



**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 5**  
**(BACINO DEL TORRENTE SAN FILIPPO)**

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

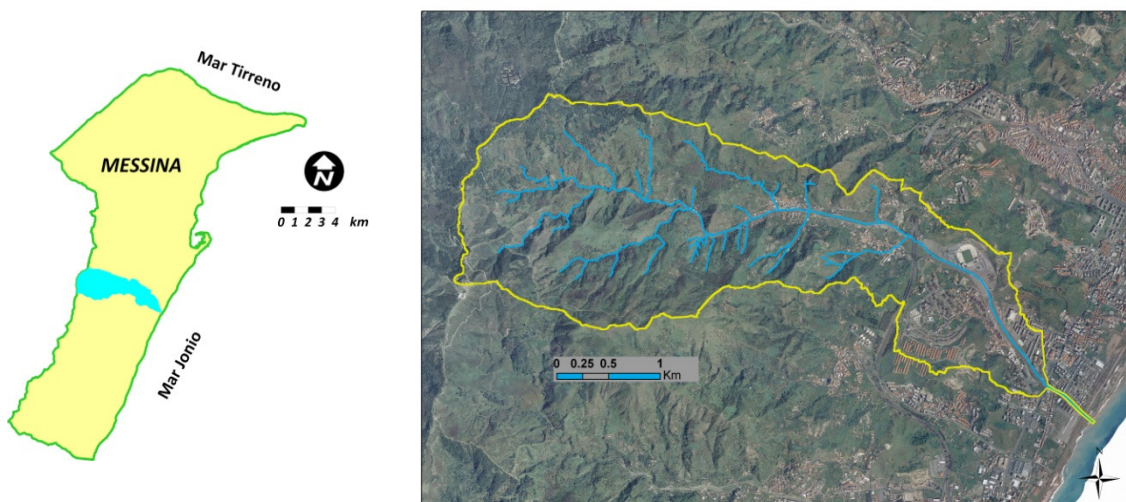


# 1

## INQUADRAMENTO TERRITORIALE

### INTRODUZIONE

Il bacino del torrente San Filippo si sviluppa nella parte centrale del territorio comunale di Messina (Figura 1). Il bacino presenta numerose criticità, ed in particolare la frazione di San Filippo Superiore, posta nella parte alta della vallata del torrente (Figura 2), può considerarsi, per la sua localizzazione, un'area ad elevato rischio idraulico.



**Figura 1** – Provincia di Messina e localizzazione del bacino del Torrente San Filippo

Nell'attesa che vengano eseguiti interventi di risagomatura e messa in sicurezza dei tratti a più alto rischio (per l'eccessivo innalzamento del letto del torrente e la quasi completa mancanza di franco idraulico all'altezza di alcuni ponti), recentemente sono stati avviati lavori

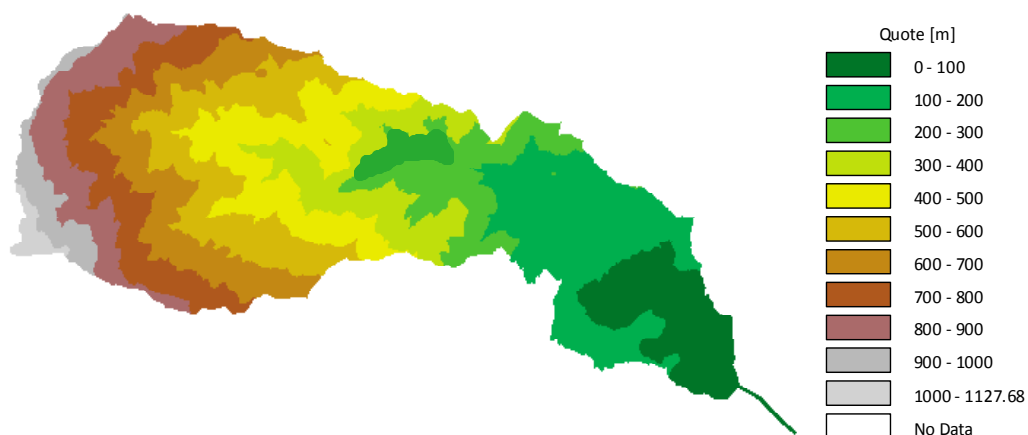
di bonifica e pulizia del torrente, ed in particolare sono stati rimossi i rifiuti presenti lungo l'asta torrentizia dall'abitato di San Filippo Superiore sino alla foce del torrente.



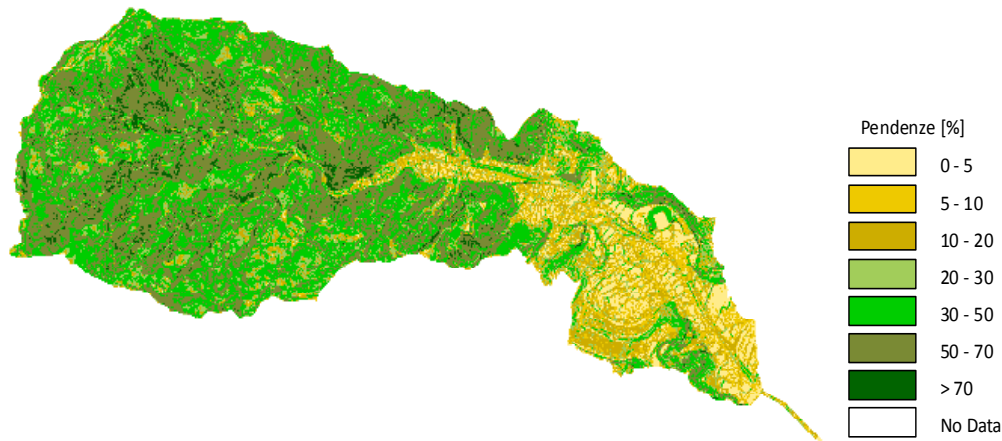
**Figura 2** - Torrente San Filippo con localizzazione della frazione di San Filippo Superiore

Il bacino del torrente San Filippo si estende per una superficie di 8.90 Km<sup>2</sup>. La pendenza media e altitudine media del bacino risultano pari rispettivamente al 49 % e a 456 m. La lunghezza dell'asta principale del bacino è pari a circa 8.97 Km, con una pendenza media del 10 % circa.

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 San Filippo (2 m ris.).



**Figura 4** - Mappa delle pendenze del bacino del torrente San Filippo.

### CRITICITÀ IDRAULICHE

Il corso del torrente San Filippo si sviluppa in aree fortemente urbanizzate con due tratti coperti ed un impluvio laterale particolarmente critico perché attraversa l'abitato di San Filippo Superiore.

A monte di San Filippo Superiore gli argini del torrente sono interrotti, creando di fatto un collegamento diretto con la strada che lo costeggia e con numerose abitazioni private (sia in destra che in sinistra idraulica) che si trovano alla stessa quota dell'alveo (Figura 5).



**Figura 5** – Tratto del Torrente a monte di San Filippo Superiore, privo di argini.

In corrispondenza del villaggio, il torrente si muove ben arginato a quota inferiore rispetto alle abitazioni ed alla strada. Sono però presenti tre ponticelli e delle casette in muratura all'interno dell'alveo (Figura 6). La situazione diventa più critica a valle dell'abitato, dove alle

casette si aggiungono baracche, rifiuti, importanti accumuli di sedimento, attraversamenti a guado e gli argini diventano inadeguati fino a scomparire del tutto, inglobando la strada provinciale (SP41) che costeggia il torrente e creando condizioni di pericolosità idraulica per abitazioni ed insediamenti produttivi presenti in destra idraulica.



