	242.16
Sottobacino_12	0	83	0.00	193.30
Interbacino_9	0	70	0.00	193.88
Sottobacino_11	0	74	0.00	285.56
Interbacino_10	0	69	0.00	168.14
Interbacino_14	0	72	1.00	229.80
Sottobacino_13	0	75	0.00	250.04
Sottobacino_17	0	70	0.00	250.76
Interbacino_15	0	71	2.00	245.30

Tabella 6: valori parametri bacini metodo SCS - CN



*Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico*

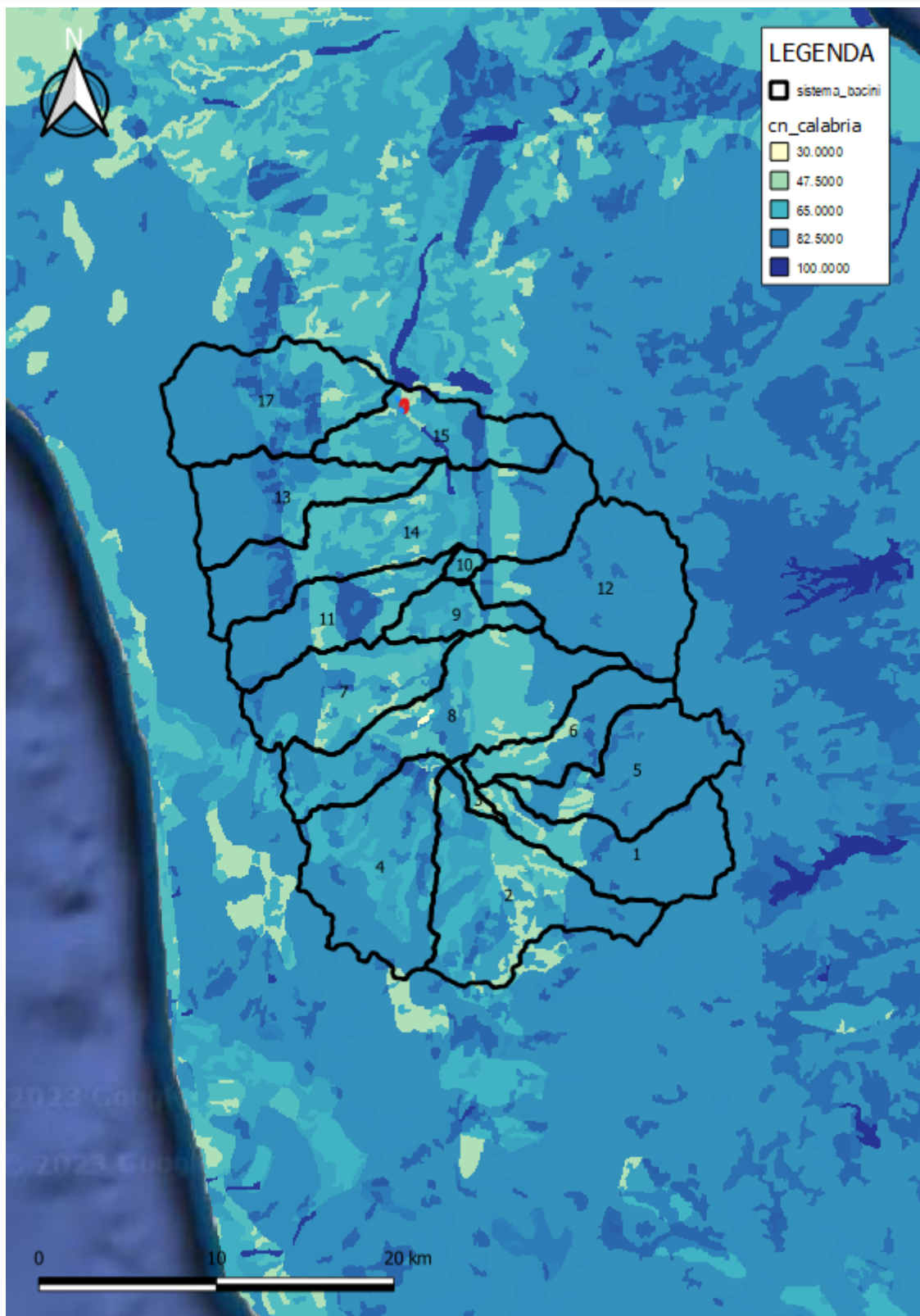


Figura 15 – inquadramento sistema sottobacini su carta CN



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

4.2.2. Pluviometria e stima delle curve di possibilità pluviometrica

Dovendo procedere alla determinazione dell'idrogramma di piena ed alla corrispondente portata al colmo, che tuttavia è la fase che segue la taratura del modello idrologico, si è provveduto alla costruzione delle curve di possibilità pluviometrica mediante le curve di crescita fornite dal rapporto VA.P.I. Le curve relative ai periodi di ritorno di 100 200 e 500 anni sono state determinate a partire dai coefficienti di crescita K_T , secondo livello di regionalizzazione, e dai parametri delle curve di possibilità pluviometrica “medie” a ed n ottenuti al terzo livello di regionalizzazione.

Cod Bacino	a	n	KT 100	KT 200	KT500
Sottobacino_2	23.75	0.329	2.32	2.65	3.05
Sottobacino_4	25.46	0.306	2.32	2.59	2.97
Sottobacino_5	26.61	0.269	2.32	2.59	2.97
Sottobacino_1	26.61	0.327	2.32	2.59	2.97
Interbacino_6	23.75	0.344	2.54	2.71	3.12
Interbacino_3	23.96	0.296	2.32	2.65	3.05
Interbacino_8	26.61	0.285	2.32	2.59	2.97
Sottobacino_7	25.18	0.269	2.32	2.6	2.98
Sottobacino_12	24.87	0.229	2.32	2.59	2.97
Interbacino_9	23.75	0.206	2.32	2.59	2.97
Sottobacino_11	26.51	0.274	2.32	2.59	2.97
Interbacino_10	23.75	0.321	2.54	2.8	3.23
Interbacino_14	26.45	0.286	2.32	2.59	2.97
Sottobacino_13	25.12	0.264	2.32	2.64	3.03
Sottobacino_17	24.31	0.226	2.54	3.02	3.5
Interbacino_15	25.19	0.312	2.32	2.66	3.06

Tabella 7: coefficienti di crescita e parametri CPP

È stato, quindi, possibile per ogni bacino costruire le curve di possibilità pluviometrica (delle piogge puntuali) relative ai diversi periodi di ritorno a partire dalle curve “medie”.

CPP TR 100																
durata [h]	SOTTOBACINI															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	61.7	55.1	55.6	59.1	61.7	60.3	58.4	61.7	55.1	60.3	61.5	57.7	58.3	61.4	58.4	61.7
2	77.4	69.2	68.2	73	74.4	76.6	70.4	75.2	63.6	75.4	74.4	67.6	70	74.8	72.6	72.2
3	88.4	79.1	76.9	82.7	83	88	78.5	84.4	69.1	85.8	83.1	74.2	77.9	84	82.3	79.1
6	110.9	99.3	94.5	102.2	100	111.7	94.6	102.9	79.7	107.2	100.5	87	93.5	102.4	102.2	92.6
12	139.1	124.8	116	126.4	120.5	141.8	114	125.3	91.9	133.9	121.5	101.9	112.3	124.9	126.9	108.3

Tabella 8: CPP TR 100



Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico

CPP TR 200																
durata [h]																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	68.9	62.9	63.5	65.9	68.9	64.4	65.5	68.9	61.5	66.5	68.7	64.4	66.3	68.5	67	73.4
2	86.5	79.1	78	81.5	83	81.7	78.9	84	71	83.1	83	75.5	79.6	83.5	83.2	85.9
3	98.7	90.3	87.9	92.3	92.6	93.9	88	94.3	77.1	94.6	92.8	82.8	88.6	93.8	94.4	94.1
6	123.8	113.5	107.9	114.1	111.6	119.2	106	114.8	89	118.2	112.2	97.1	106.4	114.4	117.2	110.1
12	155.3	142.5	132.5	141.1	134.5	151.3	127.7	139.9	102.6	147.7	135.6	113.8	127.8	139.4	145.5	128.7

Tabella 9: CPP TR 200

CPP TR 500																
durata [h]																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	79	72.4	73.1	75.6	79	74.1	75	79	70.5	76.7	78.7	73.9	76.1	78.6	77.1	85.1
2	99.1	91	89.7	93.5	95.2	94.1	90.4	96.3	81.4	95.8	95.2	86.6	91.4	95.8	95.7	99.5
3	113.2	104	101.2	105.8	106.2	108.1	100.8	108.1	88.5	109.1	106.4	95	101.7	107.6	108.6	109.1
6	142	130.6	124.2	130.8	128	137.2	121.5	131.7	102	136.3	128.6	111.3	122.2	131.1	134.8	127.6
12	178.1	164.1	152.5	161.8	154.2	174.2	146.4	160.5	117.7	170.3	155.5	130.5	146.7	159.9	167.4	149.2

Tabella 10: CPP TR 500

Individuazione e spazializzazione dei dati pluviometrici

I pluviometri attivi distribuiti all'interno del sistema di sottobacini oggetti di studio sono sette e al fine di fornire l'input pluviometrico per ciascun bacino si è reso necessario procedere ad un'operazione di spazializzazione dei dati pluviometrici puntuali delle stazioni riportate nella tabella seguente.

Codice_Stazione	Nome_Stazione
1000	Domanico
1030	San Pietro in Guarano
1060	Montalto Uffugo
1092	Camigliatello - Monte Curcio
1120	Acri
1130	Torano Scalo
1135	Fitterizzi

Tabella 11: stazioni pluviometriche attive ricadenti nel bacino

Il metodo scelto per la stima della precipitazione media areale è quello *dei poligoni di Thiessen* o *dei Topoietti*, con tale approccio l'area di interesse viene suddivisa in tante aree di influenza per quante sono le stazioni di misura scelte, in ciascuna di queste aree si assume che la pioggia sia costante e pari a quella della stazione ricadente all'interno dell'area stessa.

Intersecando l'informazione areale ottenuta dai Topoietti con quelle dei sottobacini formanti il modello idrologico, attraverso semplici operazioni di media pesata, è stato possibile calcolare il



peso di ogni stazione nei confronti dei sottobacini.

