



**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 8**  
**(BACINO DEL TORRENTE PAPARDO)**

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



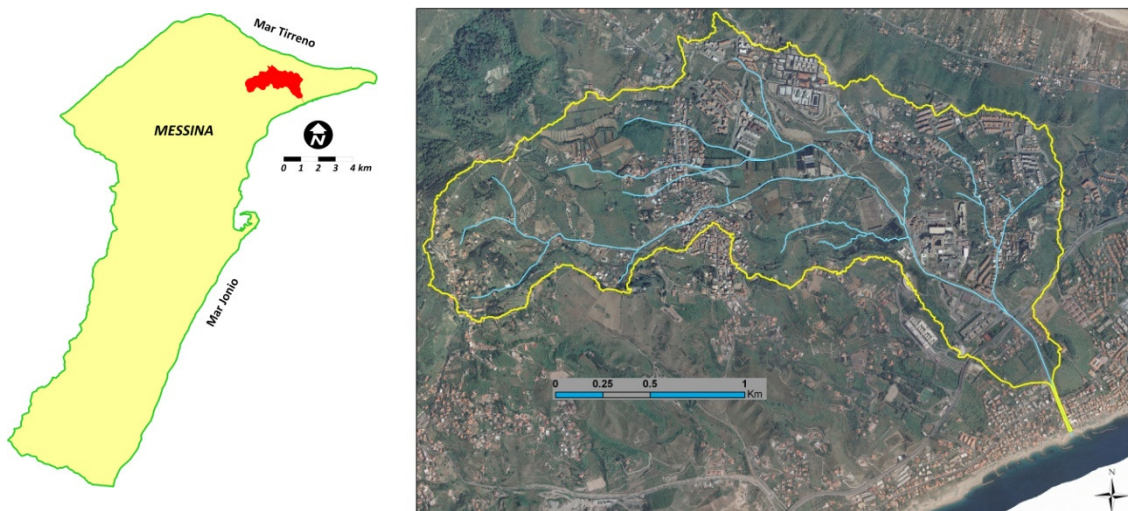
# 1

## INQUADRAMENTO TERRITORIALE

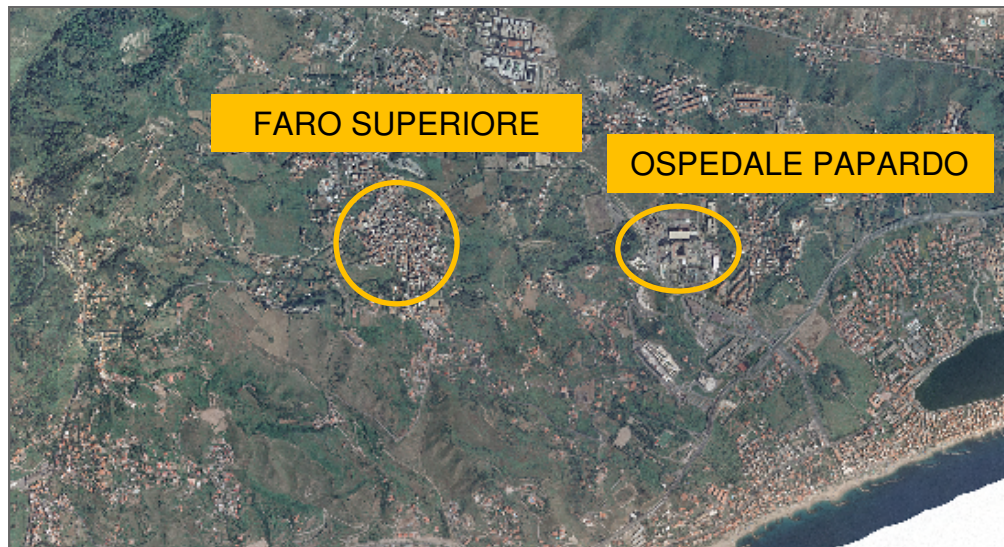
### DESCRIZIONE E FINALITÀ DELLA RICERCA

Il bacino del torrente Papardo è localizzato nella zona settentrionale del comune di Messina (Figura 1), e si estende per una superficie di circa 3.49 Km<sup>2</sup>.

All'interno del bacino ricadono l'abitato di Faro Superiore e l'Ospedale Papardo (Figura 2), la cui ubicazione rispetto alla rete di drenaggio naturale riveste particolare interesse da un punto di vista delle criticità idrauliche di seguito descritte.



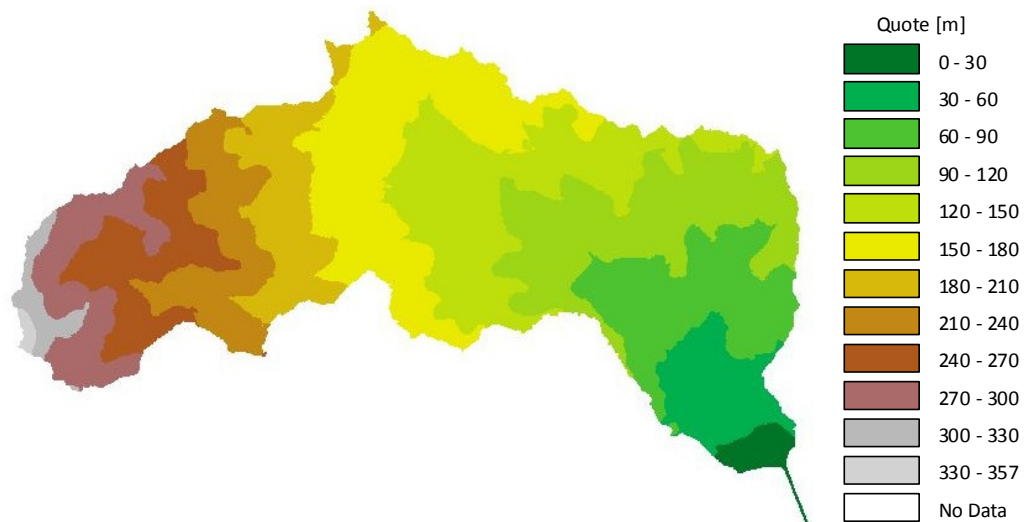
**Figura 1** – Provincia di Messina e localizzazione del bacino del torrente Papardo.