**Figura 6** – Attraversamenti presenti in corrispondenza di San Filippo Superiore.

Nel tratto più a valle, le principali criticità sono rappresentate: dall'attraversamento in corrispondenza dello svincolo autostradale; dagli imbocchi delle due coperture; dai successivi attraversamenti, due stradali e due ferroviari, presenti prima dello sbocco a mare; da arginature di altezza non adeguata (cfr. Figure 7 - 9).



**Figura 7** – Imbocco della prima copertura.



**Figura 8** – Imbocco della seconda copertura.



**Figura 9** – Ponticello stradale presente lungo l'alveo del torrente San Filippo.

Nell'abitato di San Filippo Superiore le condizioni di pericolosità idraulica possono derivare dai deflussi dei torrenti Valle della Chiesa e San Filippo. Il torrente Valle della Chiesa nel tratto terminale, attraversa l'abitato con l'alveo utilizzato come strada, unica via di accesso a numerose abitazioni (Figura 10).



**Figura 10** – Torrente Valle della Chiesa a S. Filippo Superiore.



---

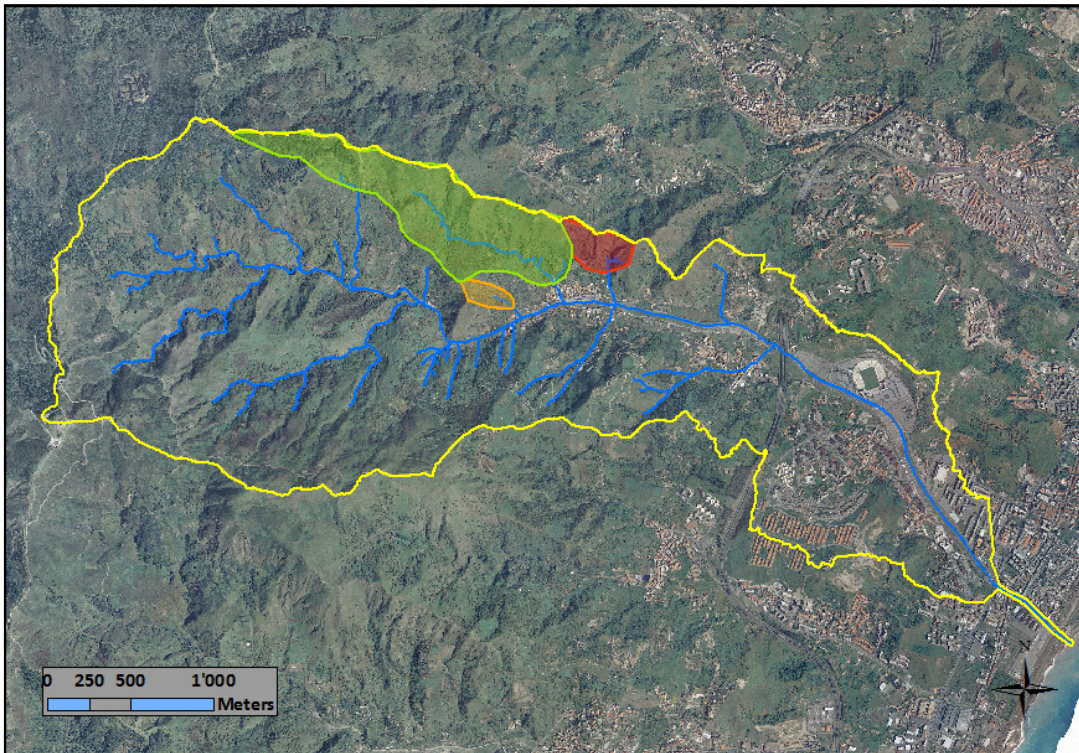
# 2

## RISULTATI

---

### SOTTOBACINI ANALIZZATI

Con riferimento al Torrente San Filippo sono state scelte per il calcolo degli idrogrammi di piena tre sezioni critiche prossime alla frazione di San Filippo Superiore e la sezione di chiusura alla foce (Figura 11).



**Figura 11** - Sottobacini del torrente San Filippo considerati per lo studio idrologico.

Il sottobacino con sezione di chiusura a monte di San Filippo Superiore, campito in arancio e di seguito indicato come San Filippo Superiore (monte), ha un'estensione di circa 0.04 Km<sup>2</sup>. Il sottobacino con sezione di chiusura lungo l'asta in corrispondenza della parte centrale dell'abitato, campito in verde e denominato San Filippo Superiore (centro), ha una superficie di 0.68 Km<sup>2</sup>. Infine il sottobacino con sezione di chiusura posta lungo l'asta immediatamente a valle di San Filippo Superiore, campito in rosso e indicato come San Filippo Superiore (valle), ha una superficie di 0.08 Km<sup>2</sup> circa. I tre sottobacini sono stati scelti perché attraversano il centro abitato di San Filippo Superiore e manifestano una forte propensione alla formazione di colate detritiche in seguito ad eventi pluviometrici severi. Infine, la sezione critica alla foce (limite in giallo) che sottende una superficie di circa 8.9 km<sup>2</sup> è stata scelta per l'analisi del tratto terminale dell'asta fluviale che presenta numerosi attraversamenti ed è parzialmente tombata.

#### 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 sottobacini per i diversi tempi di ritorno T considerati.

**Tabella 1:** Tempi di corrivazione relativi ai sottobacini del torrente San Filippo analizzati.

<b>Bacini</b>	<b>Tempi di corrivazione (minuti)</b>		
	<b>(T= 50 anni)</b>	<b>(T= 100 anni)</b>	<b>(T= 300 anni)</b>
San Filippo Superiore (monte)	3.8	3.4	3.0
San Filippo Superiore (centro)	14.6	13.3	11.6
San Filippo Superiore (valle)	3.4	3.1	2.7
San Filippo (foce)	82.6	75.4	65.7

Per il calcolo delle altezze di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione, al variare del tempo di ritorno T, è stata utilizzata la curva di probabilità pluviometrica nell'ipotesi di invarianza di scala per il bacino del S. Filippo alla foce, mentre per i sottobacini a monte, per i quali i tempi di corrivazione risultano sempre inferiori all'ora, è stata utilizzata la formula di Ferreri e Ferro (Ferro, 2002):

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

dove i valore di  $a$  e di  $n$ , ottenuti per interpolazione spaziale dei valori locali di  $a$  e di  $n$  calcolati per le singole stazioni pluviometriche prese in considerazione, risultano rispettivamente pari a **37.164** e **0.277**.

La Tabella 2 illustra i valori di pioggia totale e pioggia nette 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 tre 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) e le portate di piena al colmo sono state valutate applicando la formula razionale.

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 e le portate di piena al colmo sono state valutate applicando il metodo della corrivazione.

