

Comune di Messina



**Università degli Studi di Messina
Dipartimento di Ingegneria Civile**

ACCORDO DI PROGRAMMA TRA
COMUNE DI MESSINA - STAFF PROTEZIONE CIVILE
E
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA - DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE

**Valutazione della pericolosità idraulica dei
torrenti: Galati, Mili, Larderia, Zafferia, San
Filippo, Cumia-Bordonaro, Bisconte-Catarratti e
Papardo nel territorio comunale di Messina**

ALLEGATO 4
(BACINO DEL TORRENTE ZAFFERIA)

REDAZIONE

Prof. Ing. Giuseppe Tito ARONICA

COLLABORATORI:

Dott. Ing. Brunella Bonaccorso per gli studi idrologici

Dott. Ing. Giusina Brigandì per gli studi idrologici

Dott. Ing. Susanna Naso per gli studi idraulici

Il Responsabile Scientifico
Prof. Ing. Giuseppe Tito ARONICA

Il Direttore del Dipartimento
Prof. Ing. Antonino D'ANDREA

1

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

DESCRIZIONE E FINALITÀ DELLA RICERCA

Il bacino del torrente Zafferia si sviluppa nella parte centro-meridionale del territorio comunale di Messina, tra il bacino del Torrente Larderia (a sud) ed il bacino del Torrente San Filippo (a nord) (Figura 1). Il torrente nasce dall'unione di due piccole fiumare, il Bonaccino ed il Monalla che attraversano rispettivamente le Contrade Fornace, Pietrazze e Chiesa Vecchia e la Contrada Monalla, per poi confluire nel torrente Zafferia proprio a valle del villaggio omonimo. Il torrente prosegue quindi verso valle costeggiando in sinistra idraulica il villaggio Santa Lucia, per poi sfociare a sud della località Tremestrieri. In Figura 2 sono evidenziati i principali insediamenti abitativi interessati dal torrente Zafferia.

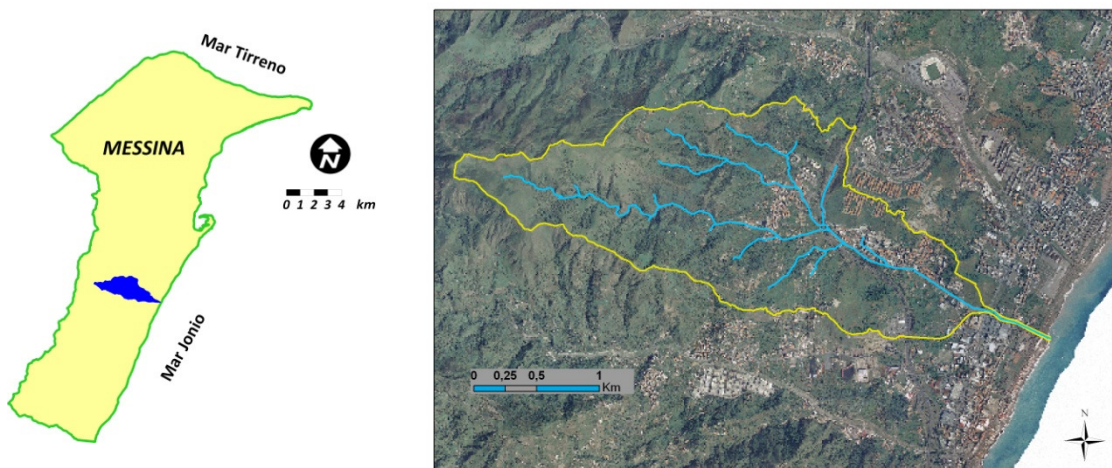


Figura 1 – Provincia di Messina e localizzazione del bacino del torrente Zafferia

Il bacino del torrente si estende per una superficie di 4.3 Km². La lunghezza dell'asta principale del bacino è pari a circa 5.4 Km, con una pendenza media del 13 %. La pendenza media e altitudine media del bacino risultano pari rispettivamente al 47 % e a 273.13 m s.m.m.

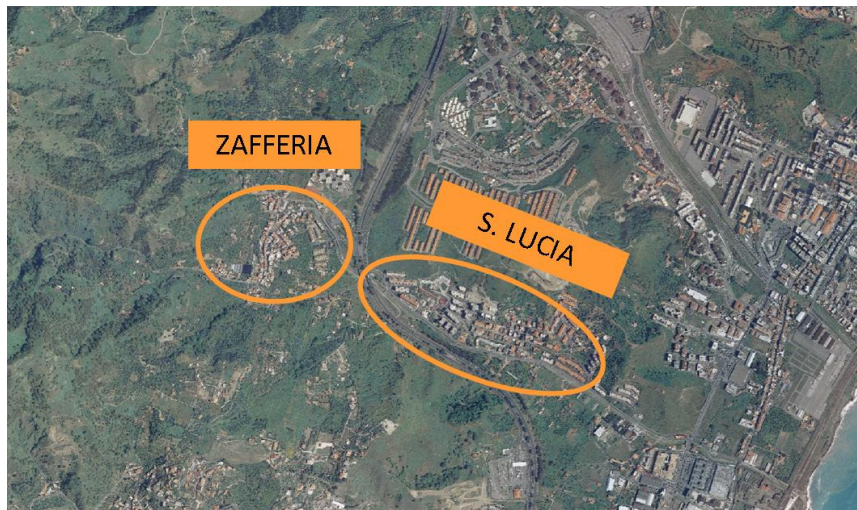


Figura 2 - Torrente Zafferia con localizzazione degli abitati di Zafferia e Santa Lucia

Per la caratterizzazione altimetrica e topografica del bacino è stato utilizzato il Modello Digitale del Terreno ATA0708 con risoluzione orizzontale di 2 metri realizzato per l'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente della Regione Sicilia e messo a disposizione dall'Amministrazione Comunale (Figure 3 e 4).