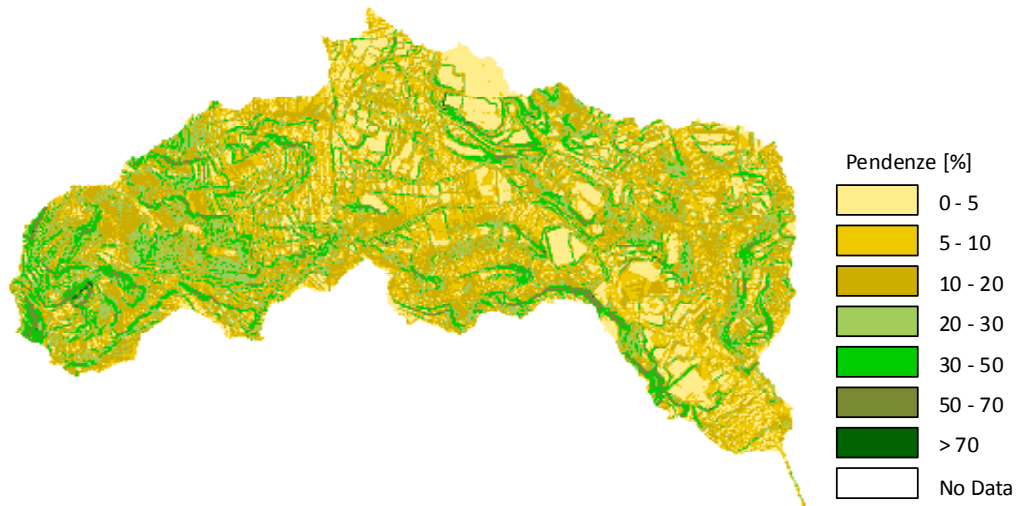
**Figura 1** – Localizzazione dell’abitato di Faro Superiore e dell’Ospedale Papardo

La lunghezza dell’asta principale del bacino è pari a circa 4.77 Km, con una pendenza media del 5.52 %. La pendenza media e altitudine media del bacino risultano pari rispettivamente a 17.64 % e 153.78 m.

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 Papardo (2 m ris.).



**Figura 4** – Mappa delle pendenze del bacino del torrente Papardo.

### CRITICITÀ IDRAULICHE

Il torrente Papardo, attraversando l’abitato di Faro Superiore e proseguendo coperto sotto il Viale Ferdinando Stagno d’Alcontres, incontra una serie di punti critici per il suo regolare deflusso.

Nel muoversi all’interno di Faro Superiore il torrente, asfaltato, coincide con la via Belvedere per un lungo tratto fino ad un tentativo di separazione dei due subito a monte dell’incrocio con Via Bellini. L’attraversamento di tale incrocio, per di più, è demandato ad un tombino parzialmente occluso, di 2 metri per 1.7 m di sezione, collocato in corrispondenza di una tubazione di un acquedotto (Figura 5).



**Figura 5** – Tombino presente nella località di Faro Superiore (visto da monte e da valle).

Tra Faro Superiore e il Viale Ferdinando Stagno d’Alcontres il torrente e la “strada”, stavolta sterrata, continuano il loro percorso paralleli ma mai davvero separati fino agli ultimi 600 metri (nei quali è comunque significativa la presenza di vegetazione e sono localizzate diverse opere, come si può notare dalla Figura 6).

Subito a monte dell'Ospedale Papardo (in corrispondenza del campo di rugby), dove il corso del torrente è reso più regolare da sponde in gabbioni, l'alveo è attraversato da un guado artificiale costituito da una piccola briglia che di fatto connette idraulicamente il torrente con la strada prospiciente (Figura 7).



**Figura 6** – Opere strutturali (e vegetazione) presenti in alveo.



**Figura 7** – Guado realizzato a monte dell'imbocco della copertura.

Infine, l'imbocco della copertura è localizzato proprio all'altezza dell'Azienda Ospedaliera Papardo da una parte e della sede dell'Istituto per i processi chimico-fisici (IPCF) del Consiglio

Nazionale delle Ricerche dall'altra, con una sezione di 6.40 metri di larghezza per 2.60 metri d'altezza (Figura 8).



**Figura 8** – Imboccatura della copertura del torrente, all'altezza dell'Ospedale Papardo.

---

# 2

## RISULTATI

---

### SOTTOBACINI ANALIZZATI

Con riferimento al torrente Papardo sono state individuate tre sezioni critiche e sono stati delimitati i corrispondenti sottobacini luogo dell'afflusso e del successivo deflusso delle portate liquide che contribuiscono alla formazione degli idrogrammi in ingresso al dominio di calcolo (Figura 9).



**Figura 9** - Sottobacini del Torrente Papardo analizzati nell'ambito dello studio idrologico

Il sottobacino più a valle (somma delle tre porzioni colorate) ha un'estensione di 2.40 Km<sup>2</sup>, quello intermedio (campito in verde e viola) ha una superficie di 1.84 Km<sup>2</sup>, infine quello più a monte (campito in viola) ha una superficie di 0.60 Km<sup>2</sup>.

### 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 tre sottobacini del torrente Papardo analizzati.

Bacini	Tempi di corrivazione (minuti)		
	(T= 50 anni)	(T= 100 anni)	(T= 300 anni)
Sottobacino monte	25.5	23.2	20.1
Sottobacino intermedio	43.0	39.1	33.9
Sottobacino valle	51.2	46.6	40.4

Poiché i tempi di corrivazione risultano sempre inferiori all'ora, per il calcolo delle altezze di pioggia di fissato tempo di ritorno T è stata utilizzata la formula di Ferreri e Ferro (Ferro, 2002):

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

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 32.047 per il bacino del torrente Papardo.

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.

**Tabella 2:** Precipitazioni totali e nette (in mm) corrispondenti ai tre sottobacini del torrente Papardo 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
Sottobacino monte	56.15	63.73	77.06	85	27.7	33.7	44.9
Sottobacino intermedio	68.70	77.98	94.28	80	30.9	38.0	51.1
Sottobacino valle	73.49	83.41	100.86	80	34.5	42.3	56.5

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.

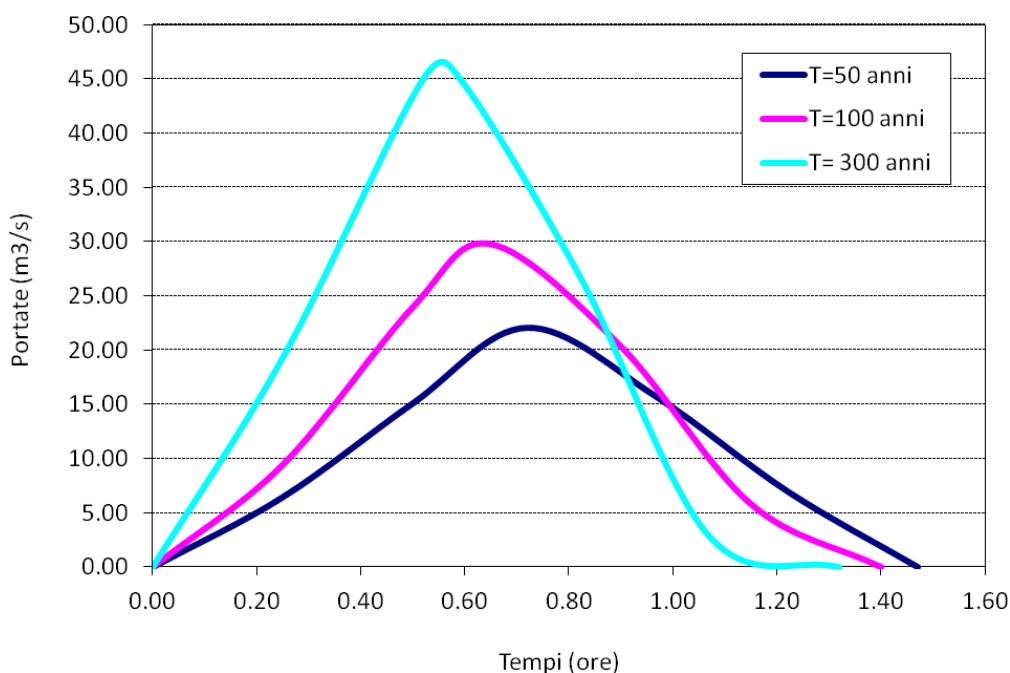
In particolare, ipotizzando che l'intensità di pioggia si mantenga costante durante tutta la durata dell'evento, ovvero ipotizzando ietogrammi di progetto di tipo rettangolare, le portate di piena al colmo per i diversi tempi di ritorno considerati sono state valutate applicando la ben nota formula razionale.