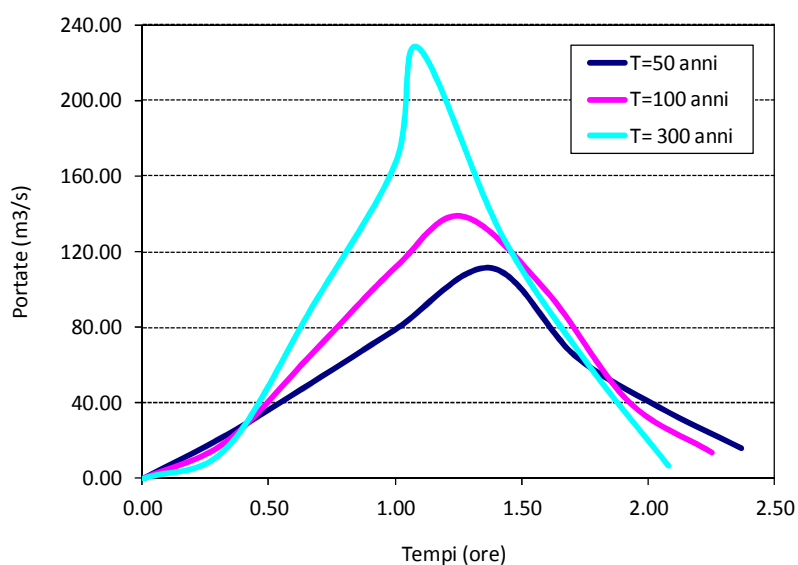
**Tabella 2:** Precipitazioni totali e nette (in mm) corrispondenti ai sottobacini del torrente San Filippo analizzati e valori di Curve Number utilizzati per la stima delle perdite idrologiche.

Bacini	Precipitazioni totali (mm)			CN	Precipitazioni nette (mm)		
	T = 50	T = 100	T = 300		T = 50	T = 100	T = 300
San Filippo Sup. (monte)	31.23	35.23	42.87	72	3.80	5.18	8.26
San Filippo Sup. (centro)	52.51	59.64	72.25	72	12.85	16.67	24.14
San Filippo Sup. (valle)	29.92	33.99	41.16	72	3.38	4.73	7.52
San Filippo (foce)	98.01	112.49	138.30	72	41.56	52.28	72.6

Nella Tabella 3 sono riportati i valori delle portate di piena al colmo e dei volumi di piena per i diversi tempi di ritorno considerati. Per completezza, si riporta in Figura 12 l'idrogramma di piena relativi al bacino alla foce del torrente S.Filippo.

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

Bacini	Portate al colmo (m <sup>3</sup> /s)			Volumi piena (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )		
	T = 50	T = 100	T = 300	T = 50	T = 100	T = 300
San Filippo Sup. (monte)	0.60	0.91	1.65	2.26	2.88	4.22
San Filippo Sup. (centro)	9.92	14.13	23.46	0.52	0.73	1.15
San Filippo Sup. (valle)	1.41	2.16	3.94	0.29	0.40	0.64
San Filippo (foce)	111.27	138.74	227.89	463.9	545.0	658.9

**Figura 12** – Idrogrammi di piena relativi al bacino del torrente S. Filippo alla foce.

## ANALISI IDRAULICHE

Il torrente San Filippo, come si è detto, presenta una serie di criticità per modellare le quali è stato necessario ricorrere a modelli sia mono che bidimensionali, in due zone distinte: l'abitato di San Filippo Superiore dove, vista la presenza di alcuni impluvi laterali (con possibile formazione di colate detritiche), la modellazione idraulica è stata condotta utilizzando il codice bidimensionale; l'asta principale, delimitata da argini dove il moto della corrente può considerarsi praticamente monodimensionale, modellata utilizzando il codice Hec-RAS per poter anche trattare con maggior dettaglio gli attraversamenti e le tombature presenti.

### Modellazione bidimensionale

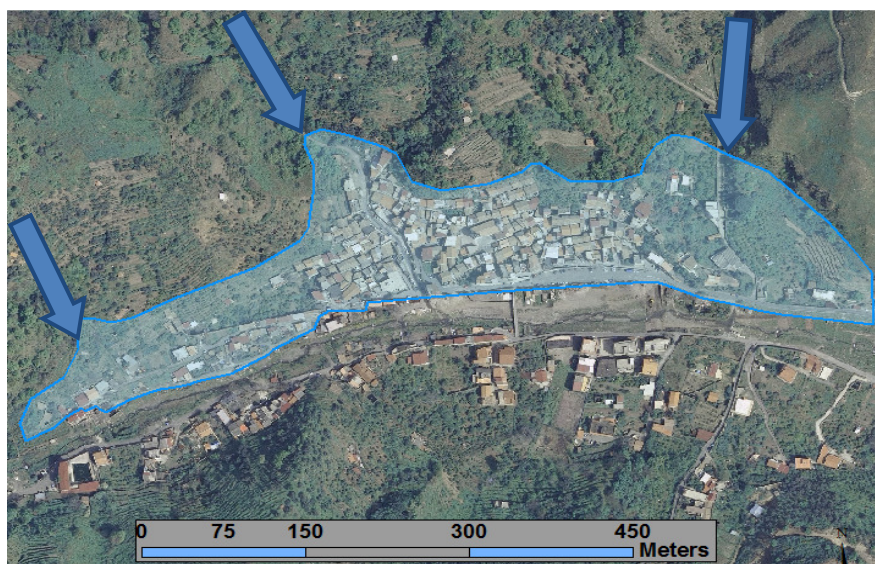
L'applicazione del modello bidimensionale (cfr. Relazione Generale) ha richiesto la generazione di una griglia (mesh) a elementi triangolari che comprendesse l'area

potenzialmente allagabile e descrivesse correttamente la topografia e la morfologia dell'area in studio. Con l'analisi ed il rilievo dei luoghi, è stato possibile definire i contorni dell'area potenzialmente inondabile, indicata in Figura 13. In particolare, si è scelto come contorno del dominio di calcolo l'involuppo delle quote che eventuali volumi esondati non possono raggiungere ed i muri d'argine del torrente.

Diversi studi hanno messo in evidenza che errori nella definizione delle quote topografiche dei nodi di calcolo possono portare a inaffidabilità e incertezza nelle risposte del modello. La mesh è stata costruita con l'ausilio del software ArgusOne. Infine, nel posizionare i nodi si è considerata prioritaria la corretta riproduzione del corso d'acqua principale, delle sponde e dei muri d'argine e di tutte le infrastrutture presenti in alveo (tombini, attraversamenti). L'area è stata discretizzata con una mesh costituita da 16995 elementi triangolari sulla base di 10296 nodi con una dimensione media dell'elemento pari a circa 3.29 m<sup>2</sup>. In Tabella 4 si sintetizzano le caratteristiche del dominio di calcolo e della mesh.

**Tabella 4** – Riepilogo delle caratteristiche della mesh di calcolo.

Area totale (km <sup>2</sup> )	Elementi	Numero di nodi	Area media degli elementi (m <sup>2</sup> )
0.06	16995	10296	3.29



**Figura 13** - Dominio di calcolo utilizzato per il modello bidimensionale, con indicazione delle punti di immissione delle portate.

Per la caratterizzazione altimetrica del dominio di calcolo è stato sempre utilizzato il Modello Digitale del Terreno ATA0708 con risoluzione a 2 metri.

Sono stati inoltre inseriti nel modello i muri arginali e gli attraversamenti presenti in alveo e sono state implementate le leggi di scabrezza relative alla propagazione di colata detritica immatura (cfr. Relazione Generale).

Le condizioni al contorno riguardano i valori delle portate entranti nel dominio di calcolo e la conseguente forma degli idrogrammi di piena. Nelle simulazioni effettuate è stata considerata una condizione di moto permanente, condizione per la quale l'idrogramma di piena risulta a portata costante nel tempo. Le portate utilizzate sono quelle calcolate per valori del tempo di ritorno di 50, 100, e 300 anni per i deflussi solidi (Tabella 5).

**Tabella 5** – Sintesi delle portate utilizzate nelle simulazioni ai diversi tempi di ritorno, per le simulazioni con il modello bidimensionale, con indicazione della legge di resistenza implementata.

