



**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 2**  
**(BACINO DEL TORRENTE MILI)**

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

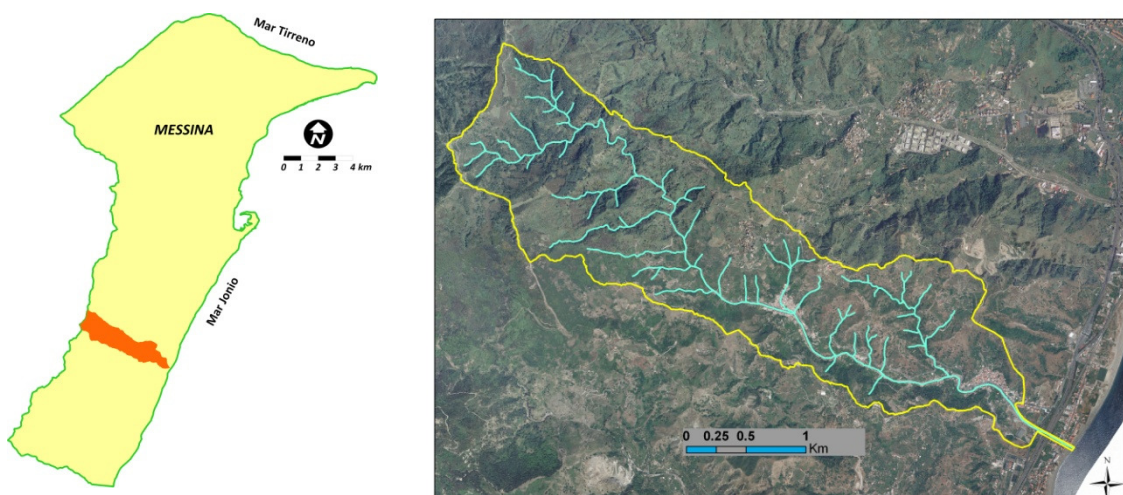


# 1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

## DESCRIZIONE E FINALITÀ DELLA RICERCA

Il bacino del Torrente Mili si snoda tra gli abitati di Mili S. Pietro e Mili S. Marco (Figura 1), localizzati nella Circostrizione I del Comune di Messina.

Particolarmente esposto al rischio di esondazione da parte del Torrente Mili, a seguito di eventi di pioggia intensi, è l'abitato di Mili Marina (Figura 2).



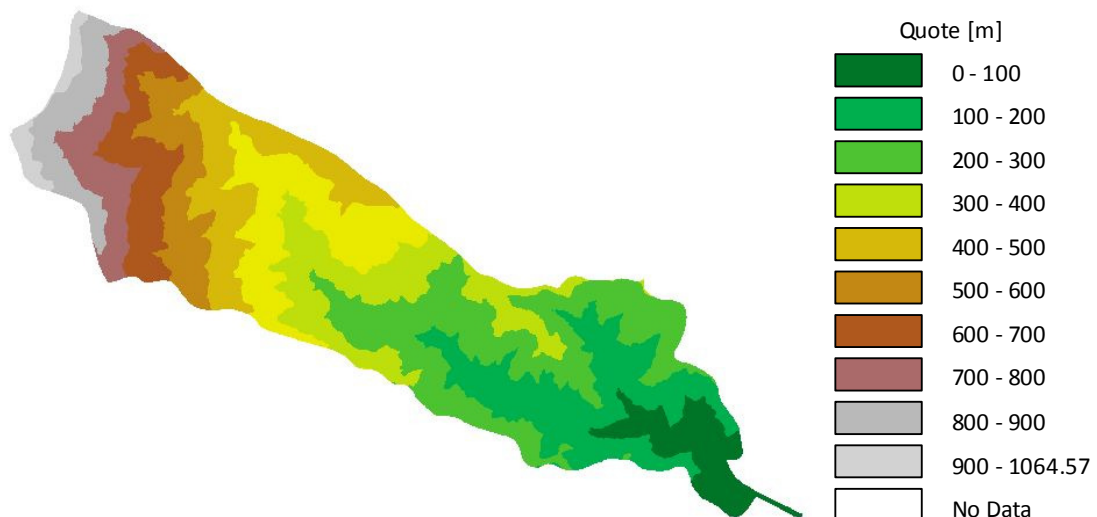
**Figura 1** – Provincia di Messina e localizzazione del bacino del Torrente Mili