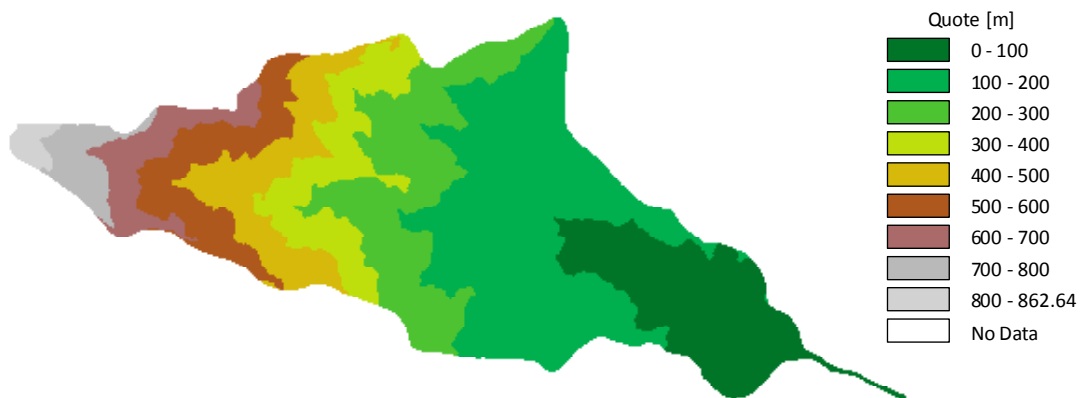


Figura 3 – Modello digitale del terreno per il bacino del torrente Zafferia (2 m ris.).

CRITICITÀ IDRAULICHE

I due torrenti che danno origine al Torrente Zafferia, attraversano il villaggio omonimo incrociando alcune delle vie che confluiscono nella strada principale.

L'assenza totale o parziale di argini, fa sì che in alcuni tratti il greto ed i sentieri attigui vengano utilizzati abitualmente dagli abitanti del luogo come vie d'accesso alle abitazioni confinanti con il greto (Figura 5). Non è, dunque, insolito osservare macchine parcheggiate lungo l'alveo dei torrenti, con grave pericolo per l'incolumità delle persone in occasione degli

eventi di piena conseguenti alle piogge torrenziali che si abbattano con una certa frequenza in queste zone in autunno ed in inverno.

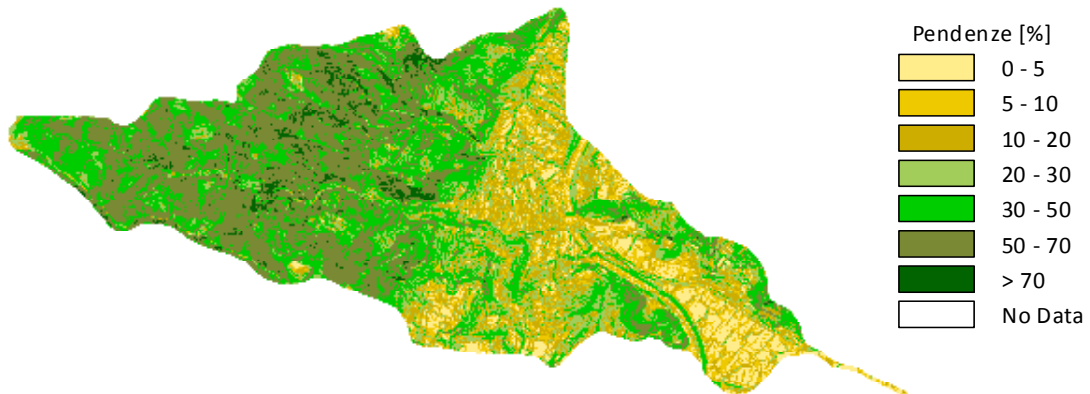


Figura 4 – Mappa delle pendenze del bacino del torrente Zafferria.

In alcuni casi la strada-torrente rappresenta l'unico modo per attraversare il paese, in particolar modo per mezzi pesanti, quali ambulanze e furgoni, che non riuscirebbero a passare attraverso le strette vie cittadine.

Nel tratto attraversato dal Torrente Bonaccino, lungo il quale insistono decine di abitazioni e dove l'unica via di accesso è la strada arginale, il torrente è anche interessato dalla presenza di una fitta vegetazione che compromette seriamente il deflusso delle acque meteoriche.



Figura 5 - Strada interna all'alveo del torrente in Contrada Monalla

Sulla strada che conduce alla località Fornace si mette in evidenza l'attraversamento a guado sul torrente Zafferria (Figura 6). Più a valle il corso d'acqua è arginato ma all'interno esiste una strada che conduce ad alcuni edifici che si affacciano sul torrente (Figura 7).



Figura 6 - Attraversamento a guado in Contrada Fornace

Procedendo ulteriormente verso valle, si osserva come le condizioni di deflusso in alveo siano peggiorate, a causa, oltre che dalla presenza di depositi alluvionali, anche della grande quantità di rifiuti, anche pericolosi, scaricati dai cittadini del luogo (Figura 8).



Figura 7 - Tratto con tombatura e strada di accesso al greto in località Zafferria



Figura 8 – Depositi di materiale detritico e rifiuti lungo il torrente Zafferia

2

RISULTATI

SOTTOBACINI ANALIZZATI

Con riferimento al Torrente Zafferia sono state scelte per il calcolo degli idrogrammi di piena due sezioni critiche: una sezione immediatamente a valle del villaggio Zafferia, dove confluiscono il torrente Bonaccino ed il torrente Monalla e la sezione di chiusura alla foce (Figura 9).