Portate utilizzate nelle simulazioni						
	T = 50 anni		T = 100 anni		T = 300 anni	
	$Q_l$ ( $m^3/s$ )	$Q_s$ ( $m^3/s$ )	$Q_l$ ( $m^3/s$ )	$Q_s$ ( $m^3/s$ )	$Q_l$ ( $m^3/s$ )	$Q_s$ ( $m^3/s$ )
<b>S. Filippo Sup. (monte)</b>	0.60	1.34	0.91	2.03	1.65	3.68
<b>S. Filippo Sup. (centro)</b>	9.92	22.12	14.13	31.51	23.46	52.32
<b>S. Filippo Sup. (valle)</b>	1.41	3.14	2.16	4.82	3.94	8.79
<b>San Filippo (foce)</b>	111.27	151.33	138.74	188.69	227.89	309.93

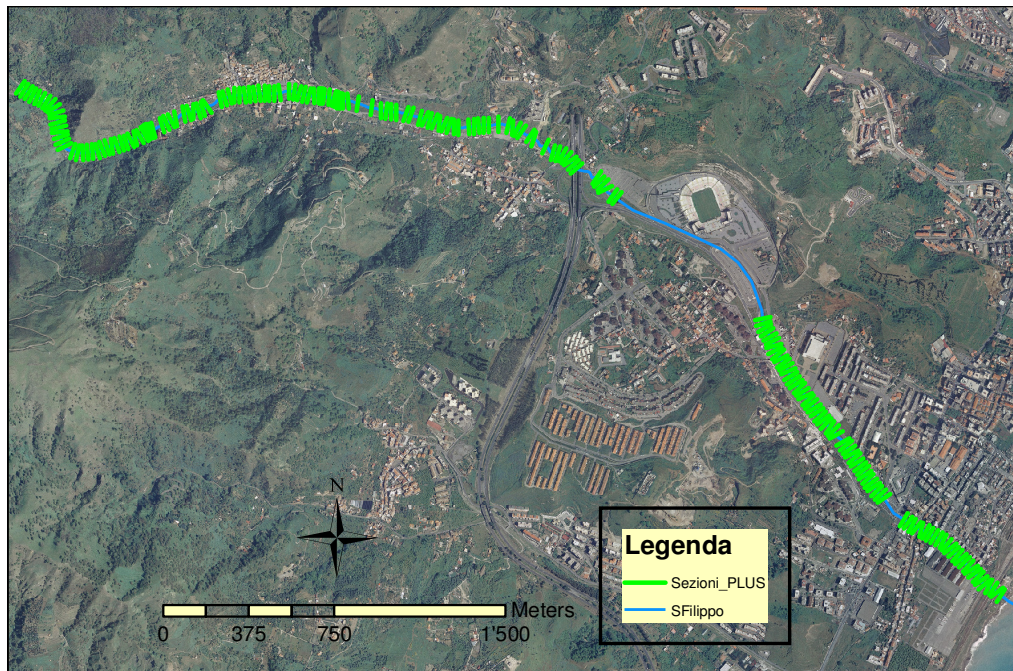
} **2.23**  
 Debris flow maturo

} **1.36**  
 Debris flow immaturo

#### Modellazione monodimensionale

La modellazione monodimensionale del corso d'acqua è stata condotta utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS. I dati di input geometrici utilizzati per la modellazione di HEC-RAS sono stati estratti 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.

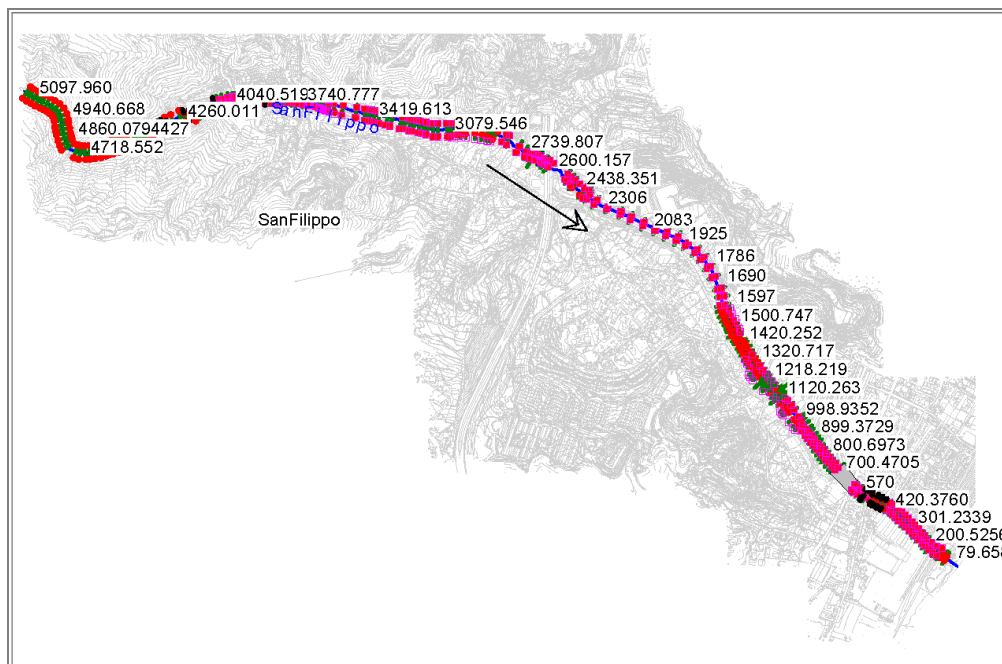
Il tratto modellato ha una lunghezza di circa 5100 m e si sviluppa dall'abitato di S.Filippo Superiore sino alla foce. Il tratto è stato discretizzato in sezioni trasversali con equidistanza di 20 metri (Figura 14).



**Figura 14** – Modello preliminare della geometria del Torrente Papardo realizzato con Hec-Geo-RAS.

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 state rilevate da misure dirette di campo durante opportuni sopralluoghi.

In Hec-RAS sono state quindi aggiunte, le informazioni così rilevate relative ai muri d'argine, agli attraversamenti e alla copertura del tratto terminale (Figura 15).



**Figura 15** - 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 passare dalle portate liquide a quelle di debris flow (per entrambi i modelli) sono stati utilizzati fattori di amplificazione diversi per la portata lungo l'asta principale e le portate lungo gli impluvi laterali, in virtù delle diverse pendenze dell'alveo in tali rami (Tabella 5).

Considerata la lunghezza del tratto modellato, sono stati considerate portate variabili lungo l'alveo. In particolare, sono state analizzate tre specifiche sezioni: una sezione di monte del tratto, le cui portate in ingresso sono riportate nella Tabella 6; una sezione intermedia, corrispondente alla sezione di chiusura del sotto bacino intermedio, in cui le portate in ingresso risultano pari alla somma delle portate indicate in Tabella 6 e quelle riportate in Tabella 5 per i tre sottobacini minori; una sezione di imbocco della copertura, dove come portate in ingresso sono state considerate le portate relative a S. Filippo alla foce.