**Figura 2** - Torrente Mili con localizzazione degli abitati di Mili S. Pietro, Mili S. Marco e Mili Marina.

Il bacino del Torrente Mili si estende per una superficie di 5.60 Km<sup>2</sup>. La lunghezza dell'asta principale del bacino è pari a circa 7.63 Km, con una pendenza media del 11 %. La pendenza media e altitudine media del bacino risultano pari rispettivamente al 65% e 451.06 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 Mili (2 m ris.).



Figura 4 – Mappa delle pendenze del bacino del Torrente Mili.

### CRITICITÀ IDRAULICHE

Da valle fino a Mili San Marco e poi nuovamente in corrispondenza di Mili San Pietro, il torrente è costeggiato dalla strada provinciale SP38, via d'accesso principale nonché unica arteria di collegamento tra i due paesi. La strada è sopraelevata rispetto al letto del torrente, grazie ad un rilevato sostenuto, in corrispondenza dei due abitati, dagli stessi muri di sponda in pietra di fiume dell'alveo. Data l'assenza o l'inadeguatezza dei tombini in corrispondenza di alcuni nodi di collegamento con impluvi minori, l'acqua e il fango da essi convogliati scorrono lungo la stessa strada e, nei casi più gravi, la ostruiscono o addirittura ne abbattano i parapetti (Figura 5).

All'interno dell'alveo è presente molto materiale solido, in parte legato ai fenomeni di trasporto e deposito che lo interessano, in parte probabilmente riversato al suo interno dopo essere stato asportato dalle strade interessate dagli ultimi eventi di colata (Figura 6).

Il restringimento della sezione dell'alveo causato dalla presenza di tale materiale diventa particolarmente critico in presenza di manufatti di attraversamento nel tratto vallivo del torrente, in prossimità di Mili Marina, località spesso interessata da inondazioni (Figura 7).



**Figura 5** – Parapetto e palo della luce abbattuti da una colata che, scendendo dai versanti l'1 marzo 2011, ha attraversato la SP38.



**Figura 6** - Particolare del materiale presente nell'alveo del Torrente Mili, in corrispondenza dell'abitato di Mili San Pietro.



**Figura 7** – Sezione d'alveo del Torrente Mili localizzata in corrispondenza di Mili Marina: il ponticello pedonale ostacola il deflusso delle portate.

#### **MILI S. MARCO – CARATTERISTICHE**

La frazione di Mili San Marco dista circa 12 km dallo stesso in direzione sud-ovest e si trova ad un'altitudine media di 97 metri s.l.m. È attraversata dalla SP38, che la collega al vicino villaggio di Mili San Pietro e alla SS114, unico collegamento diretto con la città.

L'abitato sorge lungo le sponde del torrente Mili, separato da quest'ultimo dal rilevato (sostenuto lungo i fianchi da muri di sponda in pietrame) della SP38. Proprio in corrispondenza della piazza del paese, si apre un tombino sotto la strada, che mette la piazza in contatto diretto con l'alveo del torrente (vedere Figure 8 e 9), rendendola quasi una vasca di accumulo per il materiale che, proveniente dai versanti, si muove per raggiungere il torrente.

Gli edifici dell'abitato si estendono sui versanti costeggiando degli impluvi minori, tombati in corrispondenza delle abitazioni e con griglie per il drenaggio (non sempre opportunamente mantenute, come si evince dalla Figura 10).

Per questa particolare configurazione del paese, le sue stesse strade fungono spesso da rete di drenaggio per le portate liquide, ma anche solide. È possibile constatare l'assuefazione degli abitanti ai fenomeni di colata rapida consultando il sito internet del paese ([www.milisanmarco.it](http://www.milisanmarco.it)), nel quale l'"emergenza alluvione" è annoverata come principale problema del paese e i cittadini non tardano ad inserire foto che testimoniano gli eventi di colata quando questi hanno luogo, si confrontano sulle possibili soluzioni, consultano le previsioni meteo.