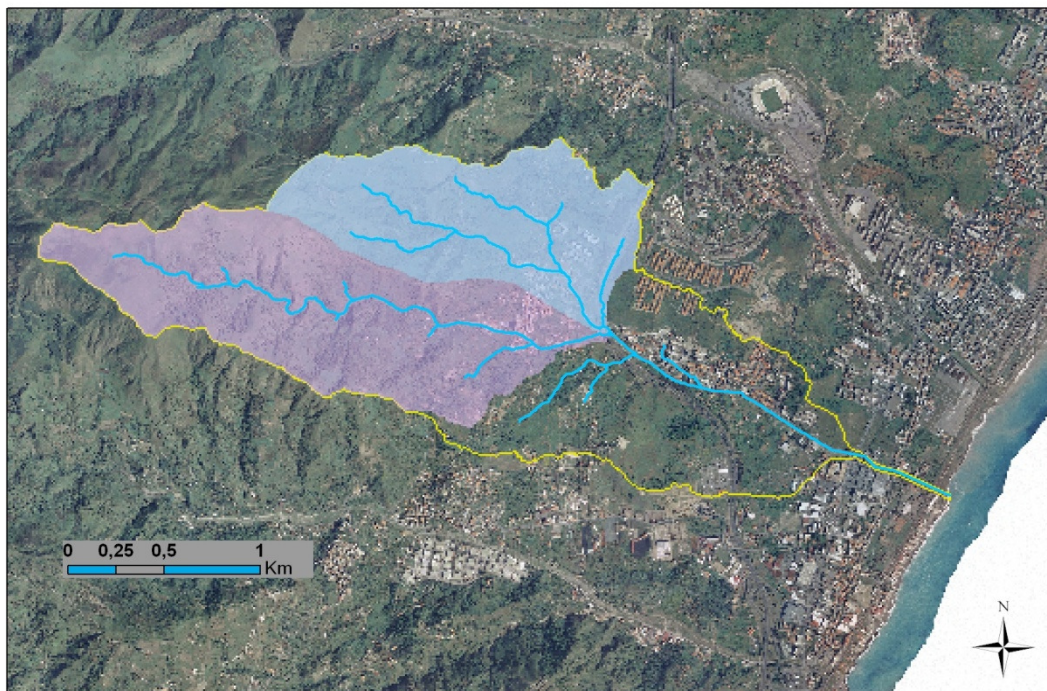


Figura 9 - Sottobacini del torrente Zafferia considerati per lo studio idrologico.

Il sottobacino del torrente Bonaccino, campito in rosa, ha un'estensione di circa 1.7 Km², mentre quello relativo al torrente Monalla, campito in celeste, ha una dimensione di poco meno di 1.2 km². La sezione critica alla foce, come già detto in precedenza, sottende una superficie di circa 4.3 km².

IETOGRAMMI DI PROGETTO E PORTATE DI PIENA

Per quanto riguarda i tempi di corrivazione stimati con la formula di Wooding, nella tabella di seguito riportata sono indicati i tempi relativi ai tre sottobacini per i diversi tempi di ritorno T considerati.

Tabella 1: Tempi di corrivazione relativi ai sottobacini del torrente Zafferia analizzati.

Bacini	Tempi di corrivazione (minuti)		
	(T= 50 anni)	(T= 100 anni)	(T= 300 anni)
Bonaccino	31.6	28.9	25.1
Monalla	21.9	19.9	17.4
Zafferia (foce)	54.2	49.4	43.0

Dal momento che il tempo di corrivazione per i bacini considerati è sempre inferiore all'ora, il calcolo delle altezze di pioggia di durata corrispondente è stata condotta utilizzando la formula di Ferreri e Ferro (Ferro, 2002):

$$h_{t,T} (t < 1 \text{ ora}) = 0.208t^{0.386} (w_T \cdot a)$$

Si osservi che il valore di a, ottenuto per interpolazione spaziale dei valori locali di a calcolati per le singole stazioni pluviometriche prese in considerazione, risulta pari a **36.462**.

La Tabella 2 illustra i valori di pioggia totale e pioggia netta ottenuti per i tre sottobacini con riferimento ad i tre tempi di ritorno considerati. Sono, altresì, riportati i valori di CN utilizzati.

Noti i valori delle precipitazioni nette e le durate critiche degli eventi di pioggia, poste pari ai tempi di corrivazione precedentemente calcolati, risultano definite anche le intensità di pioggia nette.

Nel caso dei due sottobacini a monte si è ipotizzato che l'intensità di pioggia si mantenga costante durante tutta la durata dell'evento (ietogrammi di progetto di tipo rettangolare).

Per quanto riguarda, invece, il bacino chiuso alla foce, sono considerati per ogni tempo di ritorno ietogrammi di progetto emi-simmetrici rispetto alla distribuzione delle fasce isocorrive ricavabili dalla curva aree-tempi.

Tabella 2: Precipitazioni totali e nette (in mm) corrispondenti ai tre sottobacini del torrente Zafferia analizzati e valori di Curve Number utilizzati per la stima delle perdite idrologiche.

Bacini	Precipitazioni totali (mm)			CN	Precipitazioni nette (mm)		
	T = 50	T = 100	T = 300		T = 50	T = 100	T = 300
Bonaccino	69.45	78.90	95.53	72	22.4	28.4	39.8
Monalla	60.22	68.41	82.83	72	17.0	21.8	31.0
Zafferia (foce)	85.48	97.11	117.58	72	32.8	40.9	56.2

Con riferimento ai sottobacini di monte le portate di piena al colmo sono state ricavate con la formula razionale, mentre per il bacino alla foce le portate di piena al colmo sono state valutate applicando il metodo della corrivazione. In Tabella 3 sono riportati i valori delle portate di piena al colmo e dei volumi di piena per i diversi tempi di ritorno considerati.

Con riferimento al sottobacino chiuso alla foce, le portate di piena al colmo, per i diversi tempi di ritorno considerati, sono state calcolate con il metodo di corrivazione, mentre nel caso dei sottobacini di monte (Bonaccino e Monalla), dato che il loro tempo di corrivazione è inferiore ai 30 minuti ci si è limitati a calcolare, tramite formula razionale, il solo valore della portata al colmo di piena e considerare un idrogramma di tipo triangolare centrato con durata pari al doppio del tempo di corrivazione.