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.

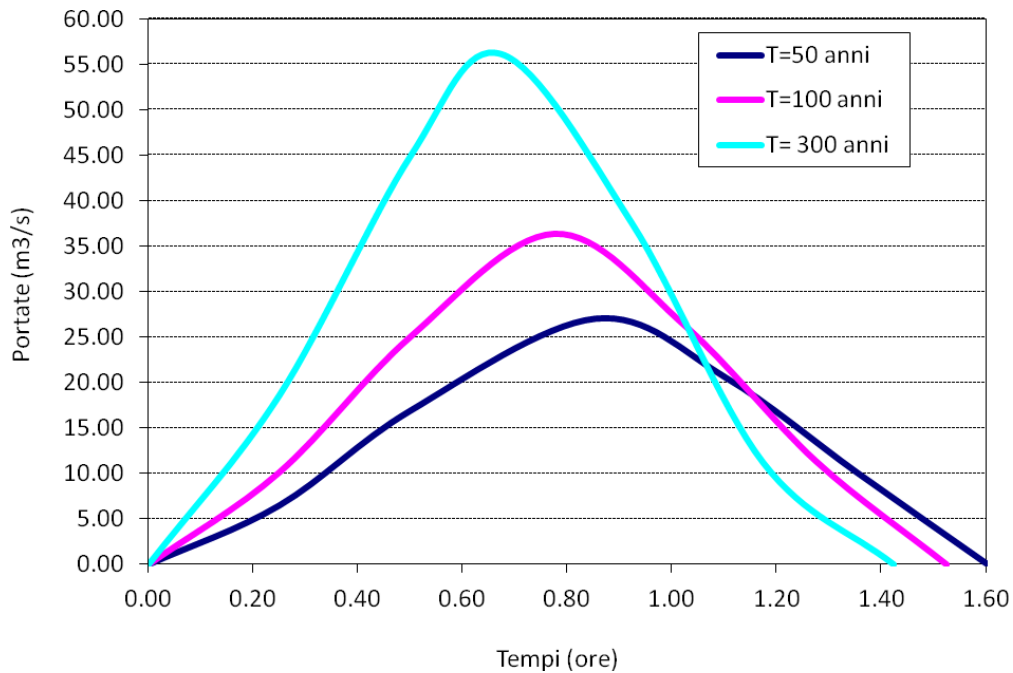
**Tabella 3:** Ietogrammi di progetto e portate di piena al colmo relativi ai tre sottobacini del torrente Papardo considerati

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
Sottobacino monte	10.81	14.48	22.21	16.53	20.15	26.80
Sottobacino intermedio	22.05	29.79	46.18	57.63	70.83	95.73
Sottobacino valle	27.03	36.38	56.10	81.14	101.11	137.54

Per completezza si riportano, altresì, gli idrogrammi di piena calcolati con il metodo di corrivazione relativi al sottobacino intermedio e al sottobacino di valle (cfr. Figure 10 e 11).



**Figura 10** – Idrogrammi di piena relativi al sottobacino intermedio del torrente Papardo



**Figura 11** – Idrogrammi di piena relativi al sottobacino di valle del torrente Papardo

Per il sottobacino di monte dato che il suo 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.

## ANALISI IDRAULICHE

Il torrente Papardo, come si può evincere dalla descrizione che ne è stata fatta in precedenza, attraversa le zone urbanizzate di Faro Superiore e del Viale d'Alcontres in condizioni molto diverse: confondendosi completamente con le strade nel primo caso; incanalato nel secondo. Per questo è stato necessario modellare i due tratti di torrente in maniera diversa e, in particolare, utilizzando un modello bidimensionale all'interno di Faro superiore e accoppiando a questo un modello monodimensionale (Hec-RAS) per la parte restante del torrente, fino alla sezione di chiusura.

### Modellazione bidimensionale

Con l'analisi ed il rilievo dei luoghi, è stato possibile definire i contorni dell'area potenzialmente inondabile, indicata in figura 12.

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.



**Figura 12** – Dominio di calcolo utilizzato per il modello bidimensionale.

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 4790 elementi triangolari sulla base di 3001 nodi con una dimensione media dell'elemento pari a circa  $6.7 \text{ m}^2$ .

In tabella 4 si sintetizzano le caratteristiche del dominio e della mesh.

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

Area totale ( $\text{km}^2$ )	Elementi	Numero di nodi	Area media degli elementi ( $\text{m}^2$ )
0.032	4790	3001	6.68

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 il sottobacino " monte" per i soli deflussi liquidi.

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

T (anni)	50	100	300
Portate (m <sup>3</sup> /s)	10.81	14.48	22.21

#### 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 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.

Il tratto modellato ha una lunghezza di circa 1500 m (Figura 13) e si sviluppa dall'abitato di Faro Superiore sino all'imbocco della copertura in corrispondenza dell'Ospedale Papardo.

Il tratto è stato discretizzato in sezioni trasversali con equidistanza di 20 metri (Figura 13). Per tenere conto della presenza dei salti di fondo in alveo le sezioni sono state infittite, fino a distanziarle di 4-5 metri.

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, agli attraversamenti e alla copertura del tratto terminale (Figura 14).