Del resto non potrebbe essere diversamente in un paese in cui, all'interno dei labirintici vicoli che si snodano tra gli edifici, i sistemi di drenaggio si fondono in maniera spesso "fantasiosa" con strade e abitazioni (come si può notare dalla Figura 11).



**Figura 8** - Tombino che collega la piazza di Mili San Marco direttamente all'alveo del torrente, visto dalla piazza.



**Figura 9** - Tombino che collega la piazza di Mili San Marco direttamente all'alveo del torrente, visto dall'interno dell'alveo.



**Figura 10** – Particolare delle griglie per lo smaltimento delle portate subito a monte di Mili San Marco



**Figura 11** – Tombino inglobato in un'abitazione di Mili San Marco

### **MILI S. PIETRO – CARATTERISTICHE**

L'abitato di Mili San Pietro, diversamente da Mili San Marco, si trova a quota sopraelevata rispetto all'alveo del torrente ma, anche qui, l'inadeguatezza dei sistemi di drenaggio e la collocazione del paese lungo un impluvio laterale del torrente lo espongono a fenomeni di

colate rapide che si muovono lungo le sue stradine (particolarmente critica la Via Burrone Marra, come si può notare nelle figure 12 e 13).



**Figura 12** – Via Burrone Marra a Mili San Pietro



**Figura 13** – Particolare di Via Burrone Marra a Mili San Pietro dopo l'evento del 1 marzo 2011.

Ulteriore elemento di criticità, stavolta per volumi che possono esondare dall'asta principale sono tre ponticelli molto ravvicinati recentemente ultimati per migliorare il collegamento tra le due sponde del torrente Mili (Figura 14).



**Figura 14** – Ponticelli in corrispondenza di Mili San Pietro.

---

# 2

## RISULTATI

---

### SOTTOBACINI ANALIZZATI

Con riferimento al torrente Mili 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 (Figura 15).

Il sottobacino con sezione di chiusura in corrispondenza di Mili S. Marco (somma delle tre porzioni colorate), ha un'estensione di 5.27 Km<sup>2</sup>. A monte di esso sono stati identificati altri due sottobacini di interesse: uno in corrispondenza della frazione di Mili S. Pietro (campito in verde) con una superficie di 3.28 Km<sup>2</sup>, l'altro in sinistra idraulica (campito in giallo) con una superficie di 0.46 Km<sup>2</sup>. Quest'ultimo manifesta una forte propensione alla formazione di colate detritiche in seguito ad eventi pluviometrici severi.