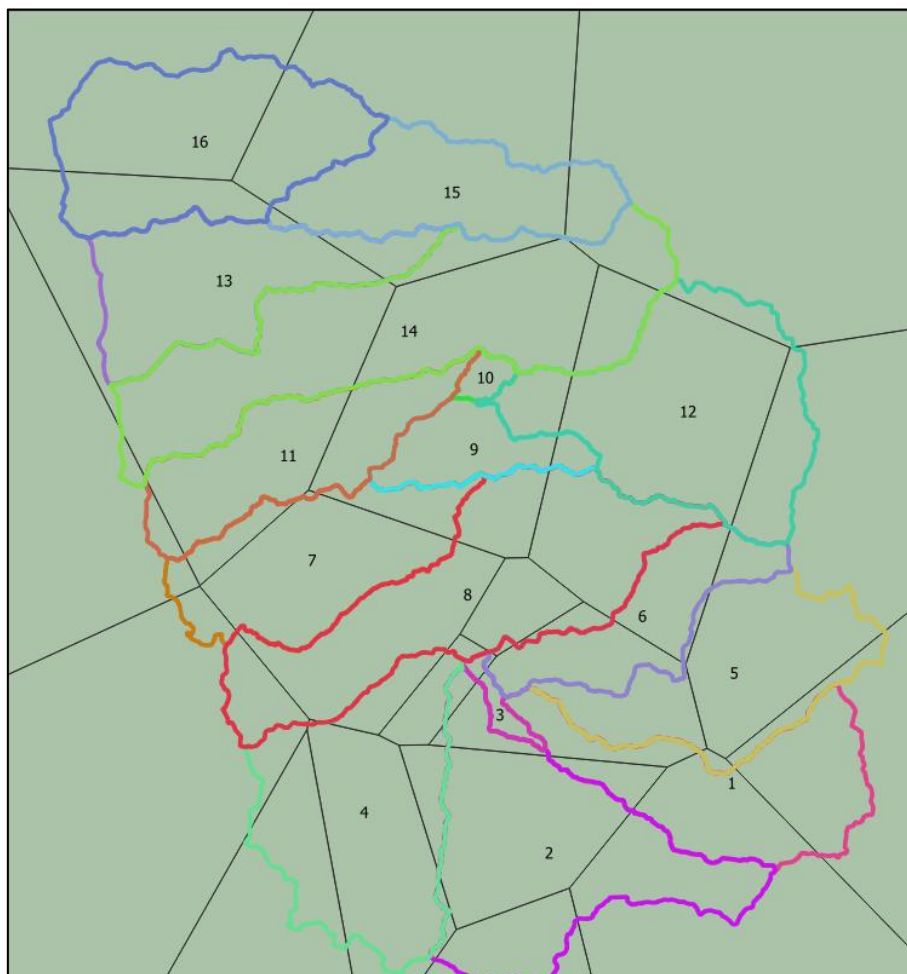


Figura 16 – mappa dei topoi

4.2.1. Risultati modello idrologico

Di seguito si riportano i risultati in termini di idrogrammi e picchi di portata ottenuti per i tre tempi di ritorno $Tr= 100, 200$ e 500 anni in corrispondenza della sezione di chiusura