**Tabella 6** – Portate in ingresso alla sezione a monte del tratto di alveo utilizzate nelle simulazioni con modello monodimensionale ai diversi tempi di ritorno

Portate utilizzate nelle simulazioni						
	T = 50 anni		T = 100 anni		T = 300 anni	
	$Q_l$ ( $m^3/s$ )	$Q_s$ ( $m^3/s$ )	$Q_l$ ( $m^3/s$ )	$Q_s$ ( $m^3/s$ )	$Q_l$ ( $m^3/s$ )	$Q_s$ ( $m^3/s$ )
<b>Sezione di monte</b>	<b>37.14</b>	<b>50.51</b>	<b>51.21</b>	<b>69.65</b>	<b>81.61</b>	<b>110.98</b>

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

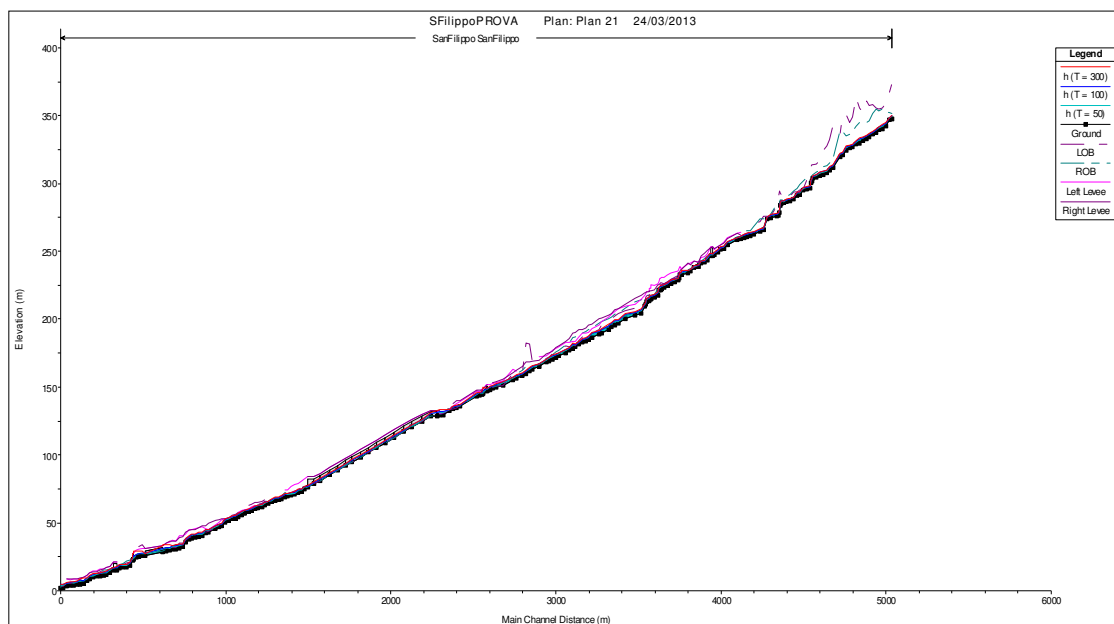
nella Tabella 7. Si fa notare che nelle aree esterne sono stati utilizzati valori del coefficiente di Manning più contenuti rispetto a quelli in alveo poiché si tratta di aree caratterizzate da superfici molto lisce (pavimentazioni stradali). In generale però i valori scelti sono più elevati di quelli 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 7** – 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 la 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.



**Figura 16** – Andamento profili di corrente lungo il tratto modellato

## 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 17-22 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 che si manifestano nei nodi e negli elementi del dominio d'integrazione 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 23).

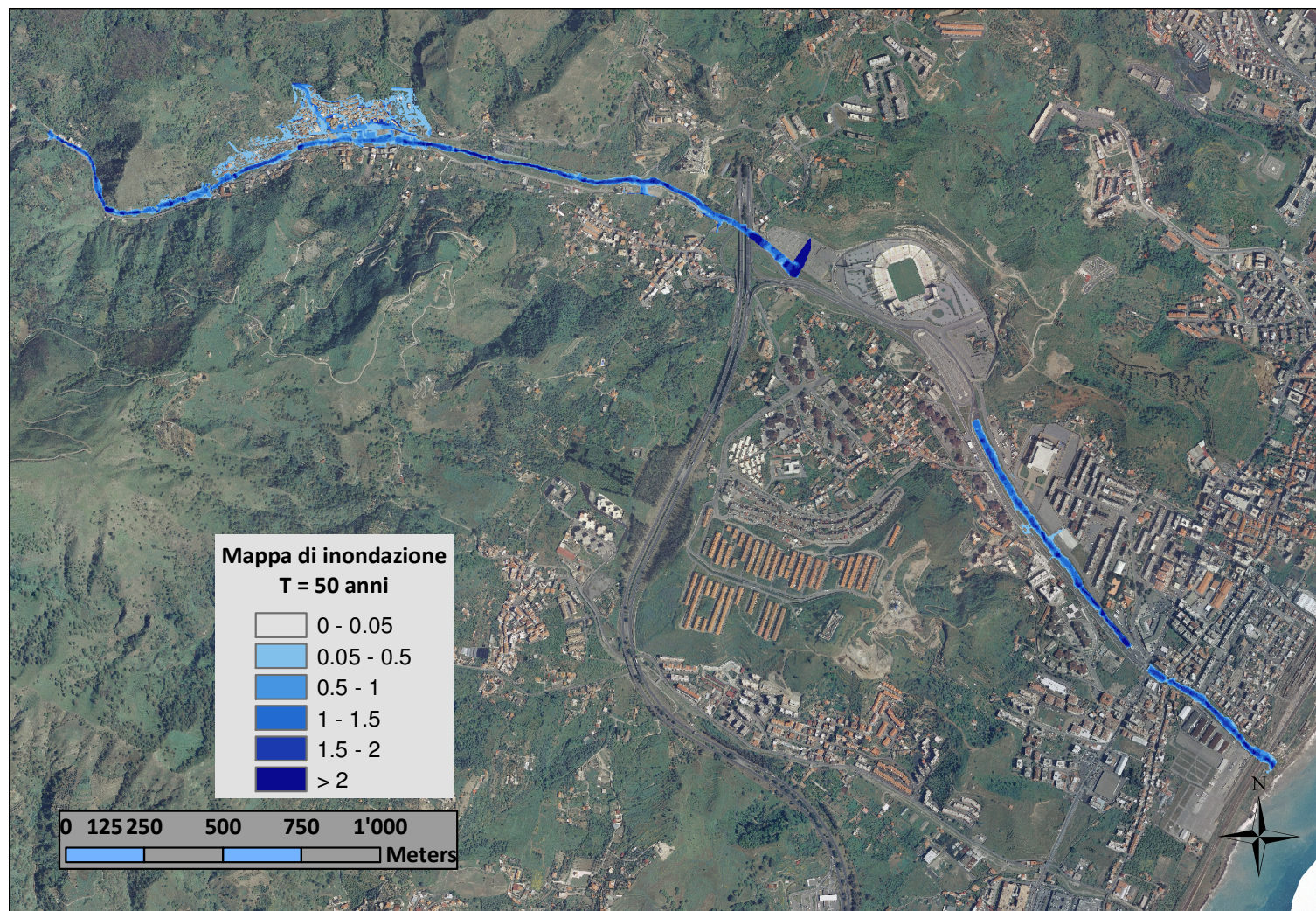


Figura 17 – Mappa di inondazione (T= 50 anni)