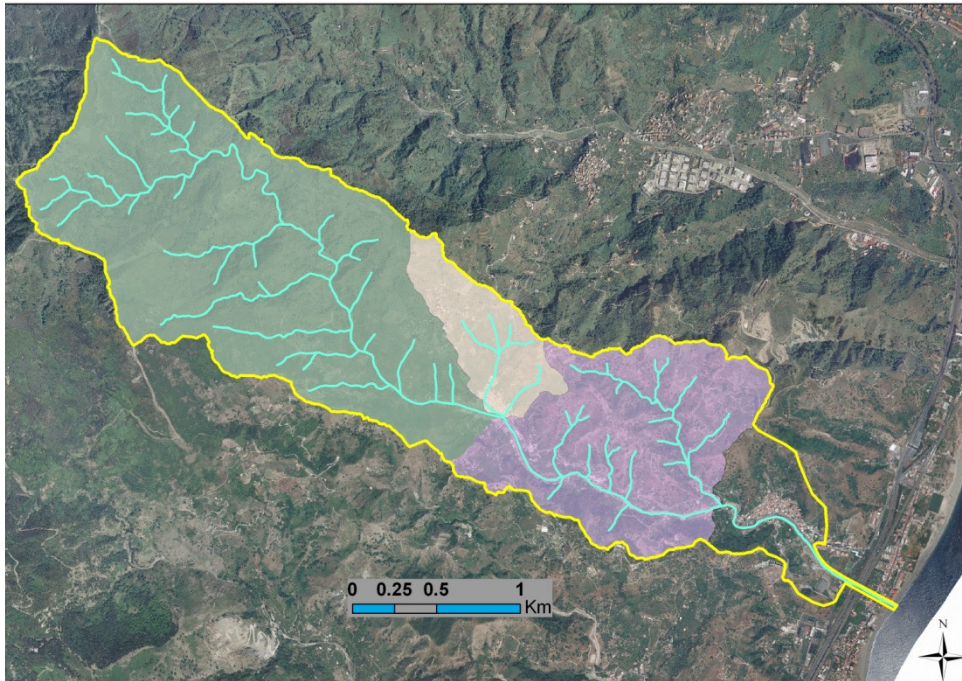


Figura 15 - Sottobacini del torrente Mili analizzati nell'ambito dello studio idrologico

### 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 Mili analizzati.

Bacini	Tempi di corrivazione (minuti)		
	(T= 50 anni)	(T= 100 anni)	(T= 300 anni)
Mili S. Pietro (asta principale)	43.2	39.4	34.3
Mili S. Pietro (impluvio laterale)	10.7	9.8	8.5
Mili S. Marco (asta principale)	61.5	56.1	48.9

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

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

Si osservi che 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 35.913 e 0.271 per il bacino del torrente Mili.

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 del sottobacino di Mili S. Pietro e del sottobacino minore in sinistra idraulica 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 il sottobacino in corrispondenza di Mili S. Marco sono stati, invece, costruiti per ogni tempo di ritorno considerato ietogrammi di progetto emi-simmetrici rispetto alla distribuzione delle fasce isocorve ricavabili dalla curva aree-tempi.

**Tabella 2:** Precipitazioni totali e nette (in mm) corrispondenti ai tre sottobacini del torrente Mili 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
Mili S. Pietro (asta principale)	77.1	87.6	106.1	78	35.2	43.2	58.2
Mili S. Pietro (impluvio laterale)	45.1	51.2	62.0	78	13.4	17.1	24.3
Mili S. Marco (asta principale)	87.3	100.4	121.6	78	42.9	53.5	71.2

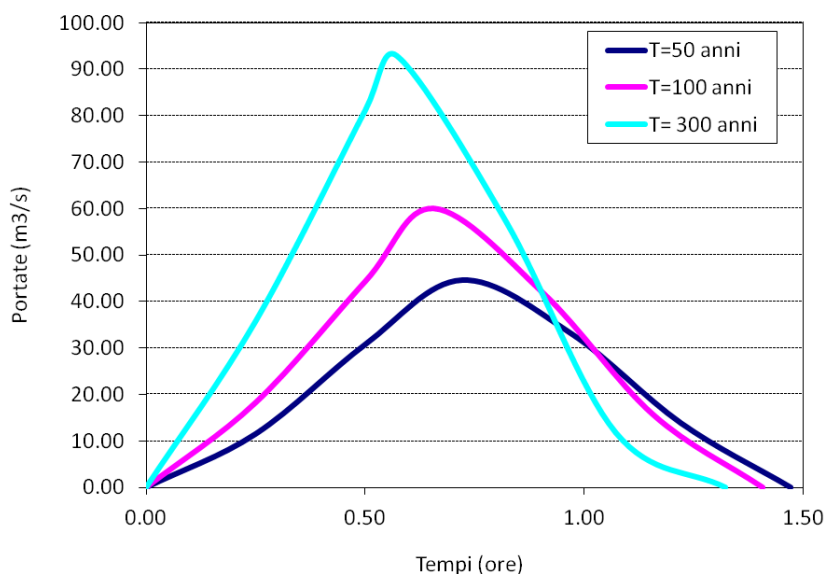
Con riferimento ai sottobacini di Mili S. Pietro e Mili S. Marco, le portate di piena al colmo, per i diversi tempi di ritorno considerati, sono state calcolate con il metodo di corrivazione, mentre nel caso del sottobacino minore (Mili S.Pietro – impluvio laterale), dato che il suo tempo di corrivazione 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.

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.