Tabella 3: Portate di piena al colmo e volumi di piena relativi ai sottobacini considerati.

Bacini	Portate al colmo (m ³ /s)			Volumi piena (10 ³ m ³)		
	T = 50	T = 100	T = 300	T = 50	T = 100	T = 300
Bonaccino	19.99	27.77	44.69	37.96	48.09	67.38
Monalla	15.31	21.52	35.17	20.09	25.74	36.63
Zafferia (foce)	47.57	64.01	96.30	136.74	164.39	206.73

Per completezza si riporta in Figura 10 l'idrogramma di piena relativo alla sezione di foce del bacino del Torrente Zafferia.

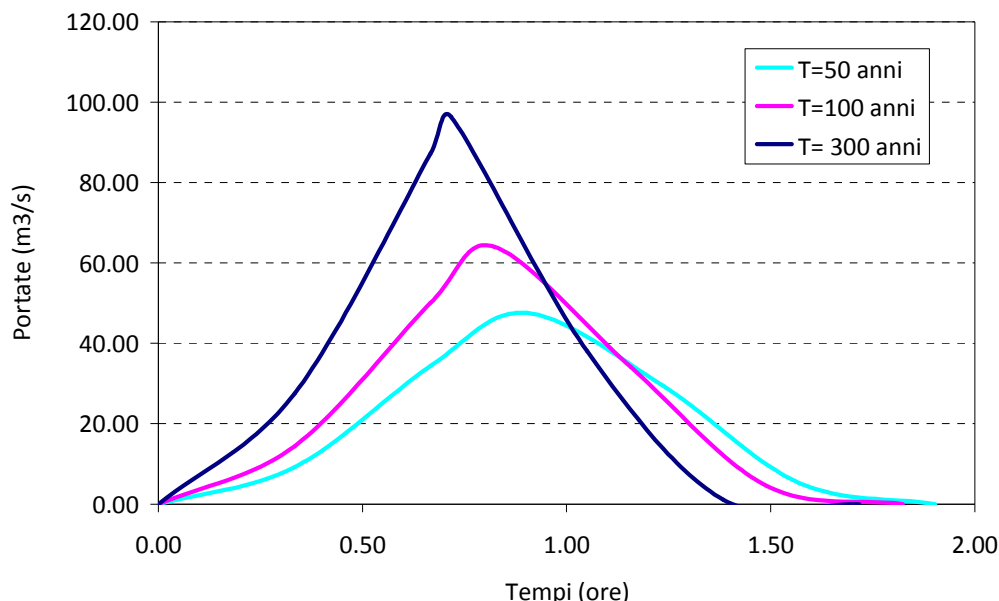


Figura 10 – Idrogrammi di piena relativi al bacino Zafferia alla foce

ANALISI IDRAULICHE

Il torrente Zafferia, come si può notare dalle immagini precedenti, presenta un andamento essenzialmente rettilineo, incassato per lunghi tratti e senza aree di espansione limitrofe al suo alveo principale. Queste caratteristiche si riscontrano sia lungo l'asta principale sia lungo le aste dei rami secondari Bonaccino e Molella.

Queste considerazioni portano a ritenere il moto delle correnti idriche possa considerarsi praticamente monodimensionale.

La modellazione monodimensionale del corso d'acqua è stata condotta utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS per poter anche trattare con maggior dettaglio gli attraversamenti e le tombature presenti.

I dati geometrici di input utilizzati per la modellazione di HEC-RAS sono stati estratti sia dal Modello Digitale del Terreno LIDAR con risoluzione a 2 metri messo a disposizione dall'Amministrazione Comunale oltre che dalla cartografia di base a scala 1:2000.

I tratti modellati corrispondono rispettivamente a: il torrente Bonaccino, per una lunghezza di circa 750 m a partire dalla sua confluenza con il torrente Monalla; il torrente Monalla, per una di circa 800 m a partire dalla sua confluenza con il torrente Bonaccino; l'asta principale per una lunghezza di circa 2000 m a partire dalla foce sino alla confluenza tra i primi due tratti (Figura 11). I tratti sono stati discretizzati in sezioni trasversali con equidistanza di 50 metri, salvo locali infittimenti necessari ai fini di una maggiore accuratezza nella soluzione del modello

Le caratteristiche geometriche degli attraversamenti e delle coperture, così come delle opere presenti in alveo che possono avere una qualunque influenza sul moto delle correnti di piena, sono stati rilevate da misure dirette di campo durante opportuni sopralluoghi.

In Hec-RAS sono stati quindi aggiunte le informazioni così rilevate relative ai muri d'argine ed agli attraversamenti (Figura 12).