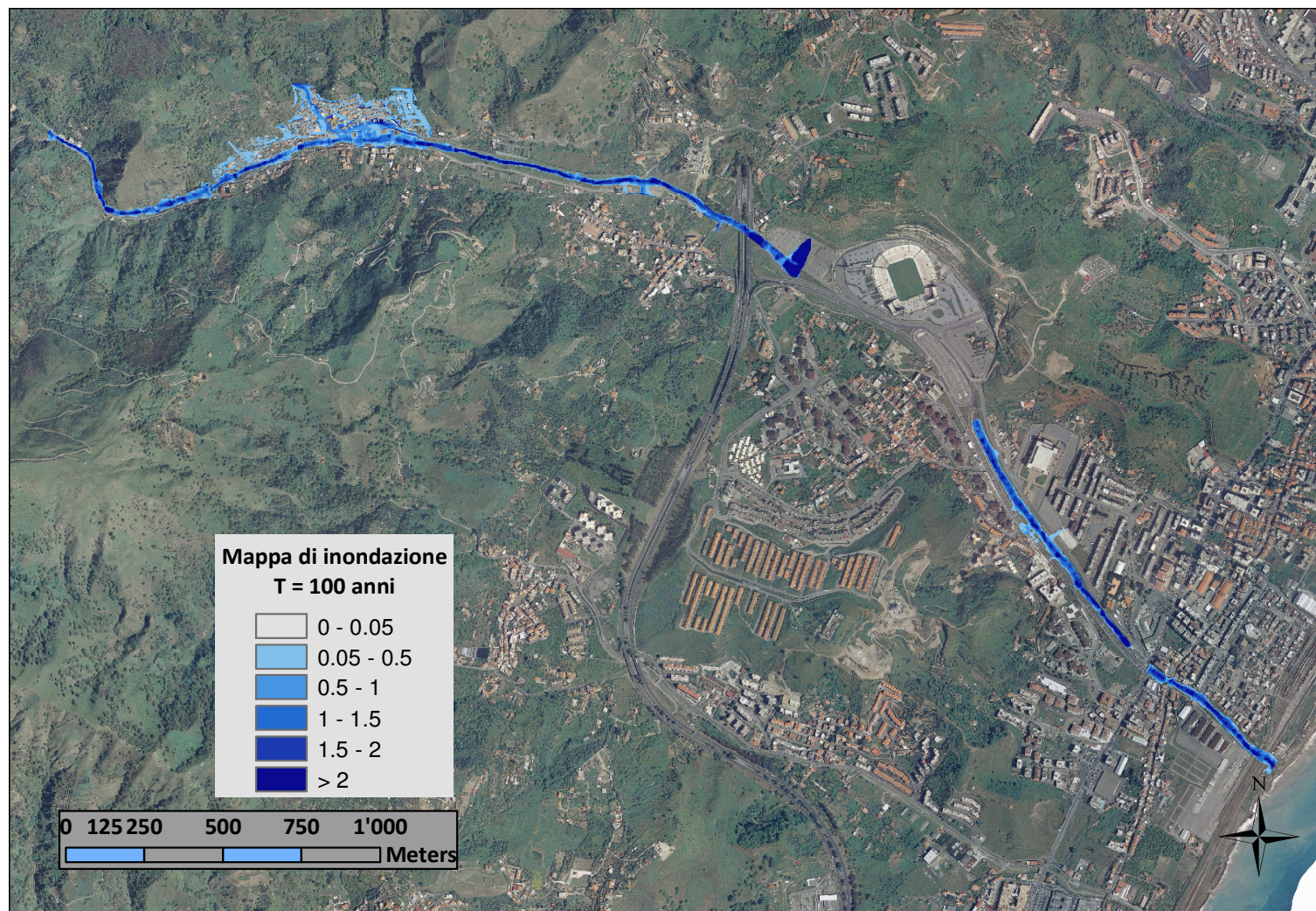


Figura 18 – Mappa di inondazione (T = 100 anni).

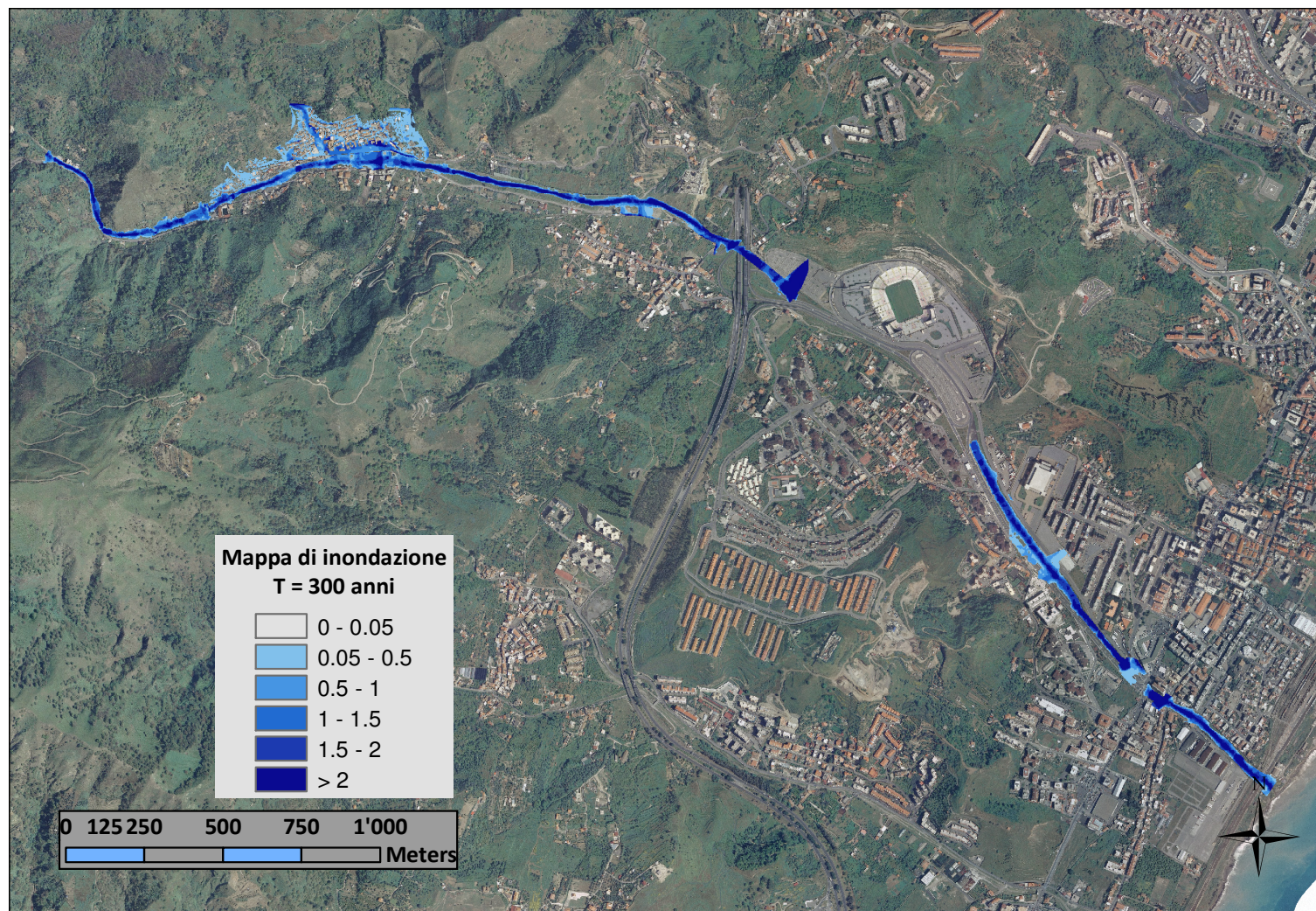


Figura 19 – Mappa di inondazione (T = 300 anni).