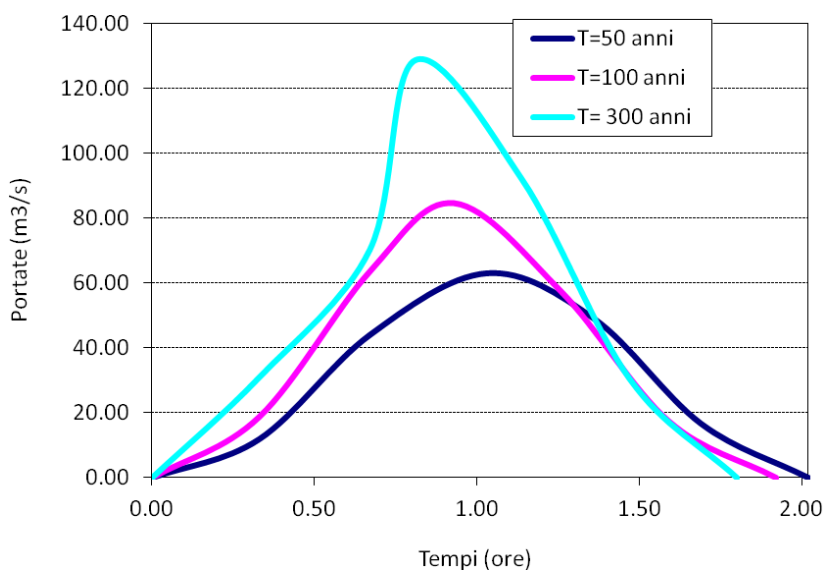
**Tabella 3:** Portate di piena al colmo e volumi di piena relativi ai tre sottobacini considerati.

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
Mili S. Pietro (asta principale)	44.60	60.02	92.81	116.37	144.52	194.88
Mili S. Pietro (impluvio laterale)	9.59	13.41	21.78	6.18	7.88	11.15
Mili S. Marco (asta principale)	62.88	84.78	128.89	225.59	270.37	352.57

Per completezza si riportano (Figure 16 e 17), altresì, gli idrogrammi di piena relativi al sottobacino di Mili S. Pietro (asta principale) e Mili S. Marco (asta principale).



**Figura 16** – Idrogrammi di piena relativi al sottobacino del torrente Mili con sezione a Mili S. Pietro.



**Figura 17** – Idrogrammi di piena relativi al sottobacino del torrente Mili con sezione a Mili S. Marco.

**ANALISI IDRAULICHE**

Il drenaggio delle portate defluenti all'interno degli abitati di Mili San Pietro e di Mili San Marco, data l'impossibilità da parte dei tratti tombati di effettuare un opportuno smaltimento e la particolare morfologia del territorio, è affidato a strade e sottopassi oltreché al reticolo idrografico. Il ruolo dei tombini diventa quindi fondamentale per garantire un corretto allontanamento dei volumi idrici dalle aree edificate.

Si è deciso quindi di usare un modello bidimensionale agli elementi finiti sia per studiare la propagazione all'interno dei due villaggi, che lungo l'asta principale del torrente, per considerare eventuali inondazioni delle zone limitrofe (dove sono presenti abitazioni isolate ed insediamenti agricoli).

Con l'analisi ed il rilievo dei luoghi, è stato possibile definire i contorni dell'area potenzialmente inondabile, indicata in figura 18.

In particolare, nelle zone in corrispondenza degli abitati di Mili San Pietro e Mili San Marco, così come lungo l'asta principale, si è scelto come contorno del dominio l'involuppo superiore delle quote che eventuali volumi esondati non possono raggiungere. Analogamente, in corrispondenza dell'abitato di Mili Marina, il dominio si è esteso in due direzioni: verso valle fino a raggiungere il mare; trasversalmente all'alveo fino a raggiungere i limiti di zone in quota.

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.

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 89743 elementi triangolari sulla base di 50392 nodi con una dimensione media dell'elemento pari a circa 10.8 m<sup>2</sup>. In tabella 4 si sintetizzano le caratteristiche del dominio e della mesh.