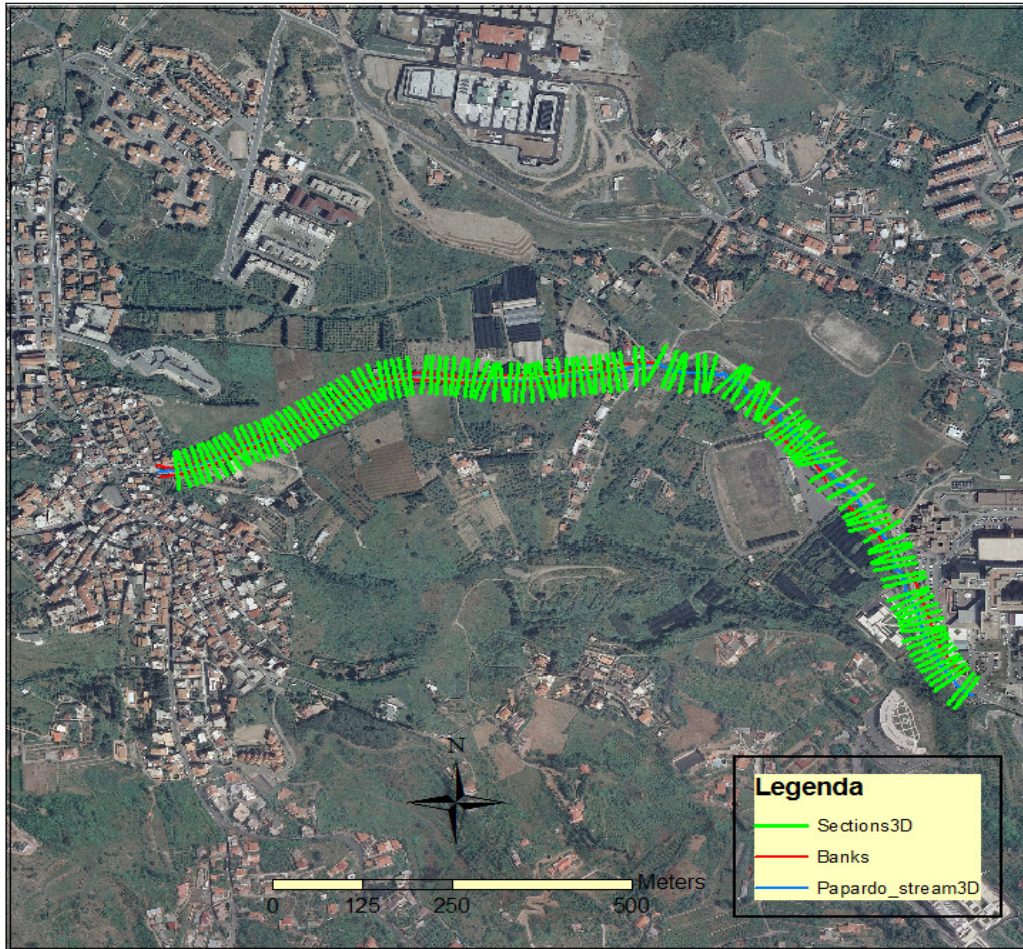


Figura 13 – Modello della geometria del torrente Papardo realizzato con Hec-Geo-RAS.

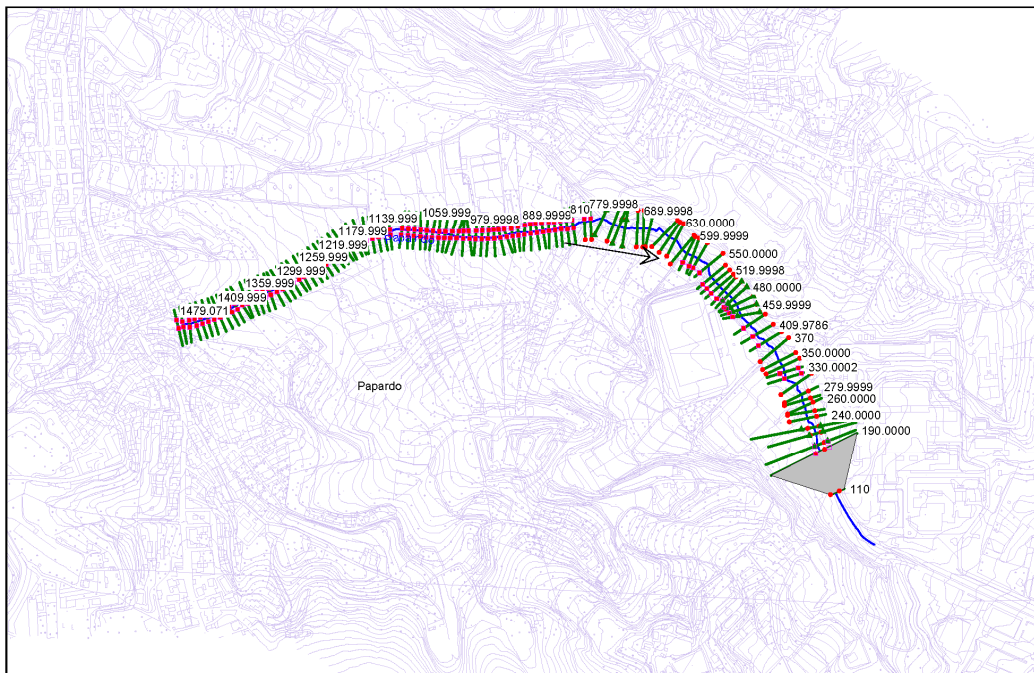


Figura 14 – Geometria finale del modello realizzato in Hec-RAS.

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).

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; 2) sezione intermedia corrispondente alla sezione di chiusura del sotto bacino intermedio; 3) sezione di imbocco della copertura sono state considerate le portate in ingresso i cui valori sono riportati in Tabella 3.

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.

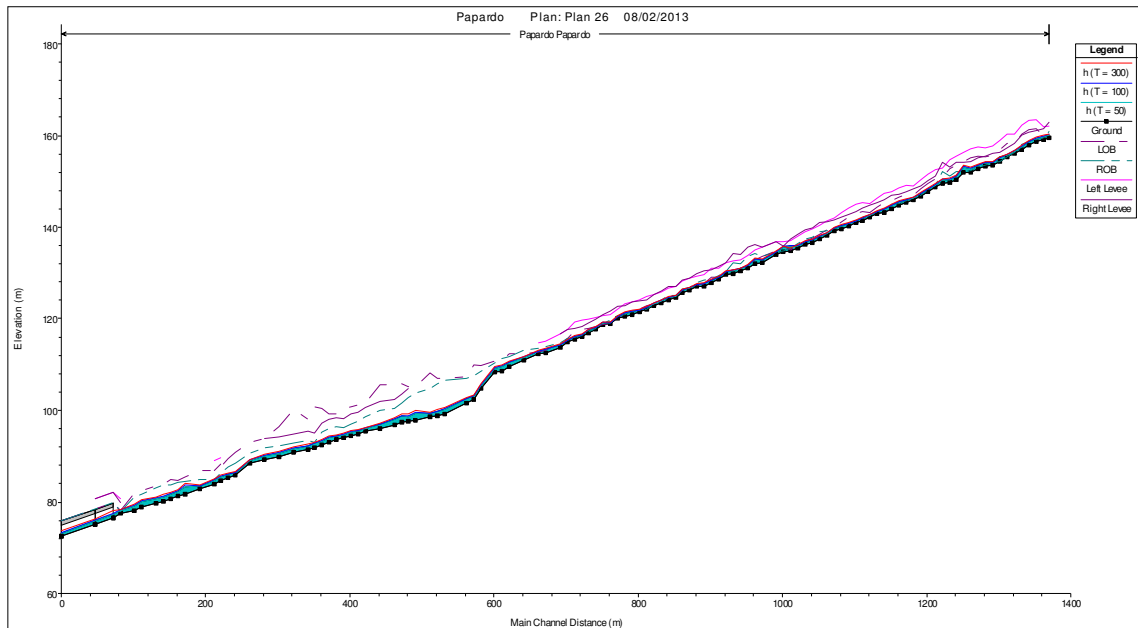
I parametri di scabrezza utilizzati nel modello monodimensionale sono stati dedotti dall'esame delle Ortofoto ATA 07/08 e dalle osservazioni fatte in occasione dei sopralluoghi effettuati. Quanto detto ha condotto alla scelta dei valori del coefficiente di Manning riportati nella Tabella 6. Si fa notare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

<b>Coefficienti di Manning (<math>m^{-1/3} s</math>)</b>	
<b>Alveo</b>	0.050
<b>Aree esterne</b>	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 15** – 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 16-21 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 22).