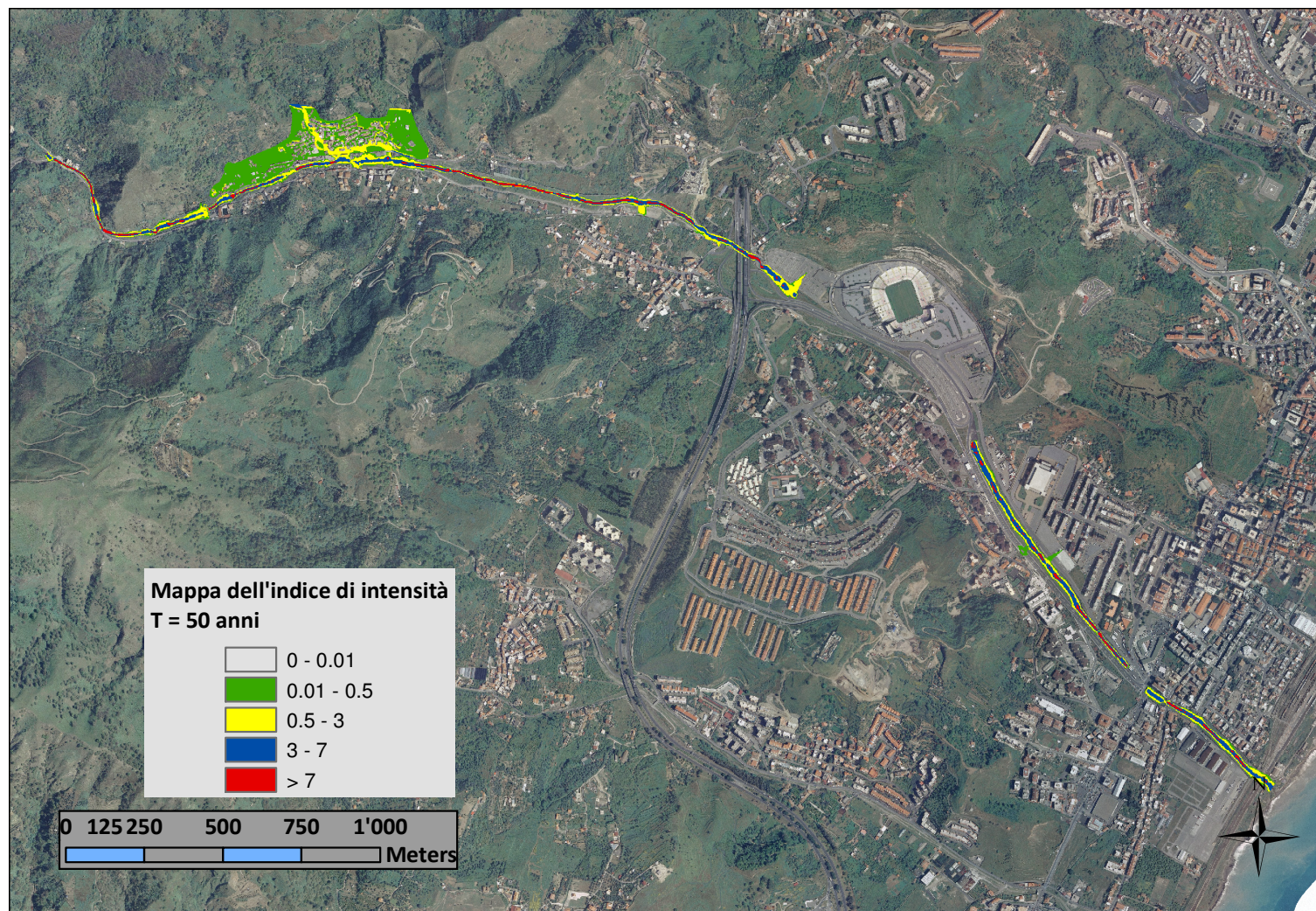


Figura 20 – Mapa dell'indice di intensità (T = 50 anni).

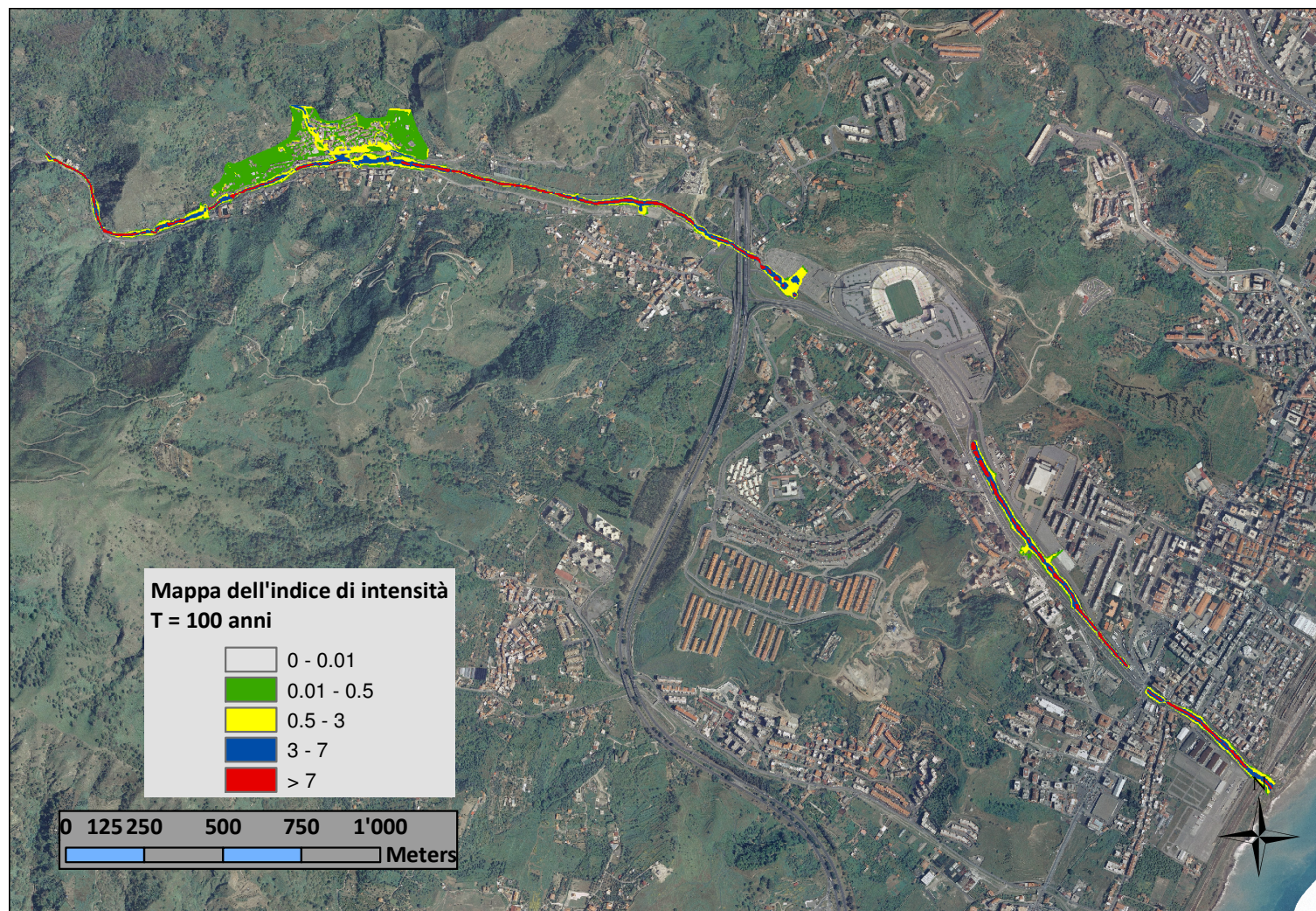


Figura 21 – Mapa dell'indice di intensità (T = 100 anni).