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

<b>Area totale (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Elementi</b>	<b>Numero di nodi</b>	<b>Area media degli elementi (m<sup>2</sup>)</b>
0.965	89743	50392	10.8

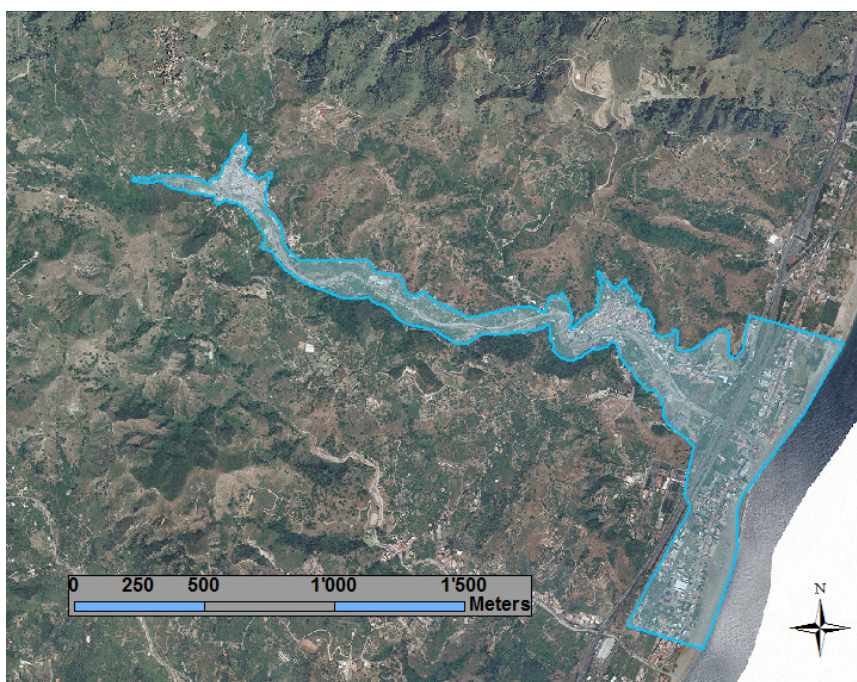


Figura 18 – Limite del dominio di calcolo

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).

Tabella 5 – Sintesi delle portate utilizzate nelle simulazioni ai diversi tempi di ritorno, con indicazione del fattore di amplificazione e della legge di resistenza implementata.

Portate utilizzate nelle simulazioni						
	T = 50 anni		T = 100 anni		T = 300 anni	
	$Q_l$ ( $m^3/s$ )	$Q_s$ ( $m^3/s$ )	$Q_l$ ( $m^3/s$ )	$Q_s$ ( $m^3/s$ )	$Q_l$ ( $m^3/s$ )	$Q_s$ ( $m^3/s$ )
Mili S. Pietro (asta principale)	44.60	60.66	60.02	81.63	92.81	126.22
Mili S.Marco (asta principale)	62.88	85.52	84.78	115.30	128.89	175.29
Mili S. Pietro (impluvio laterale)	9.51	22.82	13.41	32.18	21.78	52.27

} **1.36**  
 Debris flow immaturo

} **2.40**  
 Debris flow maturo

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).

Per la valutazione delle portate solide (Tabella 5) sono stati utilizzati fattori di amplificazione delle portate liquide differenti per i diversi sottobacini in funzione delle pendenze degli alvei (cfr. Relazione Generale).

## **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 19-24 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.

Le altezze idriche maggiori si riscontrano lungo le strette vie di deflusso all'interno dei villaggi e, come ci si aspettava, in corrispondenza dei tombini e dei sottopassi, proprio all'interno degli avvallamenti più profondi. Anche lungo l'alveo del torrente le aree nelle quali si accumulano volumi idrici corrispondono alle reali depressioni superficiali riscontrate in sito, circostanza che conferma non solo la correttezza delle quote fornite dal DEM, ma anche la corretta modellazione delle stesse effettuata dai programmi di calcolo. Le altezze idriche maggiori in corrispondenza delle zone più scabre e a monte degli attraversamenti, infine, rispecchiano il rallentamento e il conseguente accumulo del materiale in tali zone, per effetto delle maggiori resistenze (dovute alle scabrezze elevate) e dei rigurgiti (dovuti alla riduzione della sezione in corrispondenza dei ponti).