- $Q_p 100= 1639$ mc/s
- $Q_p 200= 1902$ mc/s
- $Q_p 500= 2297$ mc/s



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

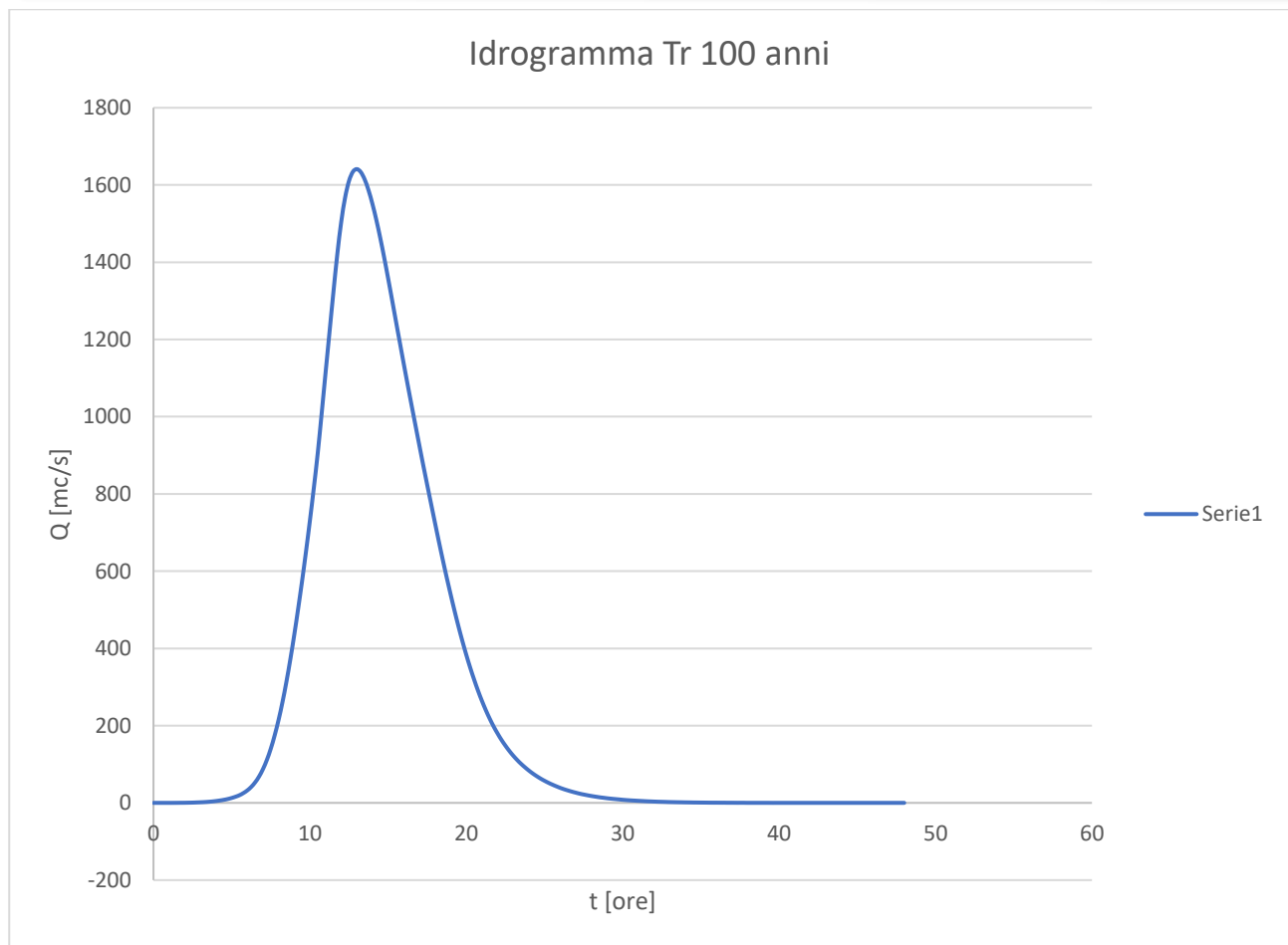


Figura 17 – idrogramma Tr 100 anni



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

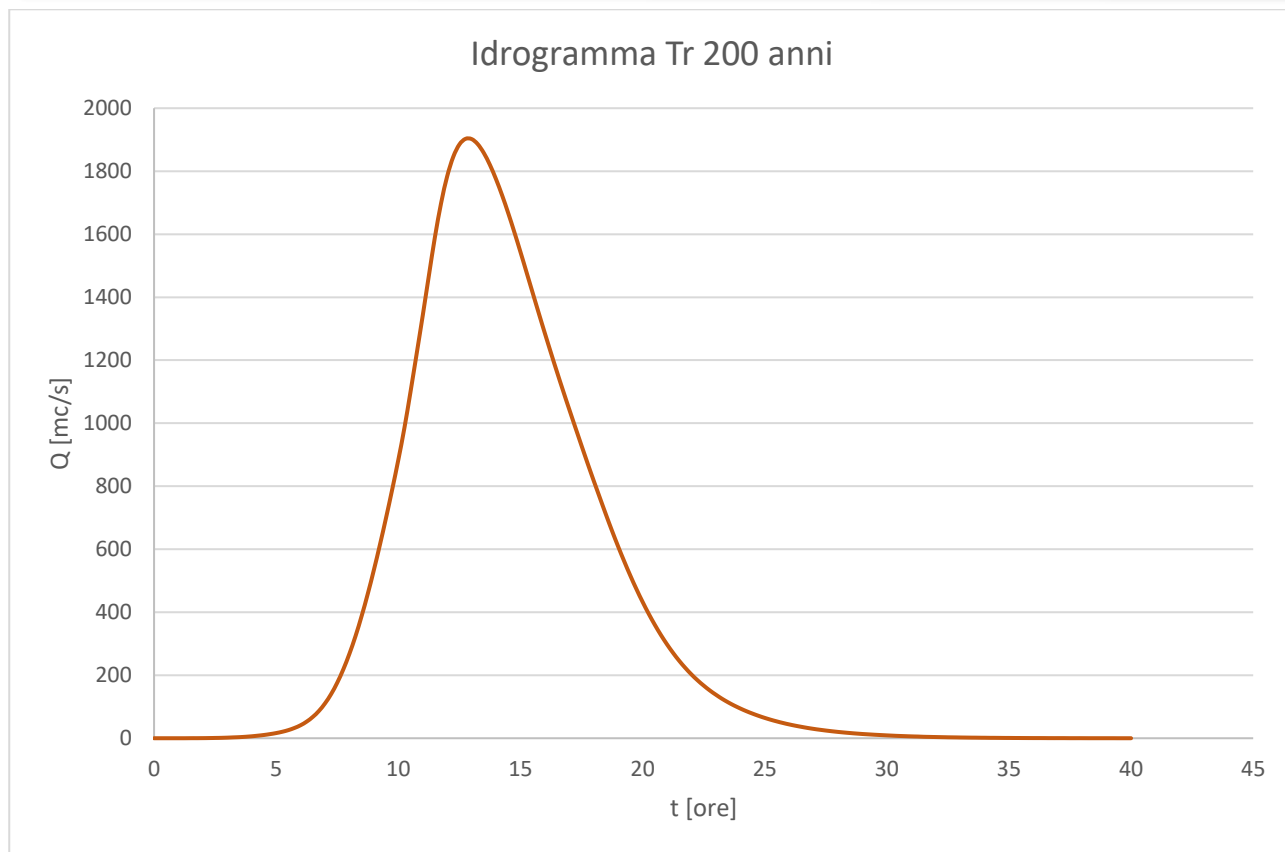


Figura 18 – idrogramma Tr 200 anni

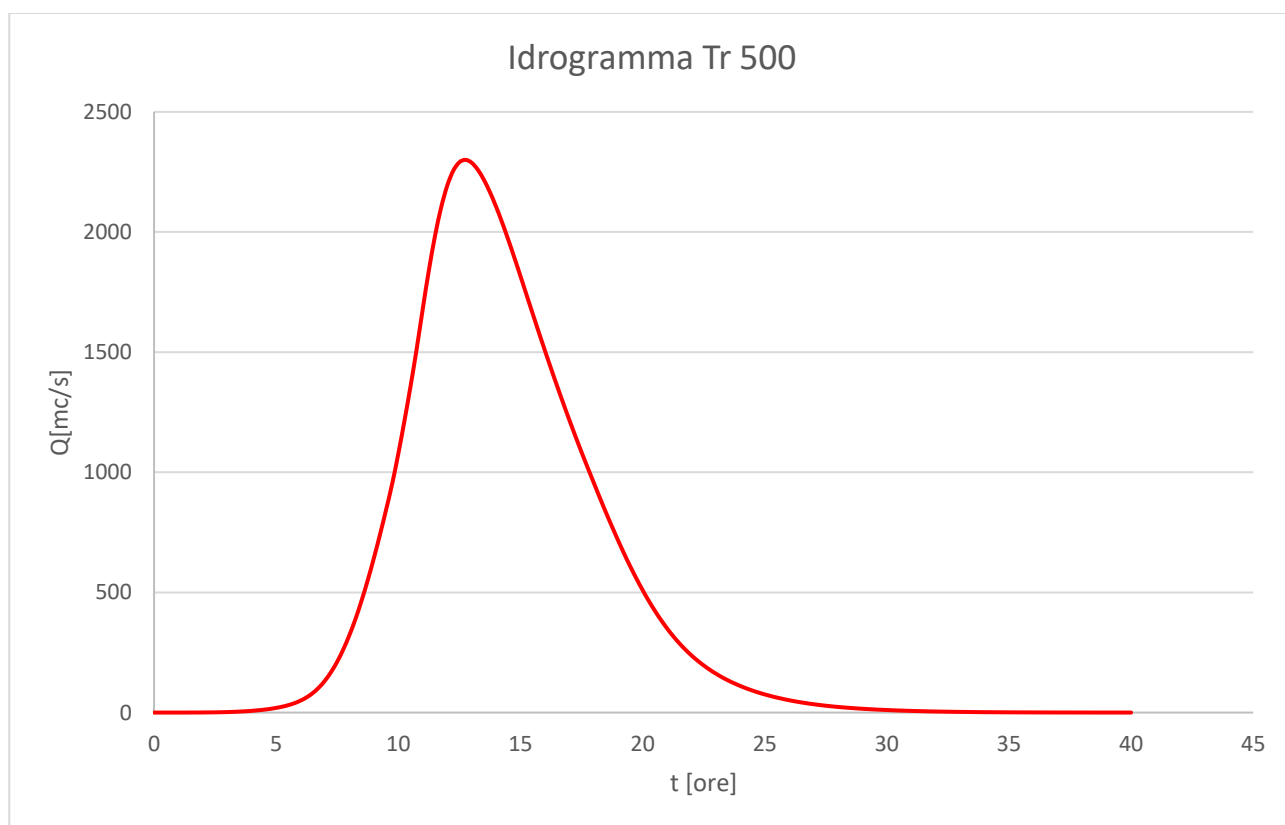


Figura 19 – idrogramma Tr 500 anni

5. Modellazione idraulica

Allo scopo di definire le aree potenzialmente allagabili allo stato di fatto per i tre tempi di ritorno $T_r = 100, 200$ e 500 anni e di dimensionare le opere di ripristino arginale è stato condotto uno studio idraulico di tipo bidimensionale per un tratto di studio lungo il Fiume Crati di circa 2.3 km.

Tutte le modellazioni idrauliche sono state condotte sulla base dei dati acquisiti da un rilievo proveniente da un modello digitale del terreno di grande dettaglio, con celle di 1m, ricostruito sulla base dei dati del rilievo acquisito dal MATTM nell'ambito del PSTA, il rilievo è stato integrato con acquisizioni da carta tecnica regionale e da sopralluoghi recentemente effettuati.

Dopo un breve cenno alla modellistica matematica utilizzata per le simulazioni si è passati alla descrizione della geometria del corso d'acqua ed infine all'interpretazione dei risultati ottenuti.

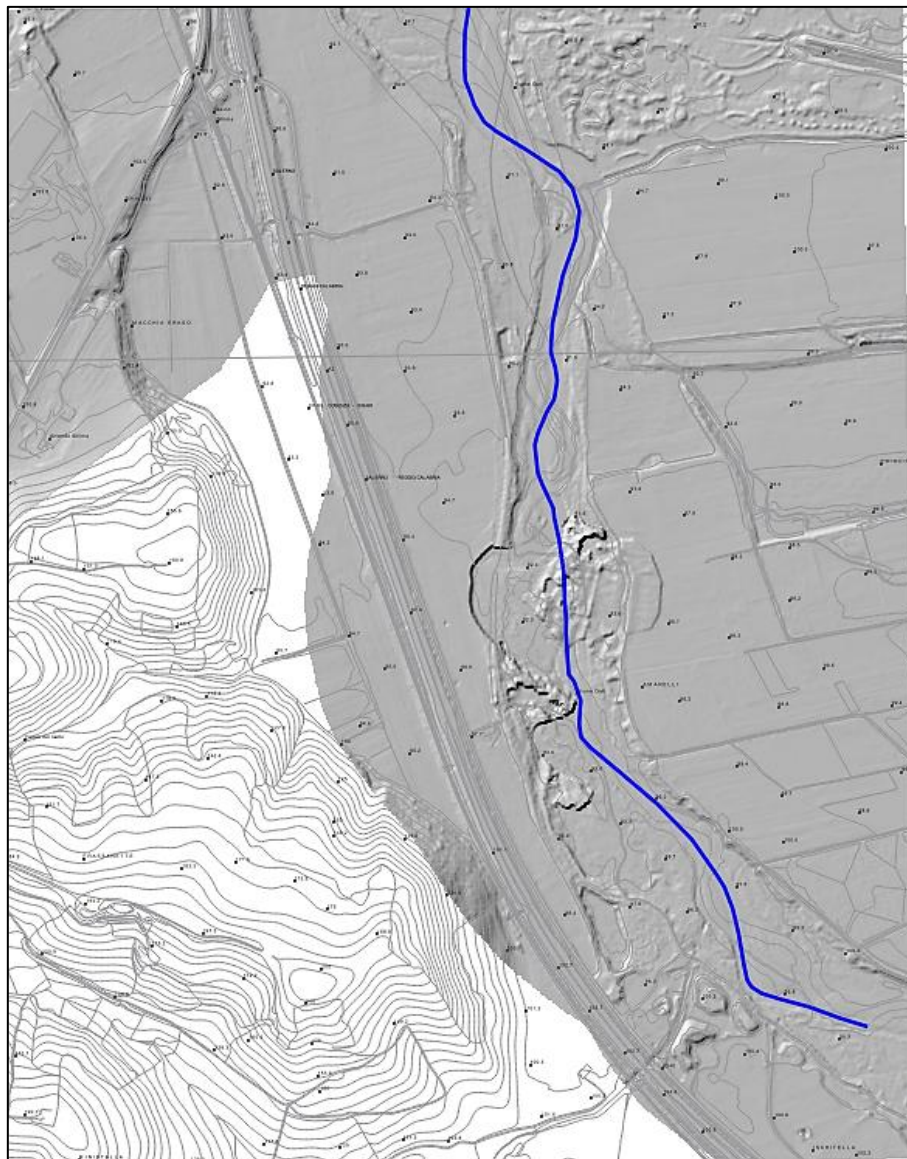


Figura 20 – inquadramento tratto di Crati oggetto di studio



5.1. Modello di calcolo – Hec Ras

Le nuove funzionalità di simulazione della propagazione dei deflussi in HEC - RAS sono state sviluppate per permettere all'utente di eseguire la modellazione solo 2D e 1D/2D combinata. L'algoritmo di modellazione del moto bidimensionale in HEC-RAS ha le seguenti caratteristiche:

1. modellazione combinata 1D e 2D: La possibilità di eseguire una modellazione combinata 1D e 2D all'in-terno dello stesso modello in regime di moto vario permette all'utente di lavorare su schemi fluviali più complessi, utilizzando la modellazione 1D per l'asta fluviale principale e la modellazione 2D nelle zone esterne che lo richiedono per modellare in modo fedele la propagazione dei deflussi;

2. equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D: Il programma risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda che quelle complete di Saint Venant. Questa opzione è selezionabile dall'utente, offrendo quindi una maggiore flessibilità all'utente. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda in 2D consentono al software di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono applicabili a una gamma più ampia di problemi, ma la grande maggioranza delle situazioni può essere modellata con sufficiente precisione con le equazioni di diffusione dell'onda 2D. Dal momento che l'utente può facilmente cambiare il set di equazioni, ognuna di esse può essere provata per un dato problema per verificare il metodo più adatto;

3. algoritmo implicito di soluzione ai volumi finiti: Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo implicito di soluzione consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti fornisce una misura dei miglioramenti in termini di stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi a elementi finiti. Il processo di allagamento di aree secche e di completo svuotamento di aree allagate viene simulato in maniera molto robusta con l'algoritmo di soluzione ai volumi finiti in HEC-RAS. Le aree a deflusso 2D possono iniziare completamente asciutte e gestire un improvviso afflusso di acqua nella zona. Inoltre, l'algoritmo può gestire regimi di corrente lenti, veloci e misti (la corrente passa attraverso l'altezza critica, come per esempio in un risalto idraulico);

4. algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D: Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente accoppiati nello stesso passo temporale di calcolo con un'opzione per iterare i trasferimenti di massa 1D e 2D in un passo temporale. Questo permette una perfetta coerenza a ogni



***Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico***

passo temporale tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzo è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra dell'argine o attraverso la breccia. In ogni passo temporale l'equazione di moto utilizza i risultati 1D e 2D per calcolare il flusso consentendo il calcolo preciso della sommersione delle aperture, in ogni passo temporale considerando la variazione di livelli che si ha nei due elementi. Inoltre, il deflusso si può invertire (dall'area 2D al tronco 1D) una volta che la piena è passata e i tiranti nel fiume si riducono.