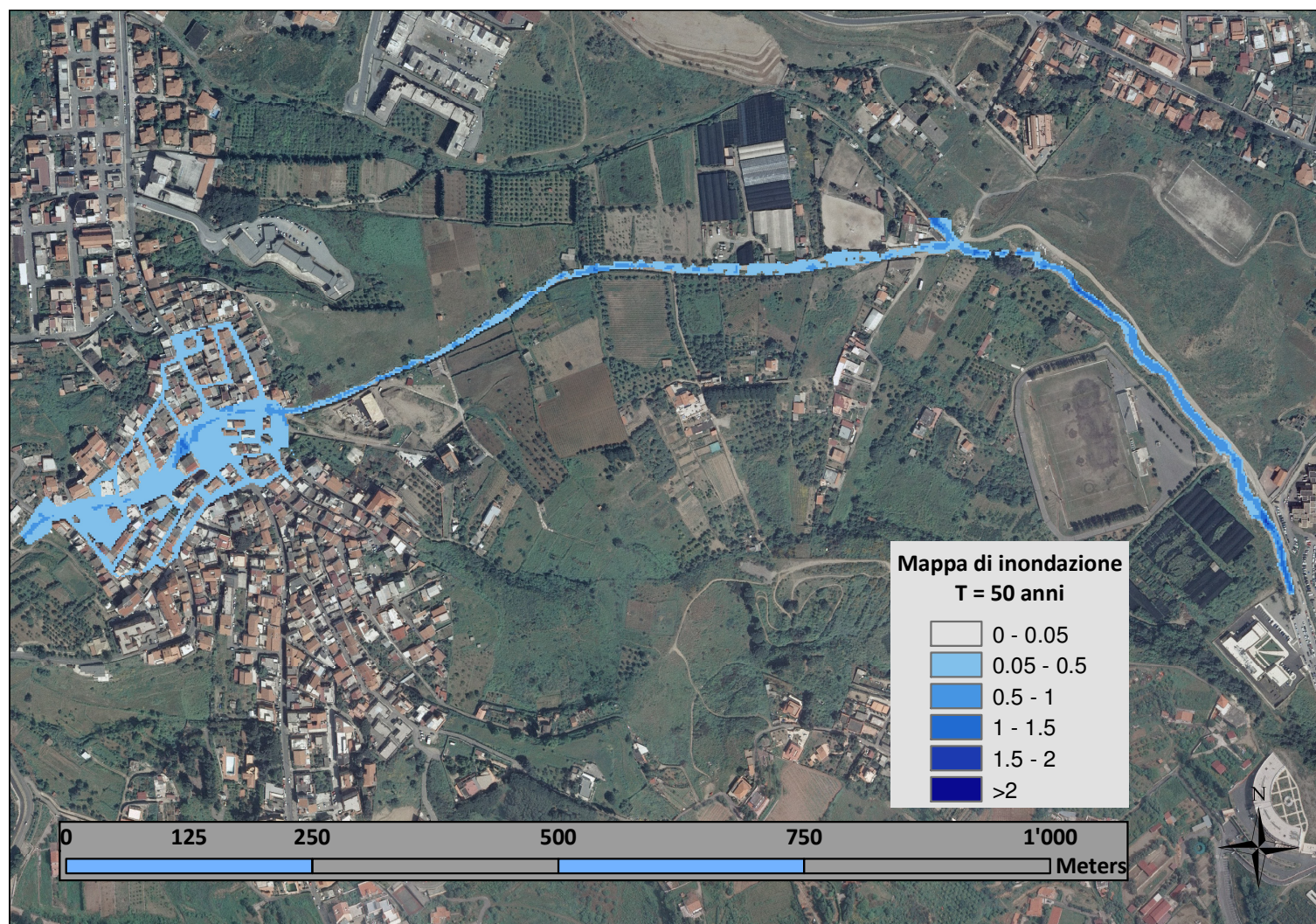


Figura 16 – Mappa di inondazione (T = 50 anni).