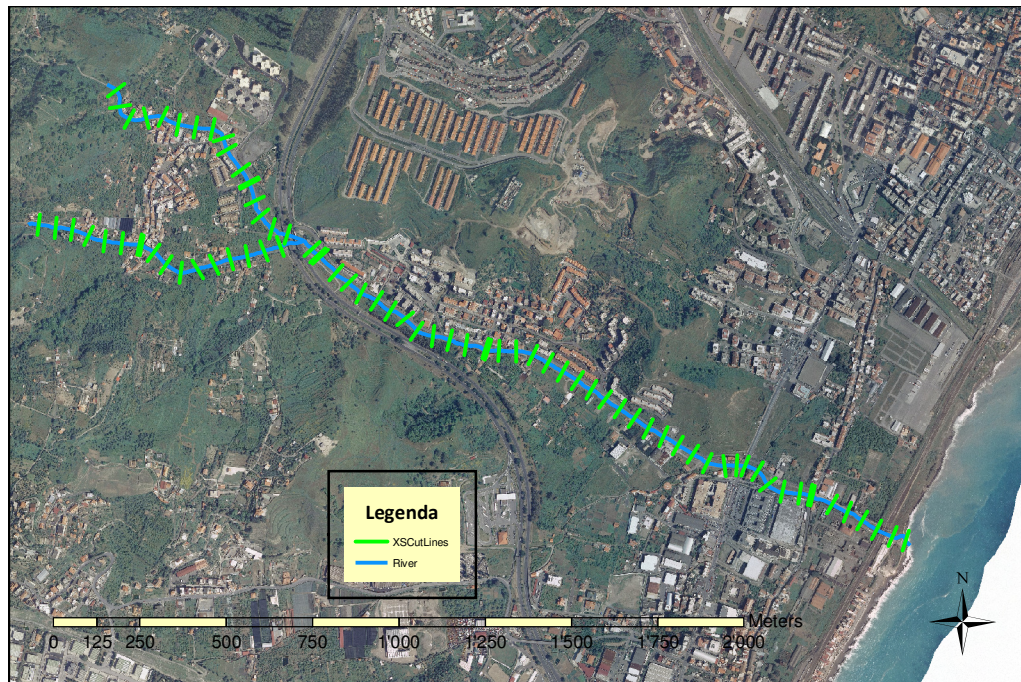


Figura 11 – Modello preliminare della geometria del Torrente Zafferria realizzato con Hec-Geo-RAS.

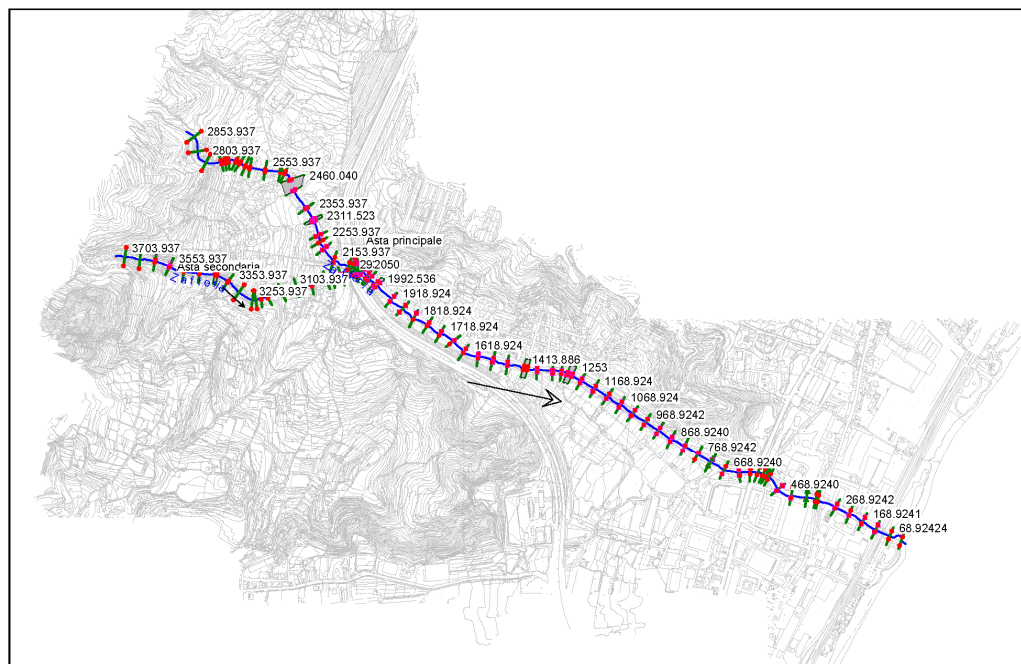


Figura 12 - Geometria finale del modello realizzato in Hec-RAS.

Per la simulazione idraulica il modello monodimensionale è stato applicato nell'ipotesi di regime di moto permanente. Sono state condotte tre simulazioni, una per ogni portata al colmo di piena per fissato tempo di ritorno (50, 100 e 300 anni) per i soli deflussi liquidi. In particolare, i valori delle portate in ingresso sono riportati in Tabella 4.

Tabella 4 – Sintesi delle portate utilizzate nelle simulazioni ai diversi tempi di ritorno, per le simulazioni con il modello monodimensionale.

Portate utilizzate nelle simulazioni			
	T = 50 anni	T = 100 anni	T = 300 anni
	Q_i (m^3/s)	Q_i (m^3/s)	Q_i (m^3/s)
Bonaccino	19.99	27.77	44.69
Monalla	15.31	21.52	35.17
Zafferia (foce)	47.57	64.01	96.30

} Acqua chiara su fondo fisso

Considerata la lunghezza del tratto modellato sono stati considerate portate variabili lungo l'alveo. In particolare in tre specifiche sezioni: 1) sezione di monte del tratto del torrente Bonaccino modellato; 2) sezione di monte del tratto del torrente Monalla modellato; 3) sezione subito a valle della confluenza dei primi due rami.

Relativamente alle caratteristiche di resistenza idraulica è noto che esse si differenziano secondo che la sede di deflusso sia l'alveo stesso o le aree ad esso esterne (aree di allagamento).

Nel primo caso, le caratteristiche dipendono principalmente dalle dimensioni del materiale di fondo, dalla presenza e qualità della vegetazione fluviale e dalla morfologia plano-altimetrica delle sezioni e del tracciato fluviale. Per le superfici limitrofe e di allagamento giocano un ruolo determinante la natura del suolo, la copertura vegetale, la densità delle infrastrutture e delle costruzioni (macro rugosità) e le irregolarità naturali della superficie.

I parametri di scabrezza utilizzati nel modello monodimensionale sono stati dedotti dall'esame delle Ortofoto ATA 07/08 e dalle osservazioni fatte in occasione dei sopralluoghi effettuati. Quanto detto ha condotto alla scelta dei valori del coefficiente di Manning riportati nella Tabella 6.