5. maglie computazionali strutturate o non strutturate: Il software è stato progettato per utilizzare maglie computazionali non strutturate, ma può anche gestire maglie strutturate. Una maglia strutturata è trattata allo stesso modo di una maglia non strutturata, con la differenza che il software sfrutta le celle che sono ortogonali tra di loro (questo semplifica alcuni dei calcoli richiesti). Ciò significa che le celle calcolate possono essere triangoli, quadrati, rettangoli, o addirittura elementi a cinque e a sei facce (il modello è limitato agli elementi con più di otto lati). La maglia può essere un misto di celle di diverse forme e dimensioni. Il contorno esterno della maglia di calcolo è definito con un poligono. Le celle di calcolo che formano il limite esterno la maglia possono avere linee multi-point molto dettagliate che rappresentano le facce esterne di ciascuna cella. La maglia di calcolo non deve essere ortogonale ma se la maglia è ortogonale la discretizzazione numerica è semplificata e più efficiente;

6. tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo: Ogni cella e ogni faccia della cella per tutta la maglia di calcolo è pre-elaborata al fine di sviluppare dettagliate tabelle di proprietà idrauliche basate sul DTM utilizzato nel processo di modellazione,



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

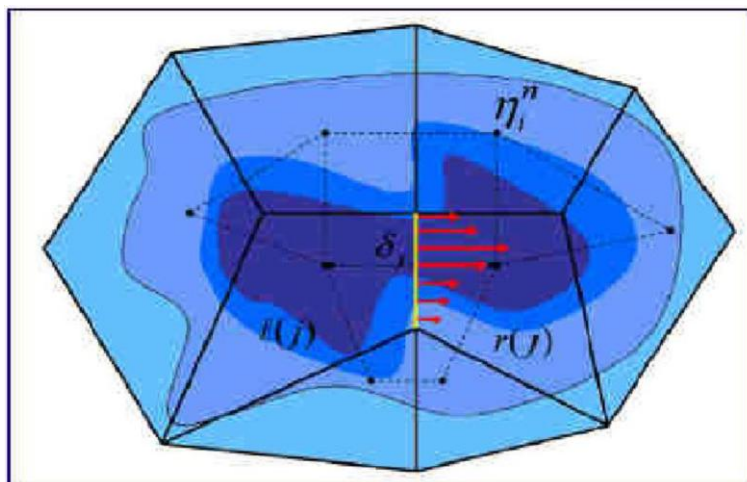


Figura 21 – Rete di calcolo non strutturata con i dati dettagliati del modello digitale del terreno

In figura è illustrato un esempio di maglia di calcolo sovrapposta ai dati del terreno. Le celle computazionali sono rappresentate dalle linee nere spesse. I centri di calcolo delle celle sono rappresentati dai nodi neri e sono i punti in cui viene calcolata per ogni cella il livello idrico e la portata. La curva altezza/volume per ogni cella si basa sui dati del terreno sottostante (DTM). Ogni faccia della cella è una se-zione trasversale dettagliata basata anch'essa sul terreno sottostante. Questo metodo di rappresentazione delle celle permette all'acqua di spostarsi tra le celle in base ai dati del terreno sottostante. Pertanto, un piccolo canale che attraversa le celle e le cui dimensioni sono molto più piccole della dimensione delle celle viene comunque rappresentato tramite la curva altezza/volume delle celle oltre che dalle proprietà idrauliche delle facce tra le celle. Ciò significa che l'acqua scorre tra le celle più grandi ma comunque il de-flusso è condizionato dalle caratteristiche del canale. L'esempio illustrato in figura, presenta canali che sono più piccoli della dimensione media della cella utilizzata per modellare la zona. Tuttavia, il deflusso avviene attraverso i piccoli canali in funzione delle proprietà idrauliche del canale. Il deflusso rimane nei canali fino a quando la portata non è tale da causare la tracimazione delle sponde e quindi il deflusso si riversa nelle aree adiacenti.

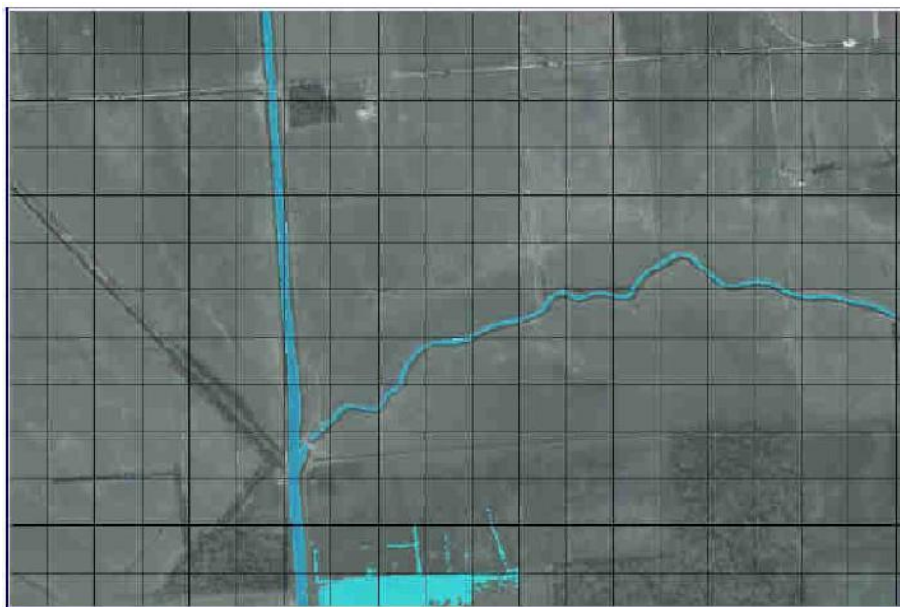


Figura 22 – Esempio che mostra i vantaggi di utilizzare un approccio basato sulla variabilità del DTM all'interno della cella.

7. Dettagliata mappatura dello scenario degli allagamenti con animazioni: La perimetrazione delle aree allagabili così come le animazioni dello scenario degli allagamenti in funzione del tempo può essere fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità del RAS - Mapper. La mappatura delle aree 2D allagate si basa sul DTM ciò significa che, la reale superficie bagnata, sarà basata sui dettagli della morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo. Le celle quindi possono anche essere parzialmente bagnate/asciutte. La mappatura rifletterà questi dettagli, piuttosto che essere limitata a mostrare una cella di calcolo come tutta bagnata o tutta asciutta;

8. Algoritmo di calcolo basato su sistemi Multi-Processore: Il modello di calcolo 2D è stato programmato per sfruttare i sistemi multi-processore dei nuovi computer (architettura parallela), consentendo di eseguire la modellazione 2D più velocemente rispetto ai computer a singolo processore.

9. Motori di calcolo a 64 e 32 bit: HEC-RAS è ora dotato di motori di calcolo sia a 64 bit che a 32 bit. Il software utilizzerà automaticamente i motori di calcolo a 64 bit se si installa su un sistema operativo a 64 bit. Il motore di calcolo a 64 bit funziona più velocemente rispetto ad uno a 32 bit e può gestire set di dati molto più grandi.

5.1.1. Sviluppo del 2D Computational Mesh

La modellazione 2D in HEC-RAS utilizza uno schema di soluzione ai volumi finiti. Questo algoritmo è stato sviluppato per consentire l'uso di una maglia di calcolo sia strutturata che non strutturata. Ciò significa che la maglia di calcolo può essere una miscela di celle con 3, 4, 5 e 6 lati.



***Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico***

L'utente può comunque selezionare una risoluzione da utilizzare per scomporre il dominio di calcolo in celle utilizzando gli strumenti automatici presenti all'interno. La maglia di calcolo 2D è sviluppata in HEC- RAS effettuando le seguenti operazioni:

- tracciare il poligono di contorno dell'area 2D;
- creazione della maglia di calcolo 2D;
- modifica/rettifica della maglia di calcolo 2D;
- caricamento del DTM;
- associazione del DTM con la geometria;
- esecuzione del pre-processore geometrico 2D.



5.2. Geometria del modello e condizione al contorno

In questo paragrafo verranno descritte nel dettaglio le metodologie che hanno consentito l'implementazione del modello idraulico bidimensionale dell'area di intervento per i tre scenari precedentemente descritti.

La costruzione di ogni geometria prevede la creazione dell'elemento Terrain a partire dal dtm. Tale elemento consente, durante la risoluzione delle equazioni di De Saint Venant, di acquisire le informazioni di quota e la direzione di deflusso. Il passo successivo è la costruzione della mesh di calcolo e dei computation point con una dimensione di cella definita dall'utente. Sulla base della conformazione del terrain e degli elementi presenti si può infittire la mesh di calcolo in zone che richiedono una maggiore precisione di calcolo tramite elementi lineare (breakline) o poligonali (refinement region). Per entrambe si può definire la risoluzione della cella in corrispondenza dell'elemento e fino ad una certa distanza di offset. Nel caso in esame il dominio di calcolo è stato esteso sul F. Crati per una lunghezza di circa 2.3 km con una mesh avente celle di dimensione 10x10 m mentre in corrispondenza dell'asta tale mesh è stata infittita con celle di dimensione 5x5 mq al fine di meglio caratterizzare i deflussi in alveo.

Le breakline sono state inserite anche per andare a dettagliare la mesh di calcolo in corrispondenza delle teste arginali.

Il Terrain è stato creato sulla base del lidar 1x1 fornito dal Ministero dell'Ambiente integrato ed adeguato sulla base di un volo drone di dettaglio sulla zona soggetta ad erosione.



Figura 23 – Adeguamento lidar con volo drone nella zona erosa

L'adeguamento è stato condotto mediante l'utilizzo del modulo lidar del software Global Mapper. Il software consente di creare una nuvola di punti a partire da un volo drone e creare, quindi, un modello digitale del terreno depurato dalla vegetazione, strutture presenti o qualsiasi elemento

***Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico***

presente che non rappresenti la superficie del terreno.



Figura 24 – Creazione nuovola di punti da volo drone

In merito alla definizione delle scabrezze, allo stato di fatto si registrano su alcune zone golenali una fitta vegetazione che porta a definire per la parte d'alveo inciso un valore di Manning pari a $n=0.04 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ e per le aree esterne a quest'ultimo un valore di $n=0.05 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Nel modello idraulico 2d è stato assegnato, su tutta la maglia di calcolo il valore massimo riscontrato, ovvero, $n=0.05 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

In merito alle condizioni al contorno di valle e di monte, sono state assegnate rispettivamente: una condizione di moto uniforme con un valore della pendenza pari a 0.001, mentre a monte, gli idrogrammi calcolati nell'ambito dello studio idrologico per i tre tempi di ritorno $T_r=100, 200$ e 500 anni.



*Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico*

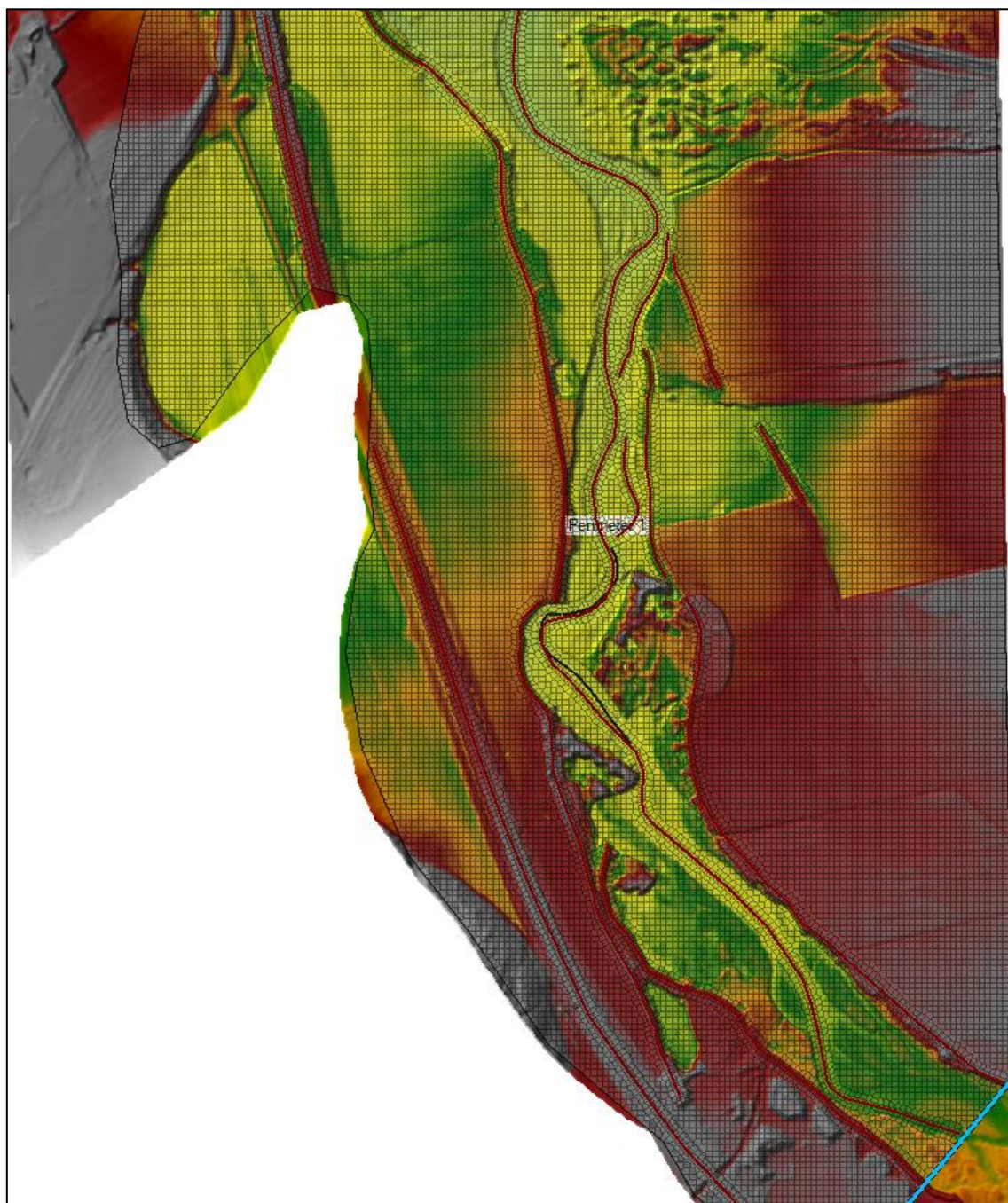


Figura 25 – Geometria modello idraulico bidimensionale



5.3. Scenari simulati

Gli scenari simulati fanno riferimento a due geometrie, ovvero, stato attuale e stato di progetto.

Come accennato nei precedenti paragrafi lo stato attuale è caratterizzato dalla presenza della sponda erosa che è oggetto del presente studio, mentre, lo stato di progetto è caratterizzato da una geometria che prevede l'inserimento delle nuove opere di ripristino della savanella e del corpo arginale eroso.

Di seguito si riportano i due scenari descritti nel dettaglio in termini di geometrie e risultati.

5.3.1. Scenario Stato Attuale

Per lo stato attuale dei luoghi è stato predisposto un modello idraulico bidimensionale che prevede l'implementazione di un Terrain integrato con la zona soggetta ad erosione. Inoltre, sono stati definite tre verifiche per ciascun tempo di ritorno. Di seguito si riportano i risultati ottenuti in termini di aree potenzialmente allagabili.



*Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico*

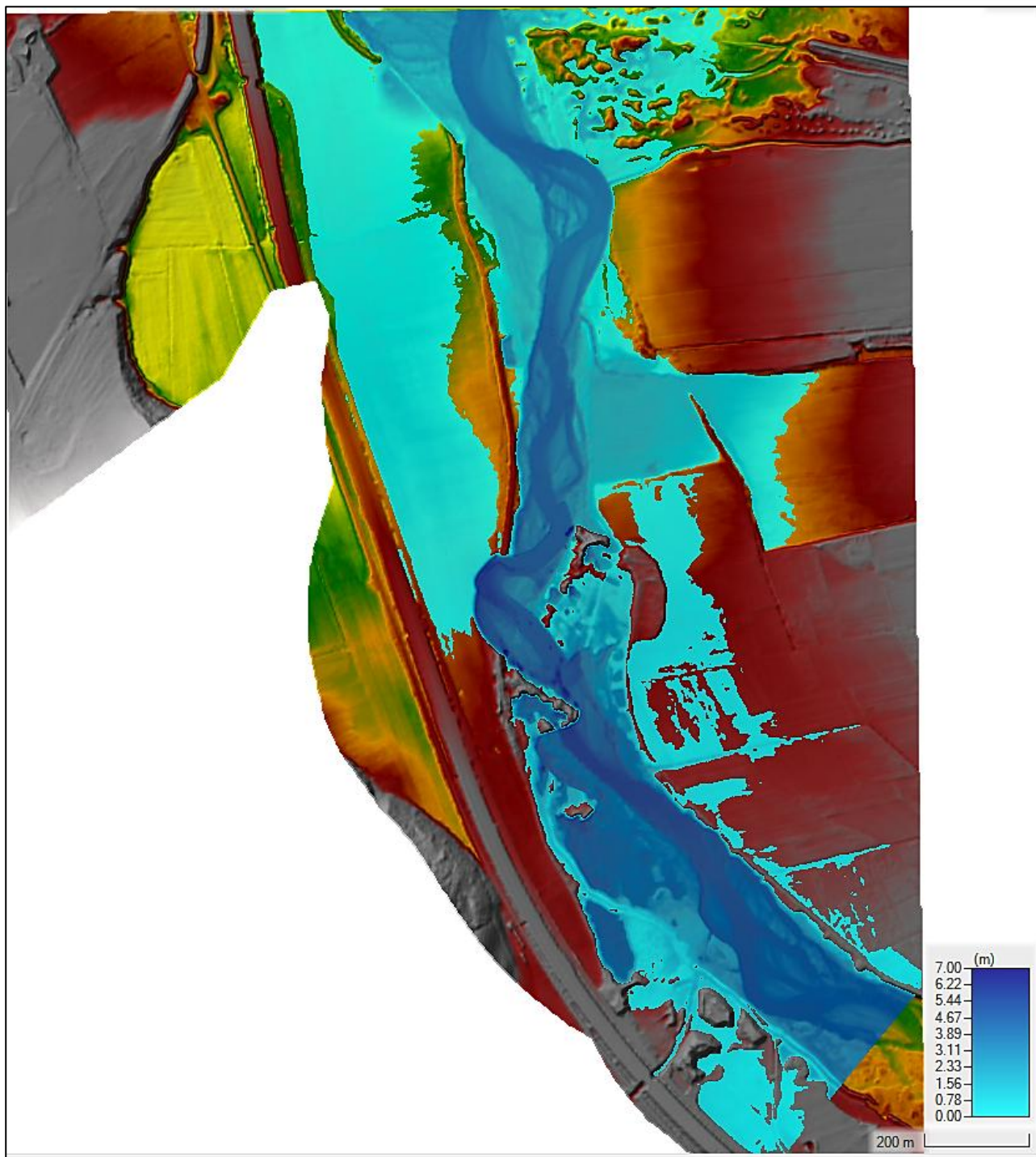


Figura 26 – Risultato Stato Attuale Tr 200 anni - Battenti



*Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico*

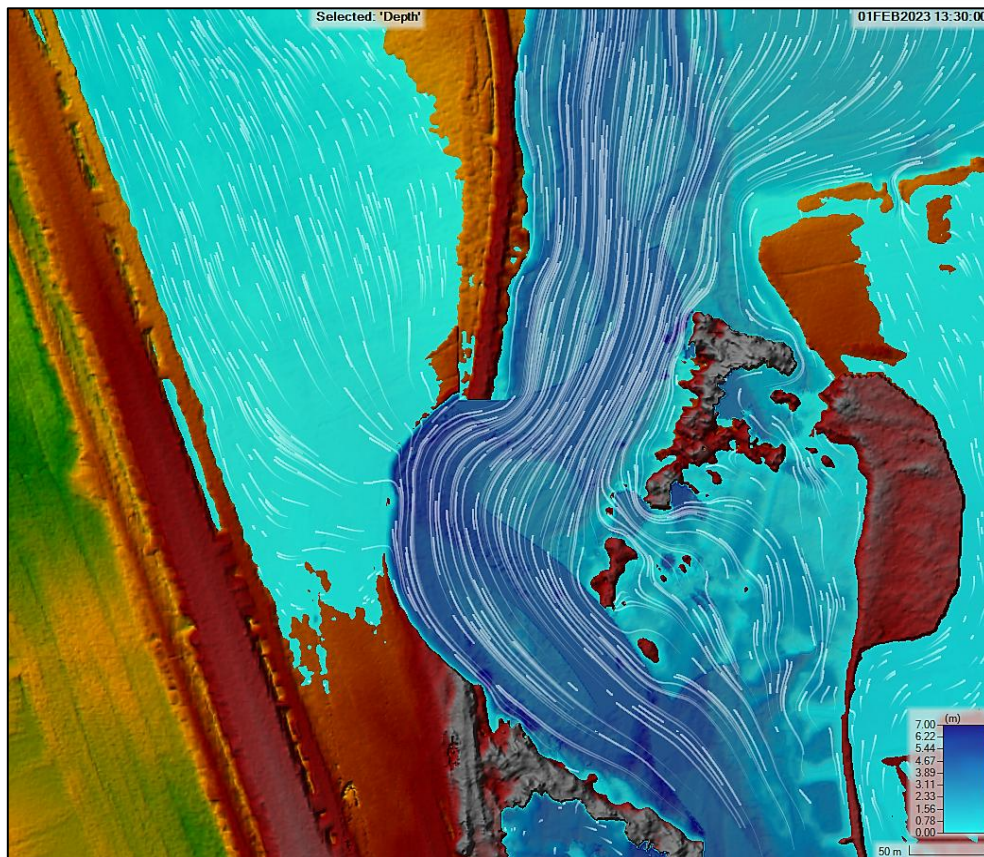
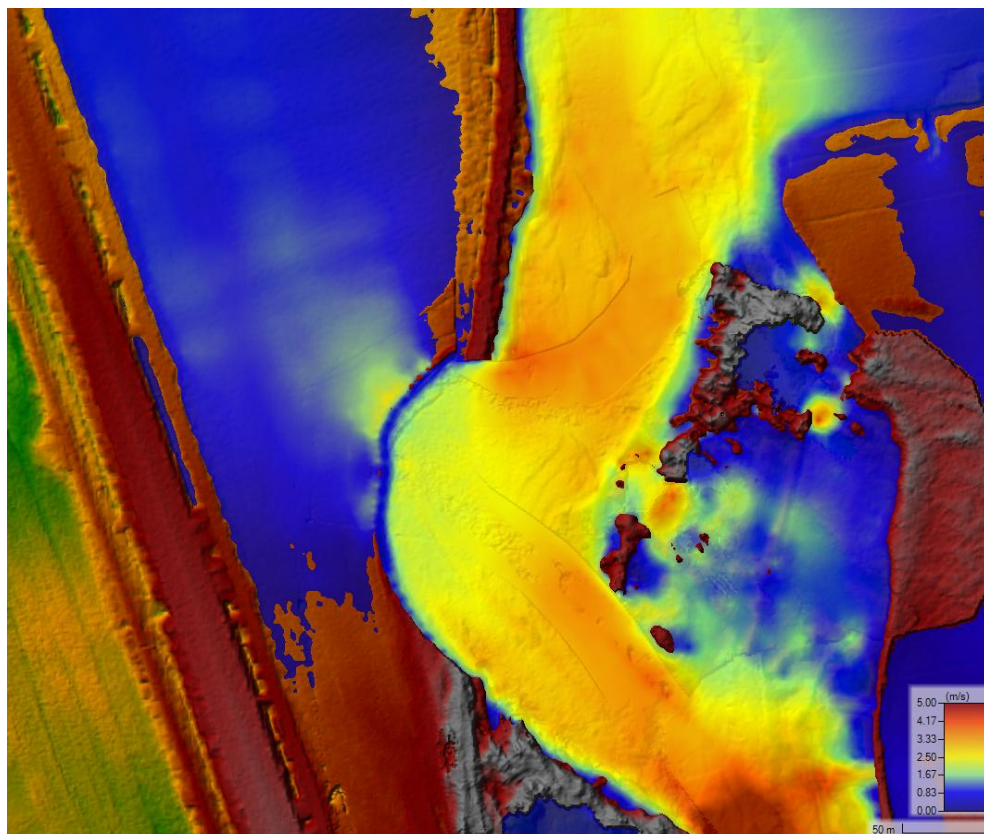


Figura 27 – Dettaglio Risultato Tr200 – area erosa – battenti





**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

Figura 28 – Dettaglio Risultato Tr200 – area erosa – battenti

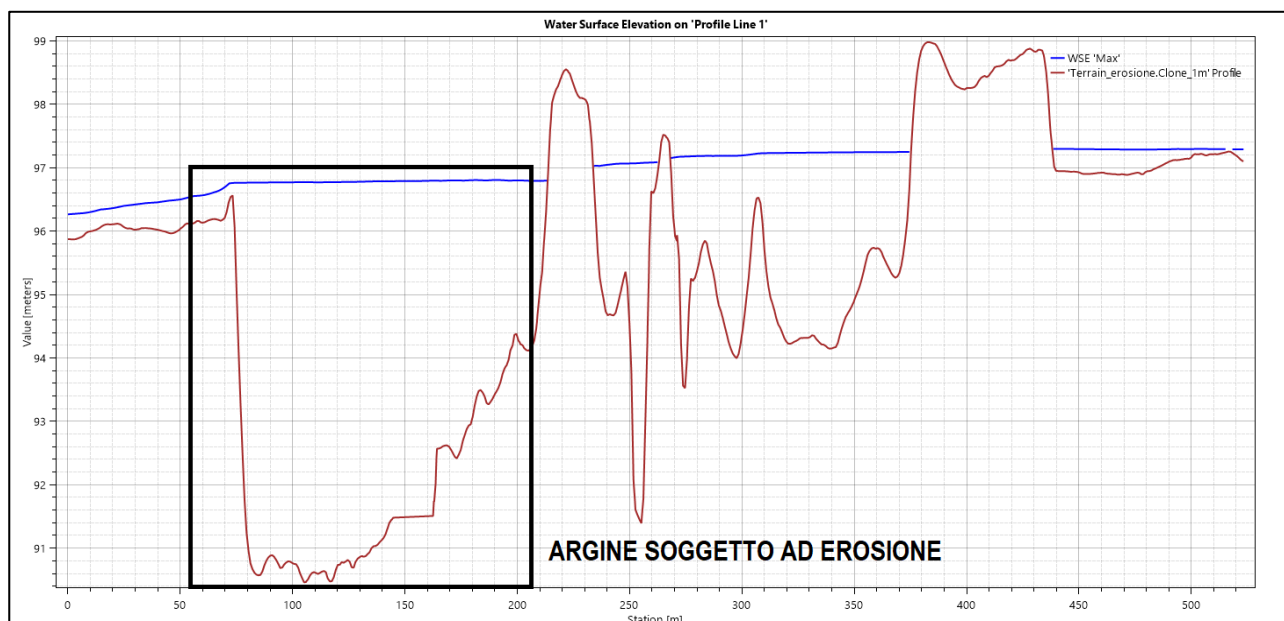


Figura 29 – Sezione zona erosa – Risultati Tr200

Dai risultati emerge come l'erosione del corpo arginale abbia portato alla formazione di un punto di esondazione, esondazione che va ad interessare il rilevato dell'Autostrada A2 del mediterraneo. Da un punto di vista delle velocità, in corrispondenza della sponda erosa di registrano valori medi di circa 2.5 – 3 m/s, valori che, vista la natura del materiale solido di tipo alluvionale, comporterebbe un ulteriore incremento dell'area di erosione andando ad interessare dapprima la rete SNAM e con il tempo il rilevato autostradale.

Di seguito si riportano le mappe di allagamento per i due tempi di ritorno $Tr=100$ e 500 anni.



*Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico*

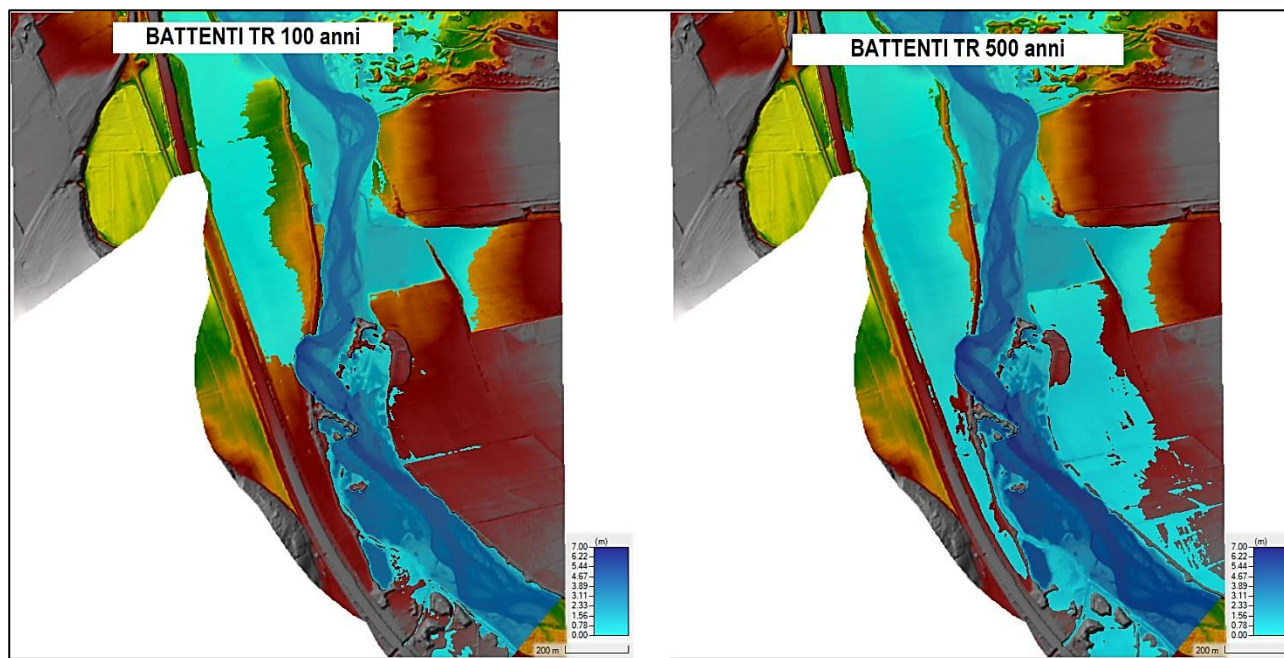


Figura 30 – Risultati Stato Attuale Tr 100 e Tr 500 anni - Battenti

5.3.1. Scenario Stato di Progetto – ripristino corpo arginale

Per lo stato di progetto è stato predisposto un modello idraulico bidimensionale che prevede l'implementazione di un Terrain integrato con il corpo arginale di progetto e la nuova sezione d'alveo. Inoltre, sono state definite tre verifiche per ciascun tempo di ritorno. Il dimensionamento delle opere di ripristino del corpo arginale e della parte d'alveo inciso (savanella) e delle aree golenali, è stato condotto al fine di garantire in primo luogo la piena efficienza idraulica del tratto d'alveo oggetto di intervento garantendo, quindi, il contenimento dei deflussi di piena duecentennale e, in secondo luogo, per garantire la resistenza ai fenomeni di erosione che si sono registrati allo stato attuale.



*Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico*

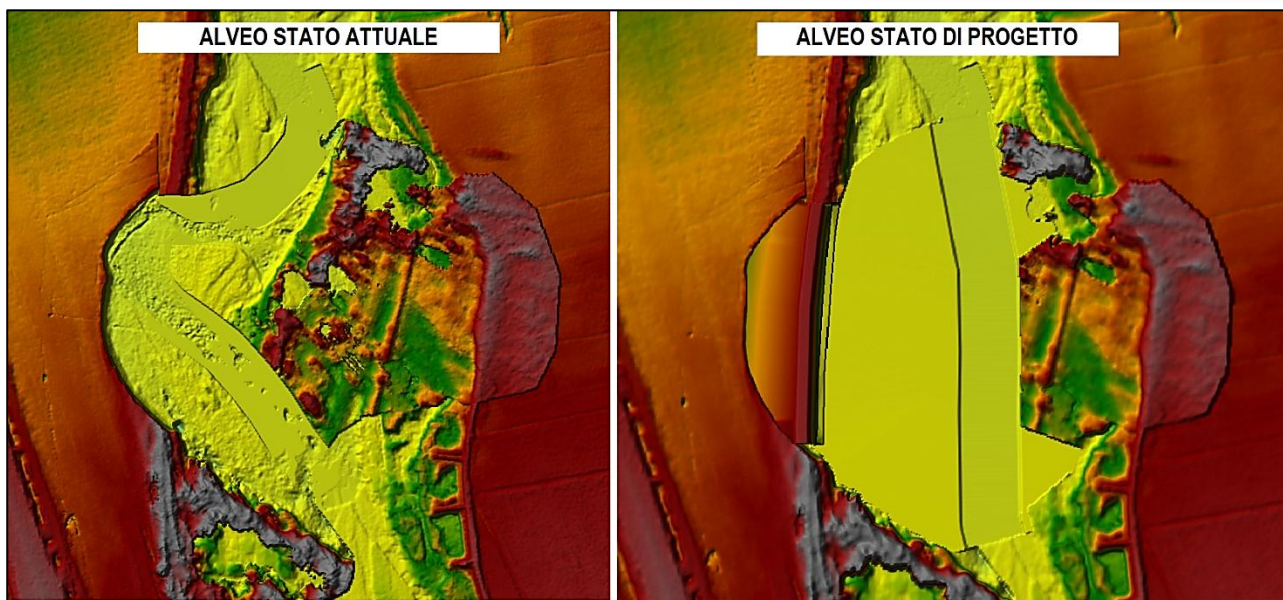


Figura 32 – Confronto alveo Stato Attuale – Stato di Progetto

Di seguito si riportano i risultati ottenuti in termini di aree potenzialmente allagabili.



*Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico*

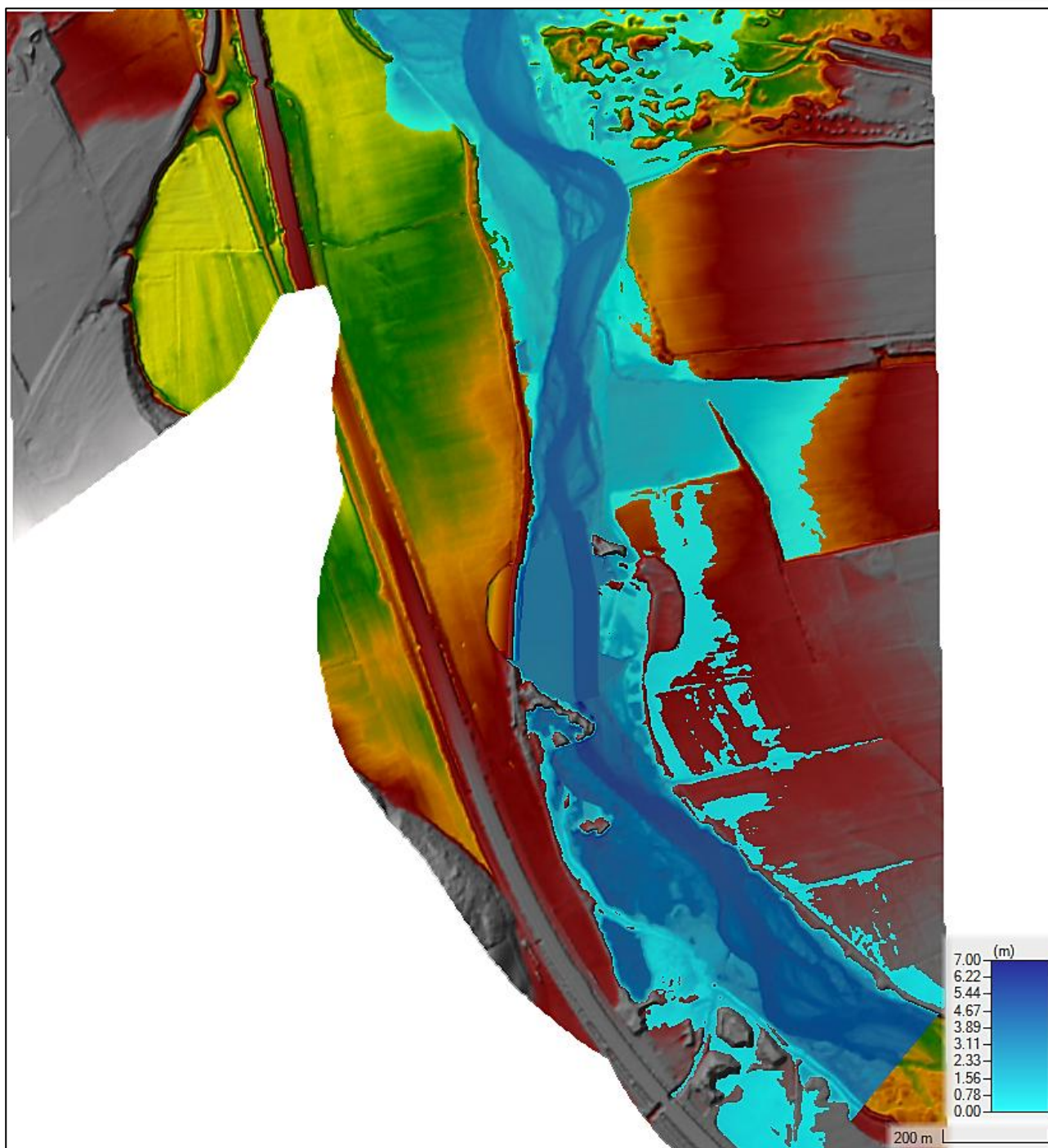


Figura 33 – Risultato Stato di Progetto Tr 200 anni - Battenti



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

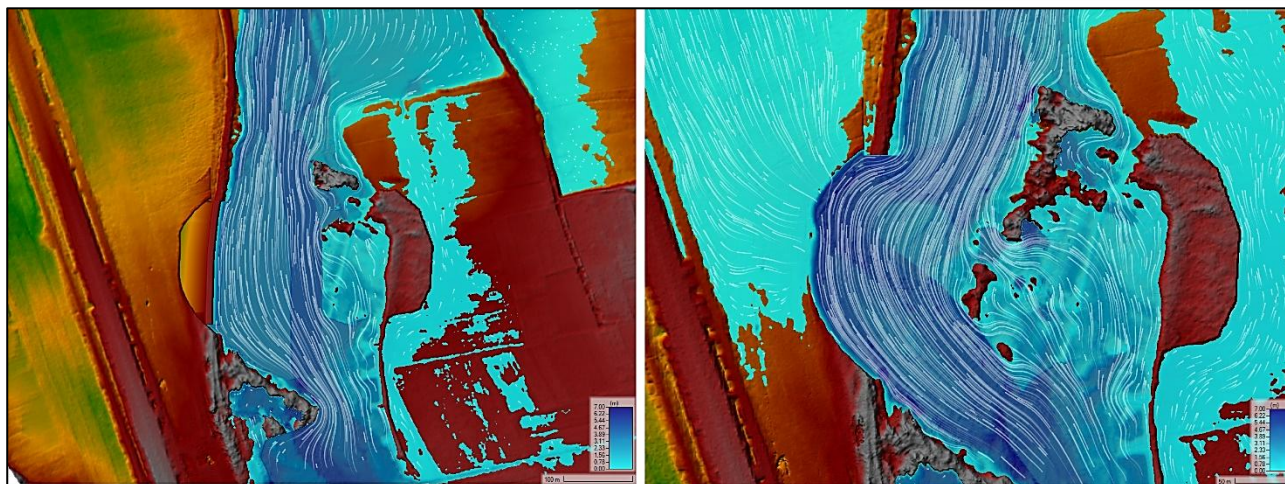


Figura 34 – Dettaglio zona intervento – Confronto Stato Attuale – Stato di Progetto – Tr200 battenti

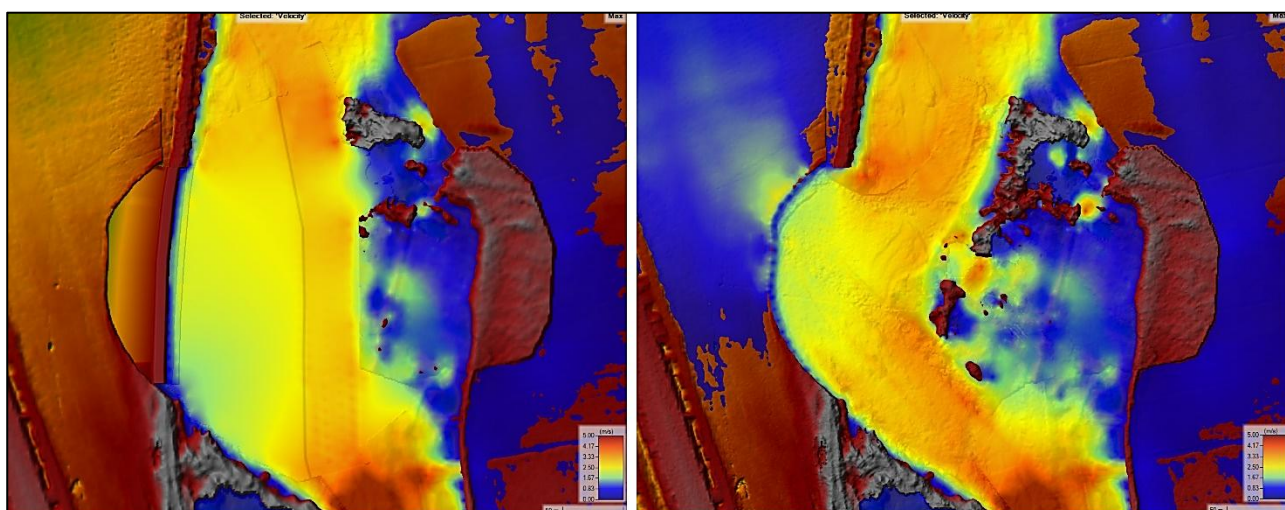


Figura 35 – Dettaglio zona intervento – Confronto Stato Attuale – Stato di Progetto – Tr200 velocità