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 25).

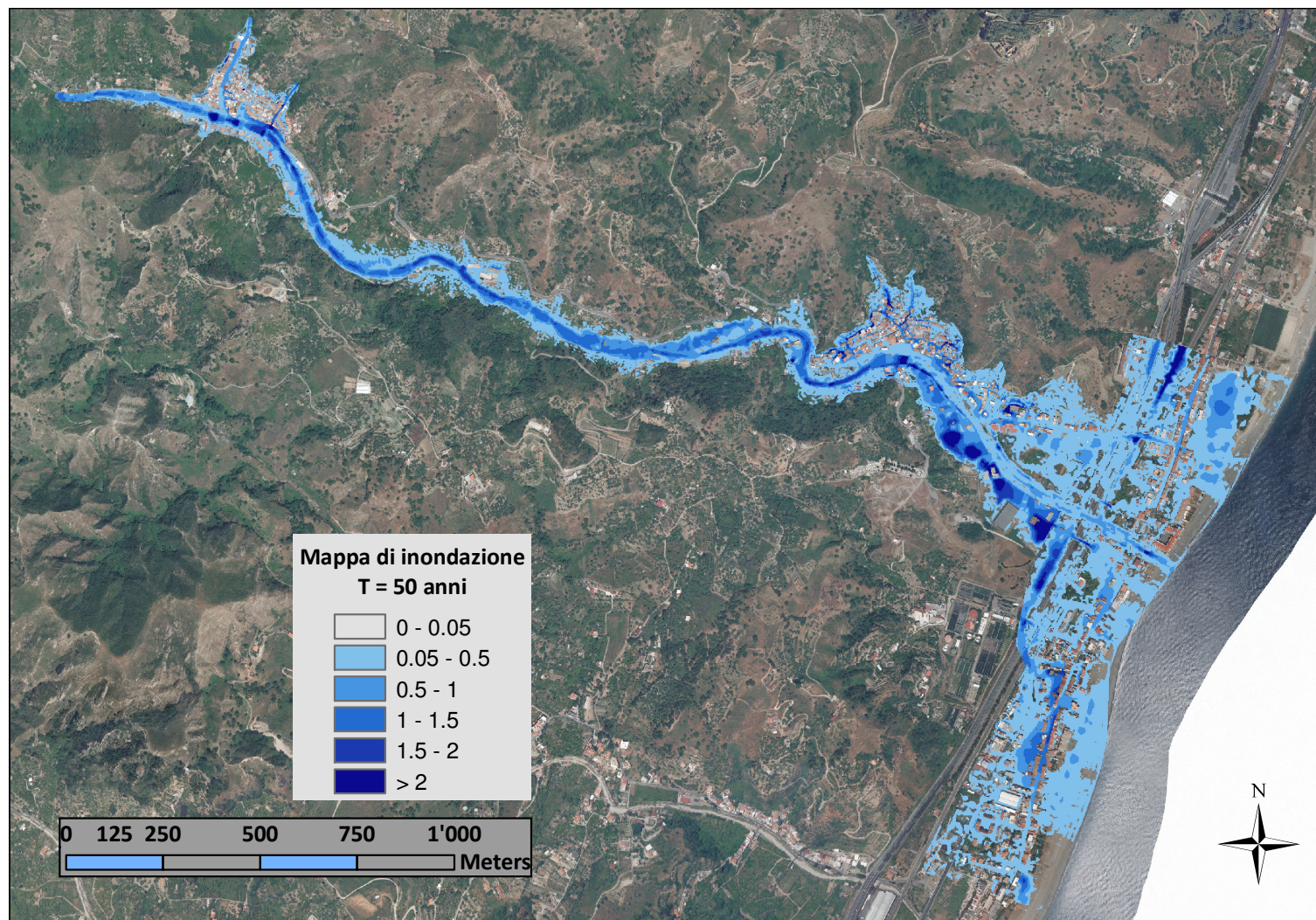


Figura 19 – Mapa di inondazione (T = 50 anni).