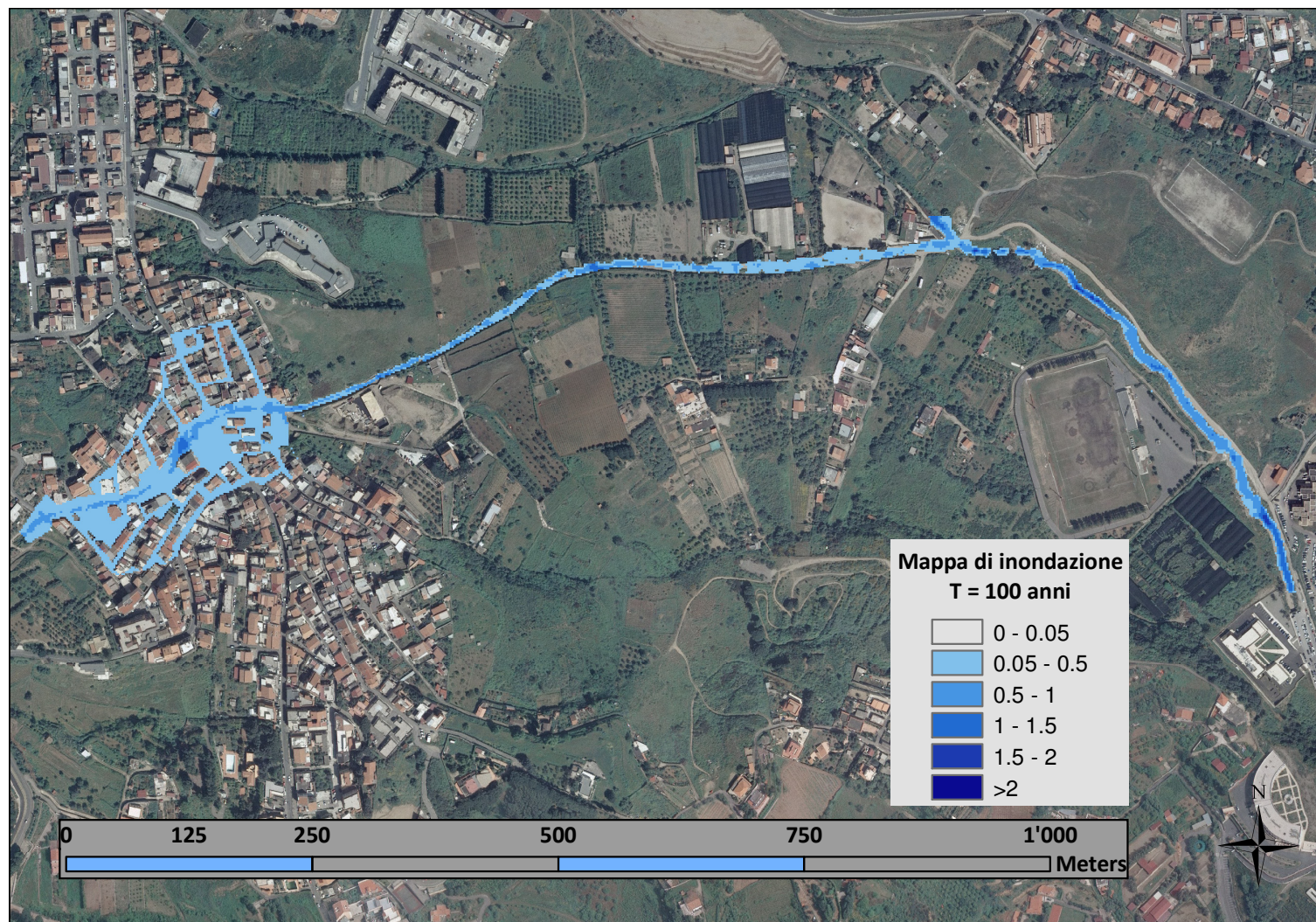


Figura 17 – Mappa di inondazione (T = 100 anni).

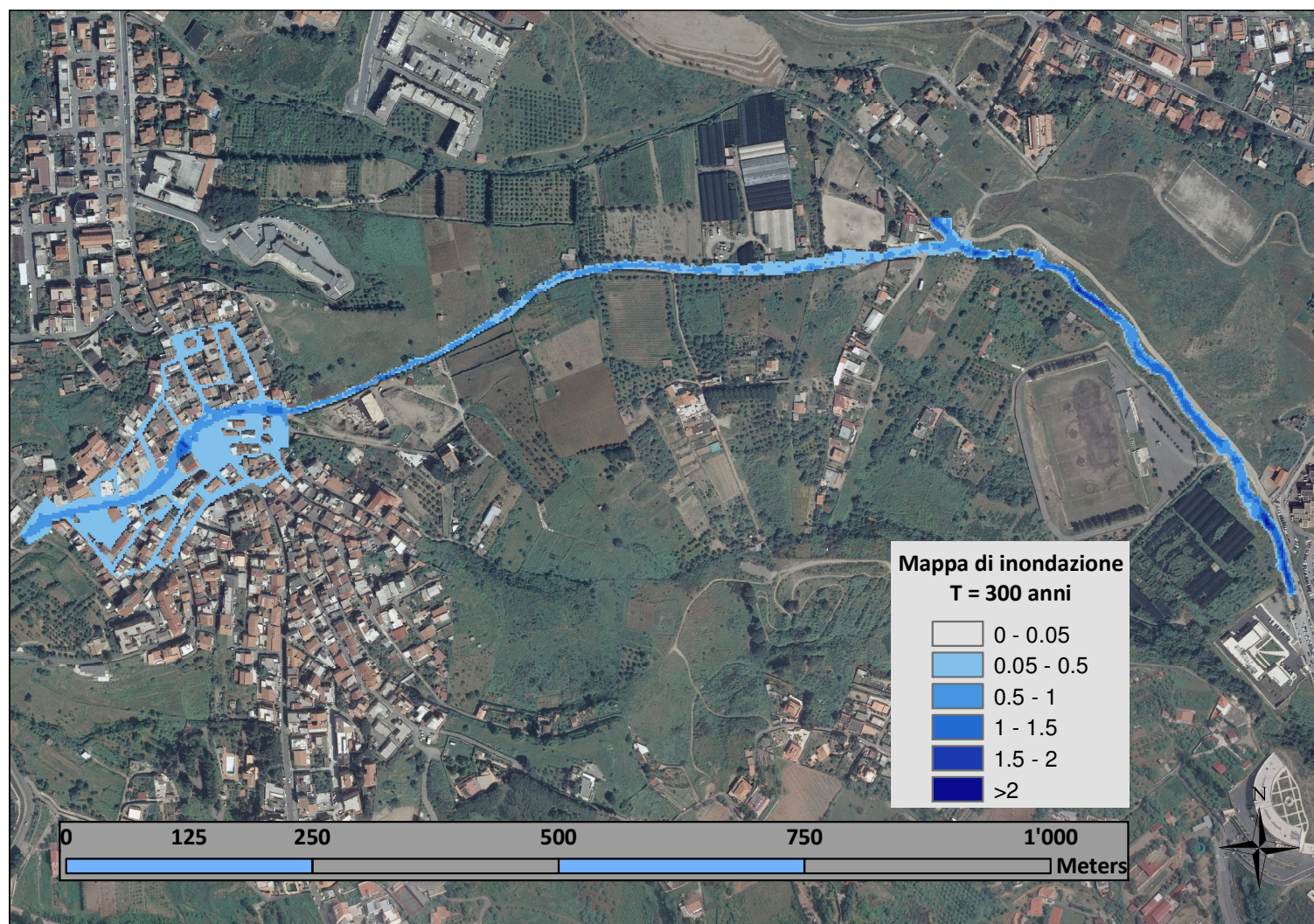


Figura 18 – Mappa di inondazione (T = 300 anni).