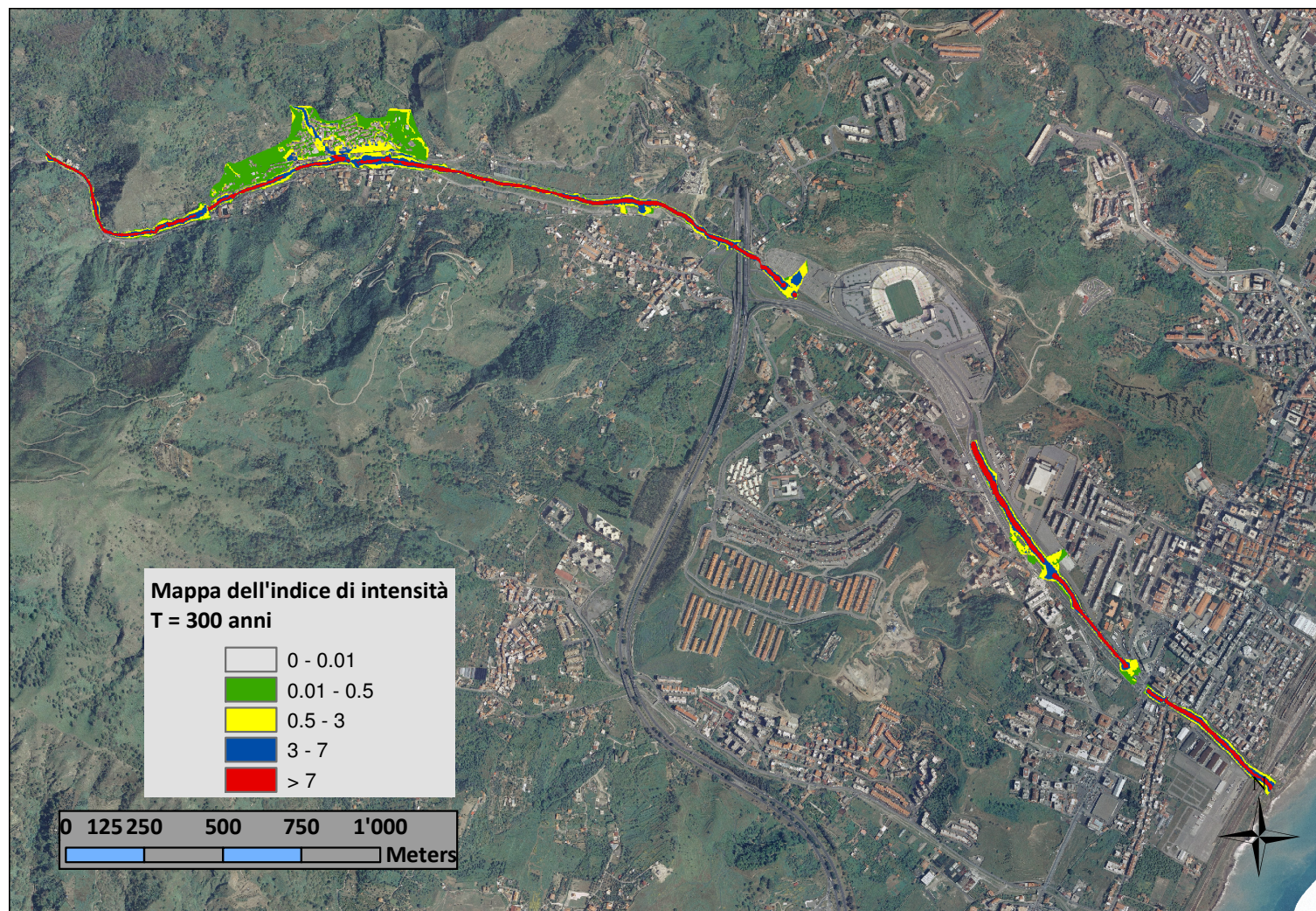


Figura 22 – Mapa dell'indice di intensità (T = 300 anni).

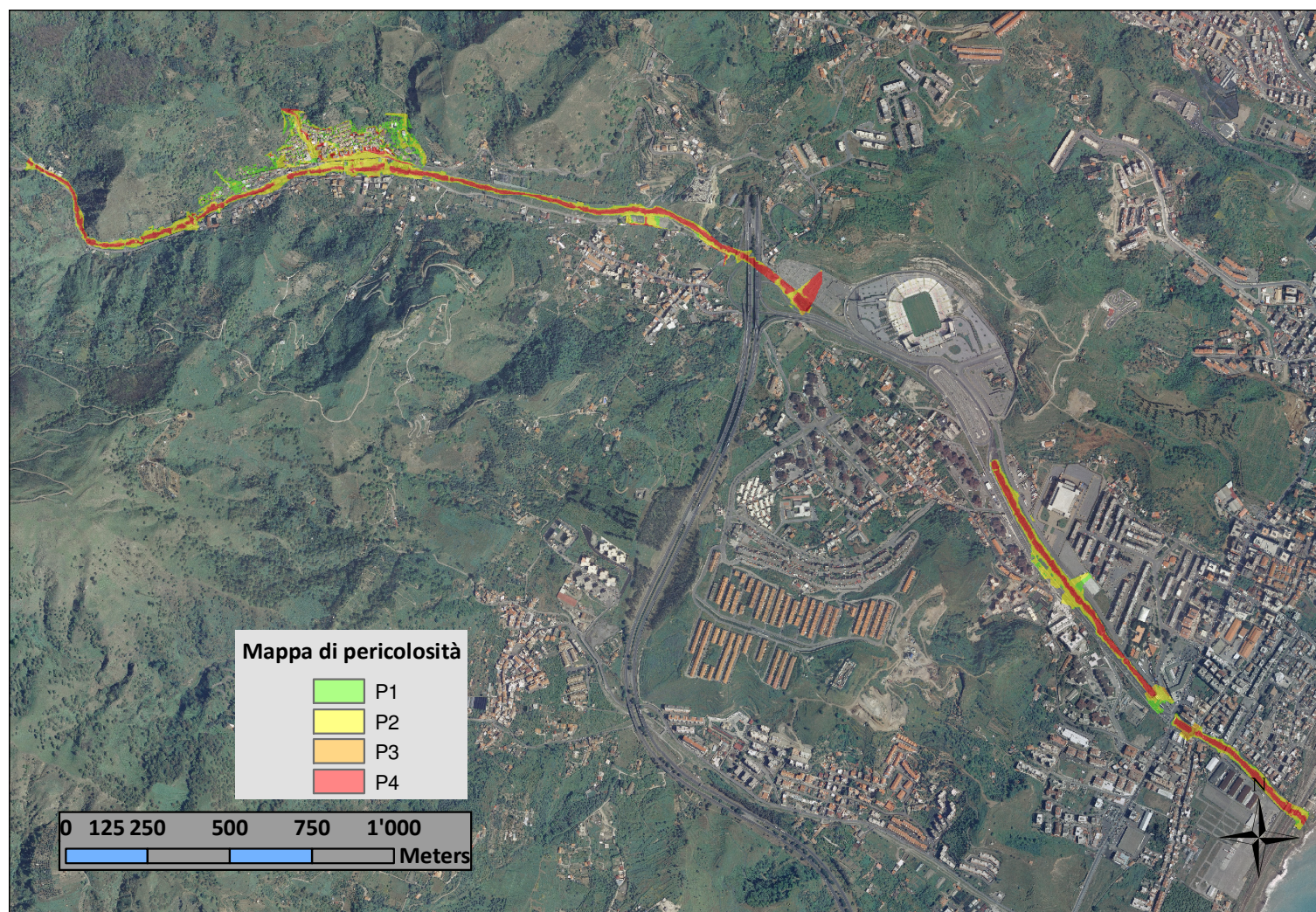


Figura 23 – Mappa di pericolosità.