Si fa notare che nelle aree esterne sono stati utilizzati valori del coefficiente di Manning più contenuti rispetto a quelli in alveo poiché si tratta di aree caratterizzate da superfici molto

lisce (pavimentazioni stradali). In generale però i valori scelti sono più elevati di quelli normalmente proposti in letteratura poiché si tiene conto del fatto che il moto della corrente avviene spesso in condizioni di macroscabrezza e con un possibile trasporto di materiali grossolani (detriti vari, vegetazione, rifiuti solidi, ecc.).

Relativamente alle caratteristiche di resistenza idraulica è noto che esse si differenziano secondo che la sede di deflusso sia l'alveo stesso o le aree ad esso esterne (aree di allagamento).

Nel primo caso, le caratteristiche dipendono principalmente dalle dimensioni del materiale di fondo, dalla presenza e qualità della vegetazione fluviale e dalla morfologia plano-altimetrica delle sezioni e del tracciato fluviale. Per le superfici limitrofe e di allagamento giocano un ruolo determinante la natura del suolo, la copertura vegetale, la densità delle infrastrutture e delle costruzioni (macro rugosità) e le irregolarità naturali della superficie.

I parametri di scabrezza utilizzati nel modello monodimensionale sono stati dedotti dall'esame delle Ortofoto ATA 07/08 e dalle osservazioni fatte in occasione dei sopralluoghi effettuati. Quanto detto ha condotto alla scelta dei valori del coefficiente di Manning riportati nella Tabella 6. Si fa notare che nelle aree esterne sono stati utilizzati valori del coefficiente di Manning più contenuti rispetto a quelli in alveo poiché si tratta di aree caratterizzate da superfici molto lisce (pavimentazioni stradali). In generale però i valori scelti sono più elevati di quelli normalmente proposti in letteratura poiché si tiene conto del fatto che il moto della corrente avviene spesso in condizioni di macroscabrezza e con un possibile trasporto di materiali grossolani (detriti vari, vegetazione, rifiuti solidi, ecc.).

Tabella 6 – Scabrezze utilizzate nella simulazione monodimensionale

Coefficienti di Manning ($m^{-1/3} s$)	
Alveo	0.050
Aree esterne	0.025

Per ogni simulazione sono stati quindi ricavate le massime quote raggiunte del pelo libero e l'andamento spaziale delle massime velocità medie della corrente in ciascuna sezione trasversale.

L'esito delle verifiche idrauliche effettuate è mostrato nella figura seguente che riporta i profili di corrente per le diverse portate di calcolo lungo l'asta principale del torrente Zafferria.

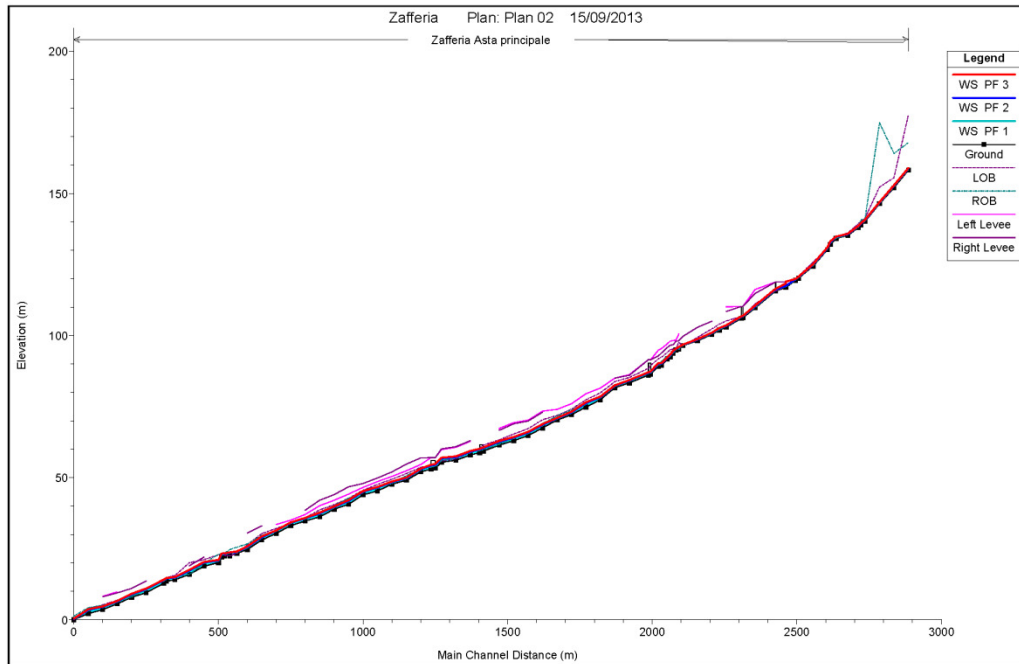


Figura 13 – Andamento profili di corrente lungo l'asta principale del torrente Zafferia

REDAZIONE DELLE MAPPE

I risultati delle diverse simulazioni condotte hanno permesso di redigere delle mappe che riportano la distribuzione spaziale di tutte le informazioni idrodinamiche relative al passaggio dell'onda di piena, per fornire una completa informazione sulla pericolosità idraulica sotto le diverse condizioni per l'area oggetto di studio.

Di seguito sono riportati nelle figure 14-19 i risultati relativi alle simulazioni effettuate per i tempi di ritorno di 50, 100, e 300 anni, ovvero le mappe che riportano l'involuppo delle massime altezze d'acqua e dei massimi prodotti altezza idrica-velocità media della corrente durante l'intero svolgersi della simulazione.

In accordo con la metodologia indicata nel P.A.I., la definizione dei livelli di pericolosità presenti sull'area oggetto di studio, con riferimento all'entità delle inondazioni valutate, è stata effettuata in base al valore dei tiranti idrici e del tempo di ritorno (Figura 20).