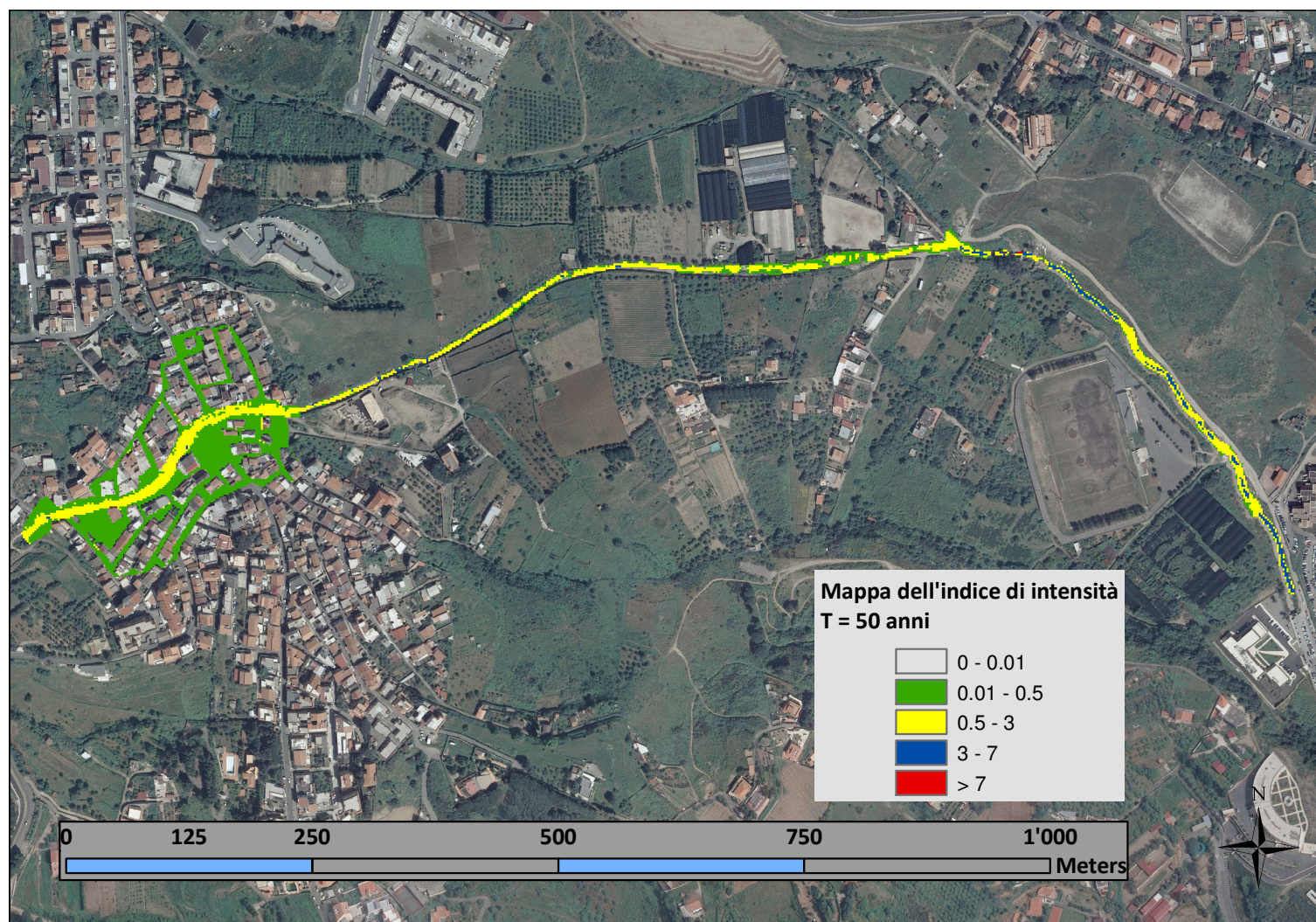


Figura 19 – Mapa dell'indice di intensità (T = 50 anni).

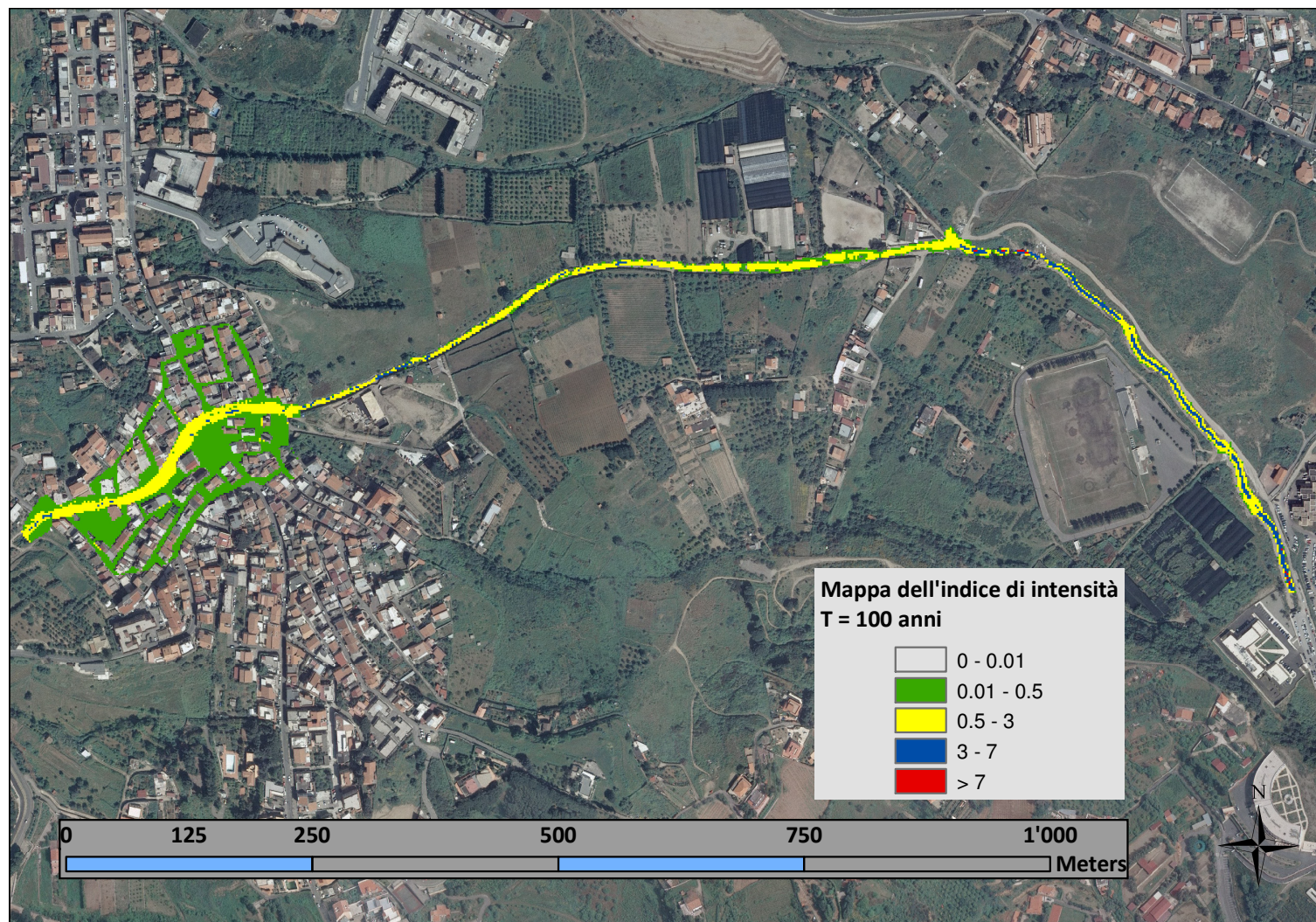


Figura 20 – Mapa dell'indice di intensità (T = 100 anni).