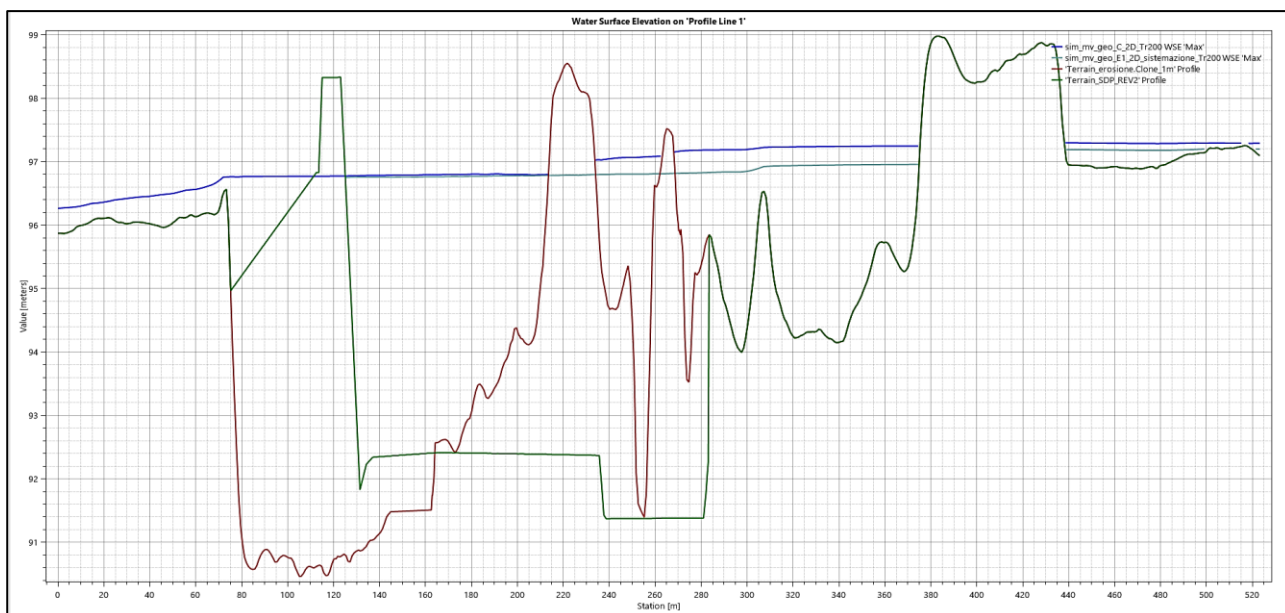


Figura 36 – Sezione area erosa – confronto Stato Attuale – Stato di progetto Tr 200

In termini di velocità si registrano, in corrispondenza del copro arginale di progetto, dei valori



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

medi compresi tra 2.0 e 2.5 m/s, ovvero, si registra una riduzione delle velocità di circa 0.5 m/s.

Di seguito si riportano i risultati per Tr 100 e Tr 500 anni.

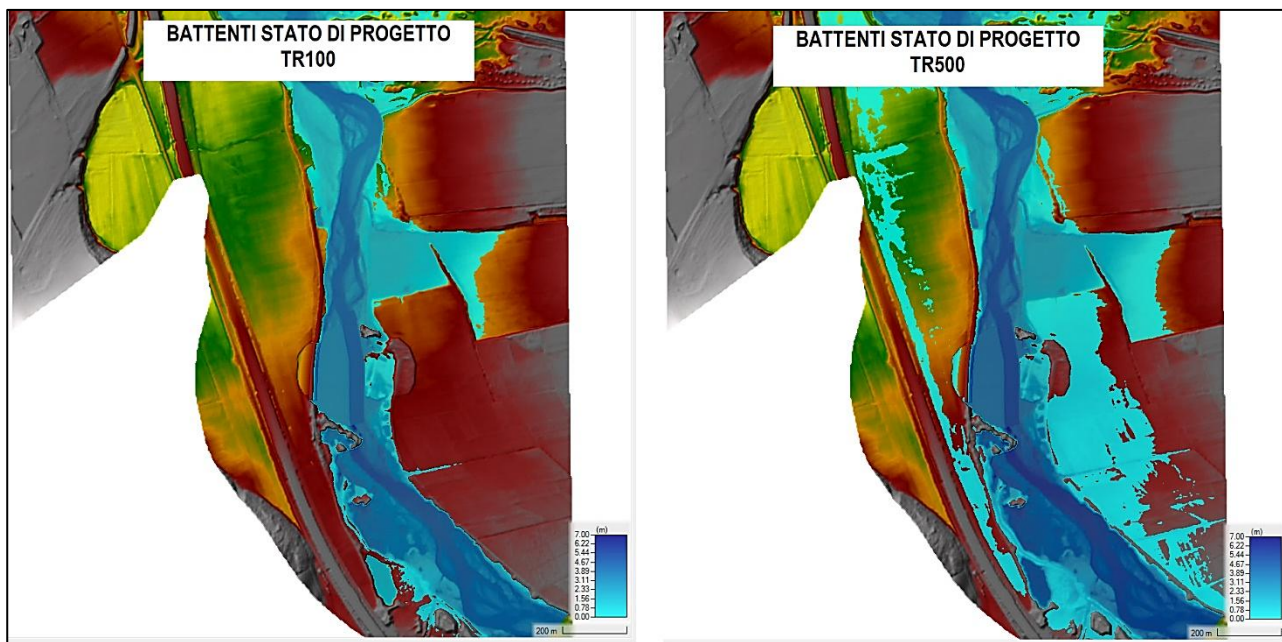


Figura 37 – Risultati Stato di Progetto Tr 100 e Tr 500 anni - Battenti



5.4. Verifica rivestimento spondale

La verifica consiste, in funzione: a) categoria dei massi, b) diametro medio d_{50} dei massi, 3) spessore del rivestimento, 4) inclinazione della sponda; nel verificare la resistenza al trascinamento della corrente in funzione del tirante e dei valori di velocità.

Il tipo di rivestimento adottato, fornisce resistenza al trascinamento grazie al proprio peso specifica scomposto secondo le due componenti x e y che dipendono dall'inclinazione della sponda. Minore la pendenza della sponda, maggiore sarà la sua componente resistente. L'azione di trascinamento della corrente è stata caratterizzata analizzando i risultati del modello idraulico bidimensionale per $T_r = 200$ anni. Dal modello si rileva una velocità massima agente sulla sponda di 3.2 m/s. Di seguito si riporta la verifica condotta.

- **Forza di trascinamento**

La forza esercitata dal flusso su un singolo masso può essere espressa dalla formula:

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho A V^2$$

dove:

- C_d è il coefficiente di trascinamento (tipicamente intorno a 1.0–1.2 per massi non compattati e forme irregolari),
- ρ è la densità dell'acqua (circa 1000 kg/m³),
- A è l'area frontale esposta del masso (da stimare in funzione della forma e della disposizione),
- V è la velocità del flusso (3.2 m/s).

$$F_d = 0.5 \times 1.0 \times 1000 \times 0.503 \times 10.24 \approx 0.5 \times 1000 \times 5.15 \approx 2574 \text{ N}$$

- **Forza resistente del rivestimento**

Peso totale in aria (W)

- **Volume del masso**

$$V_m = \frac{\pi}{6} d^3 = \frac{\pi}{6} (0.80)^3 \approx \frac{\pi}{6} (0.512) \approx 0.268 \text{ m}^3$$

- **Area frontale esposta al flusso**

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} (0.80)^2 \approx \frac{\pi}{4} (0.64) \approx 0.503 \text{ m}^2$$

- **Peso del masso**

$$W = \rho_s g V_m = 2650 \times 9.81 \times 0.268 \approx 6968 \text{ N}$$



**Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica
del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza del T.Finita
nel Comune di Lattarico**

Peso effettivo (submerso)

Per il confronto con la forza di trascinamento, si usa il peso effettivo (buoyancy corretta), ovvero:

$$W_{\text{eff}} = (\rho_s - \rho) g V_m = (2650 - 1000) \times 9.81 \times 0.268$$

$$W_{\text{eff}} = 1650 \times 9.81 \times 0.268 \approx 4338 \text{ N}$$

• **Verifica: Confronto tra Forza Trascinante e Forza Peso:**

Si verifica che il rapporto F_d/WF sia inferiore a 1 ma tipicamente si cerca di avere un margine di sicurezza tale da considerare l'azione combinata di eventi di piena e condizioni di regime. Tale verifica può essere espressa in generale come:

$$\frac{F_d}{W} \leq (\text{valore critico})$$

Di seguito si riporta il riepilogo della verifica condotta.

- **Volume del masso:** $V_m \approx 0.268 \text{ m}^3$.
- **Area frontale:** $A \approx 0.503 \text{ m}^2$.
- **Forza di trascinamento:** $F_d \approx 2574 \text{ N}$.
- **Peso totale del masso:** $W \approx 6968 \text{ N}$.
- **Peso effettivo (submerso):** $W_{\text{eff}} \approx 4338 \text{ N}$.
- **Rapporto F_d/W_{eff}** = 0.59

Sulla base del confronto tra forza di trascinamento (instabilizzante) e forza peso del masso (stabilizzante) con un valore di $0.59 < 1$ la verifica è ampiamente soddisfatta.



6. Conclusioni

Il presente studio idrologico e idraulica riguardante un tratto del Fiume Crati ricadente nel comune di Lattarico, è stato condotto a corredo del Progetto Esecutivo per i “*Lavori di manutenzione per il ripristino della officiosità idraulica del Fiume Crati nel tratto situato a circa 1.5 km a Monte della Confluenza T.Finita nel Comune di Lattarico*”.

Lo studio ha riguardato le seguenti attività:

1. Ricostruzione dello stato di fatto,
2. Delimitazione e caratterizzazione del bacino idrografico sotteso in corrispondenza dell'area di intervento,
3. Caratterizzazione pluviometrica
4. Implementazione modello idrologico e calcolo degli idrogrammi di progetto,
5. Modellazione idraulica bidimensionale dello stato di fatto
6. Dimensionamento e verifica delle opere di progetto mediante modello idraulico bidimensionale.

Le verifiche idrauliche sono state condotte per i tre tempi di ritorno $Tr=100, 200$ e 500 anni e hanno permesso di definire le opere di ripristino dell'officiosità idraulica del tratto di Crati oggetto di intervento.

In base a quanto appena descritto, il dimensionamento del nuovo corpo arginale e rispettiva protezione spondale con massi da scogliera di I Categoria e la riprofilatura della sezione d'alveo, i risultati delle modellazioni idrauliche e della resistenza al trascinamento del rivestimento spondale, hanno portato a definire il pieno ripristino dell'officiosità idraulica del tratto oggetto di studio garantendo, oltre la protezione da eventuali fenomeni erosivi, il contenimento dei deflussi di piena duecentennale evitando fenomeni di cedimento arginale e di allagamento che potrebbero interessare il rilevato autostradale.