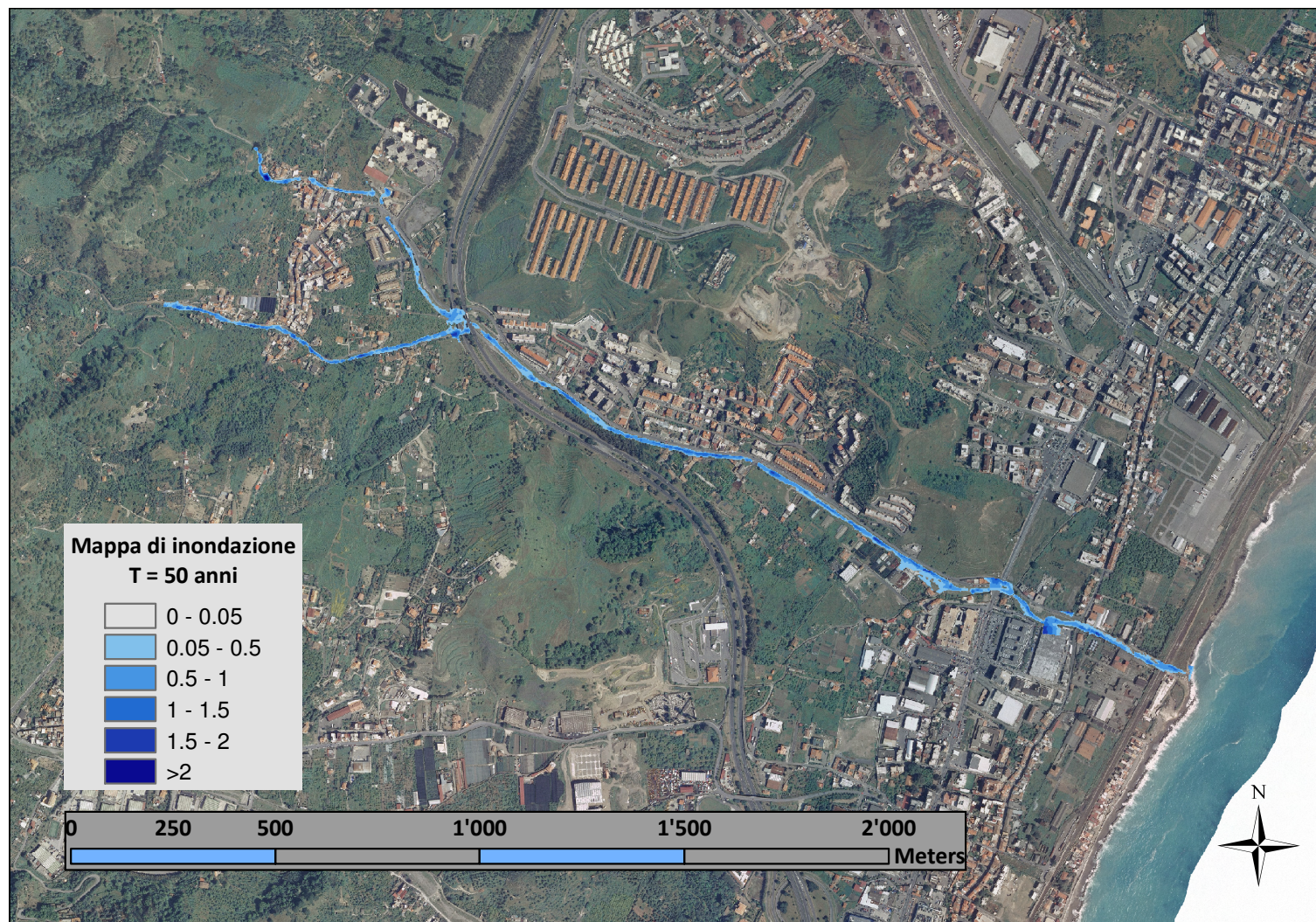


Figura 14 – Mappa di inondazione (T= 50 anni)