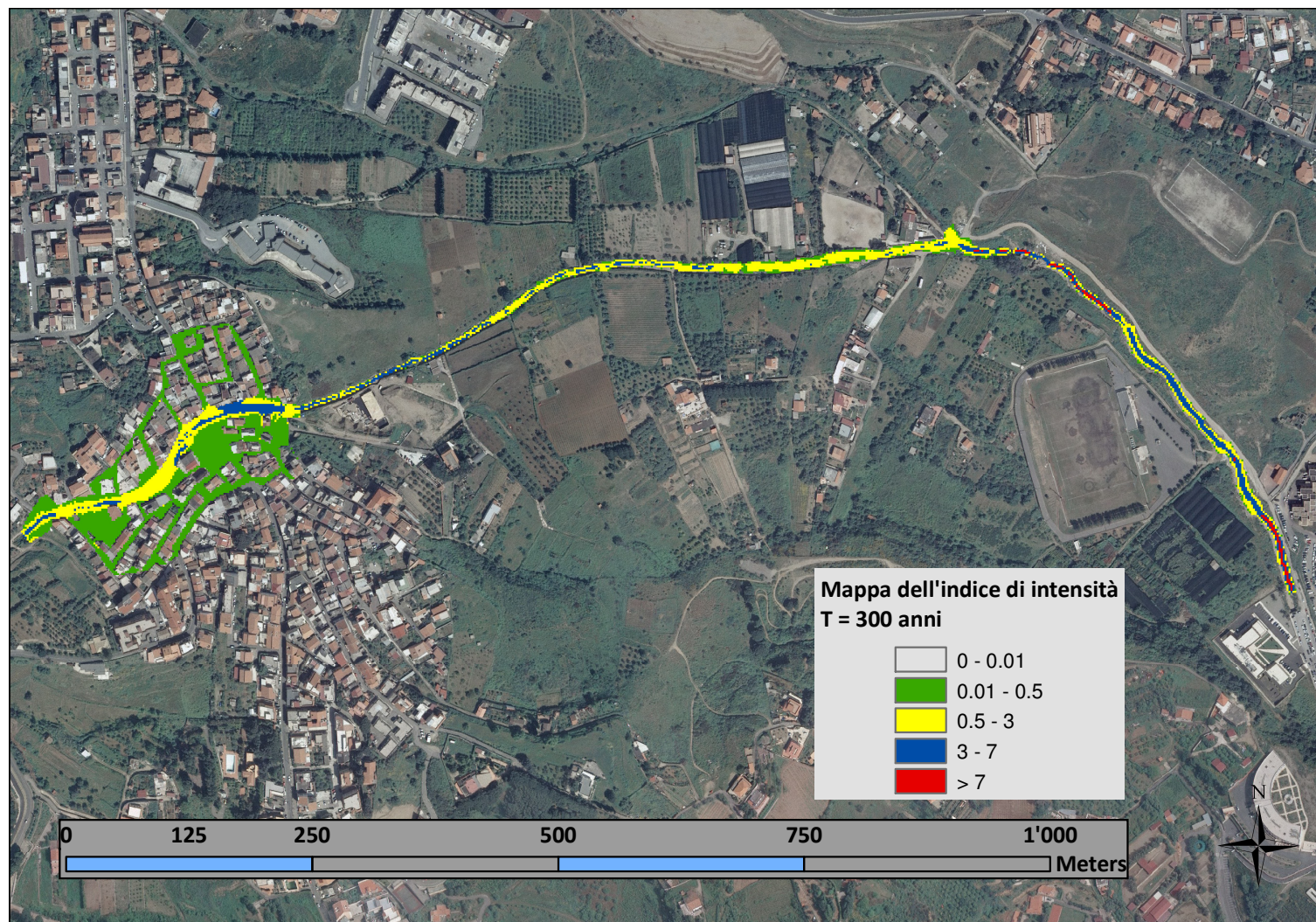


Figura 21 – Mapa dell'indice di intensità (T = 300 anni).

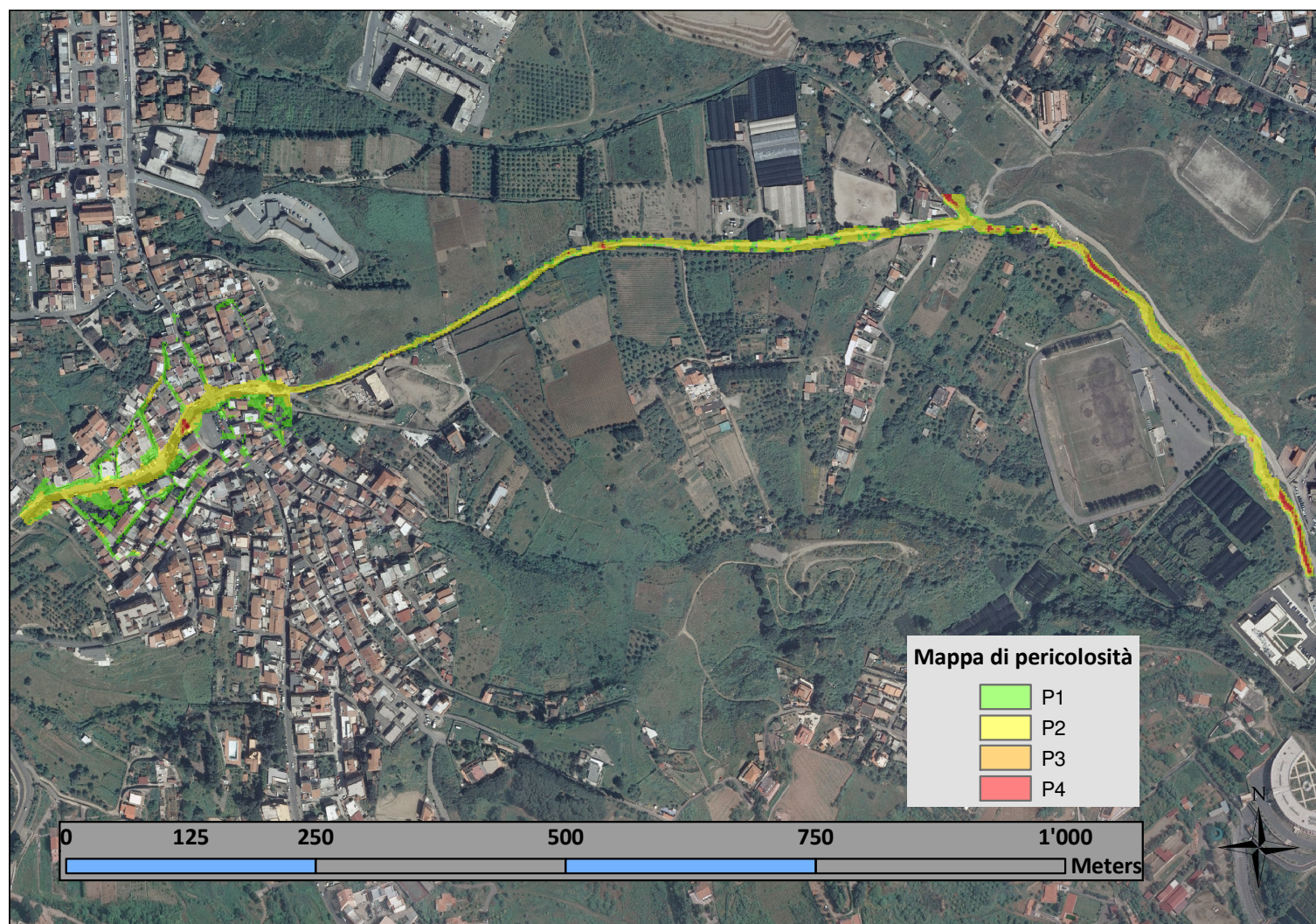


Figura 22 – Mappa di pericolosità idraulica