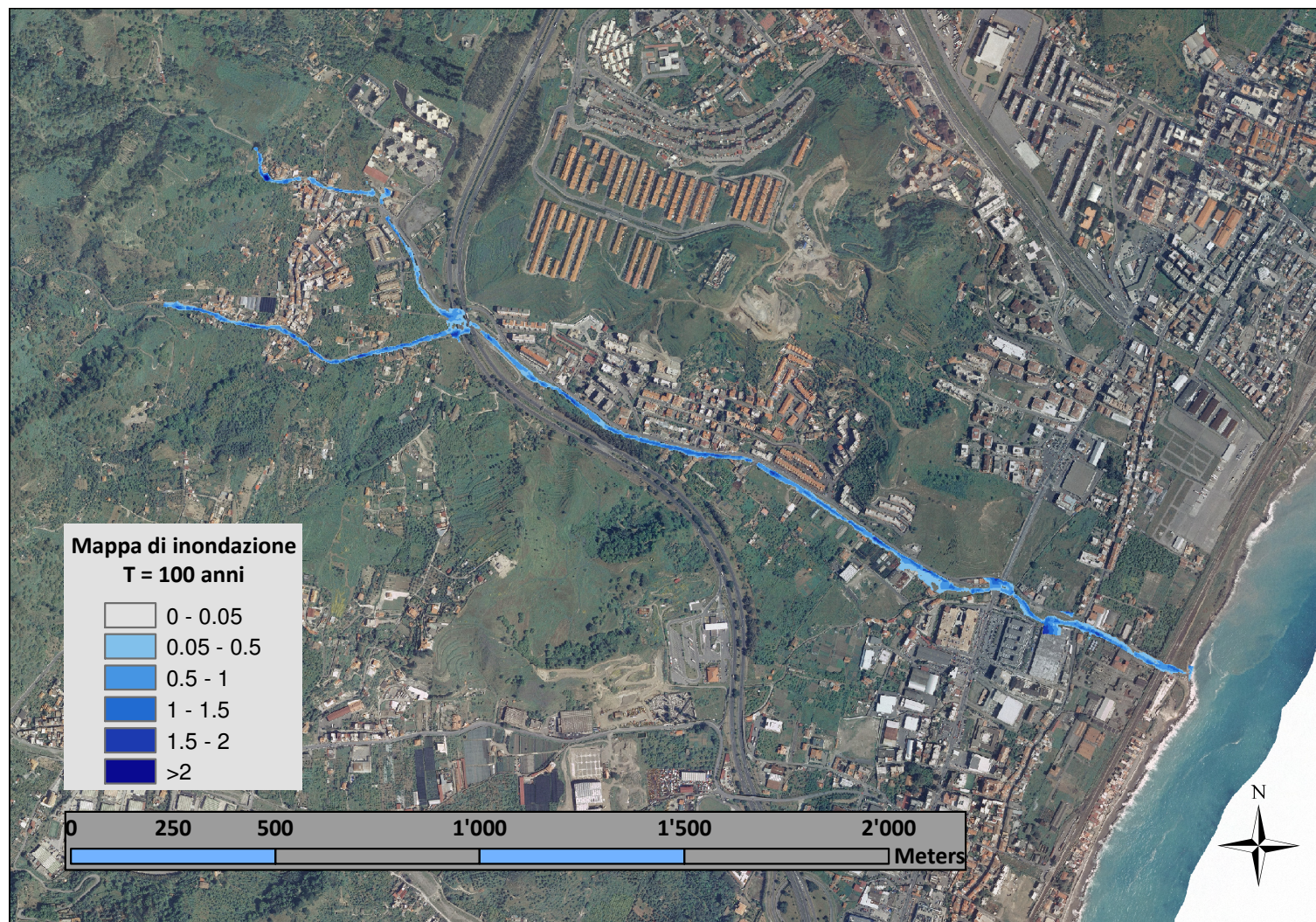


Figura 15 – Mappa di inondazione (T = 100 anni).



Figura 16 – Mappa di inondazione (T = 300 anni).



Figura 17 – Mapa dell'indice di intensità (T = 50 anni).



Figura 18 – Mapa dell'indice di intensità (T = 100 anni).

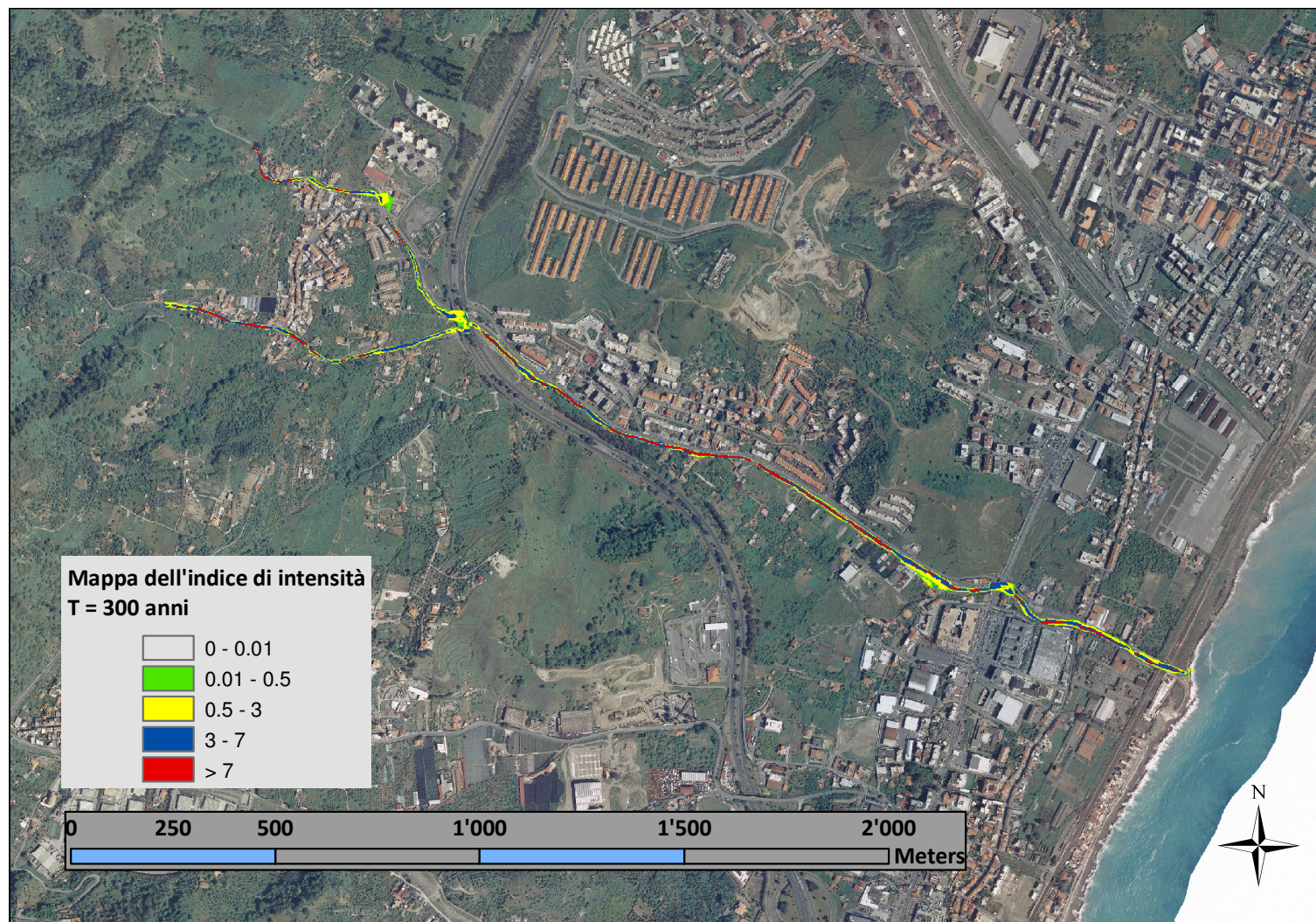


Figura 19 – Mapa dell'indice di intensità (T = 300 anni).



Figura 20 – Mappa di pericolosità.