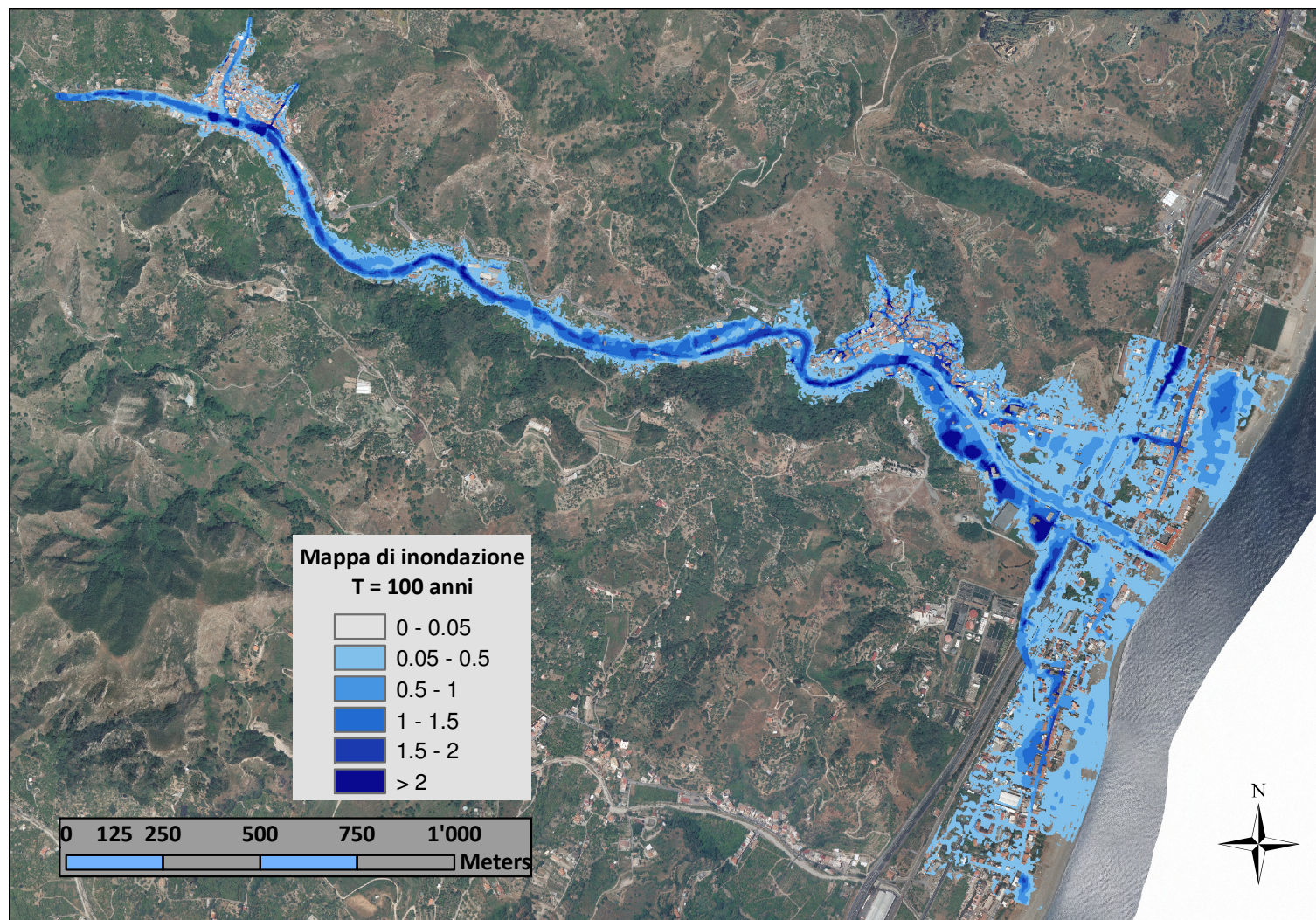


Figura 20 – Mapa di inondazione (T = 100 anni).

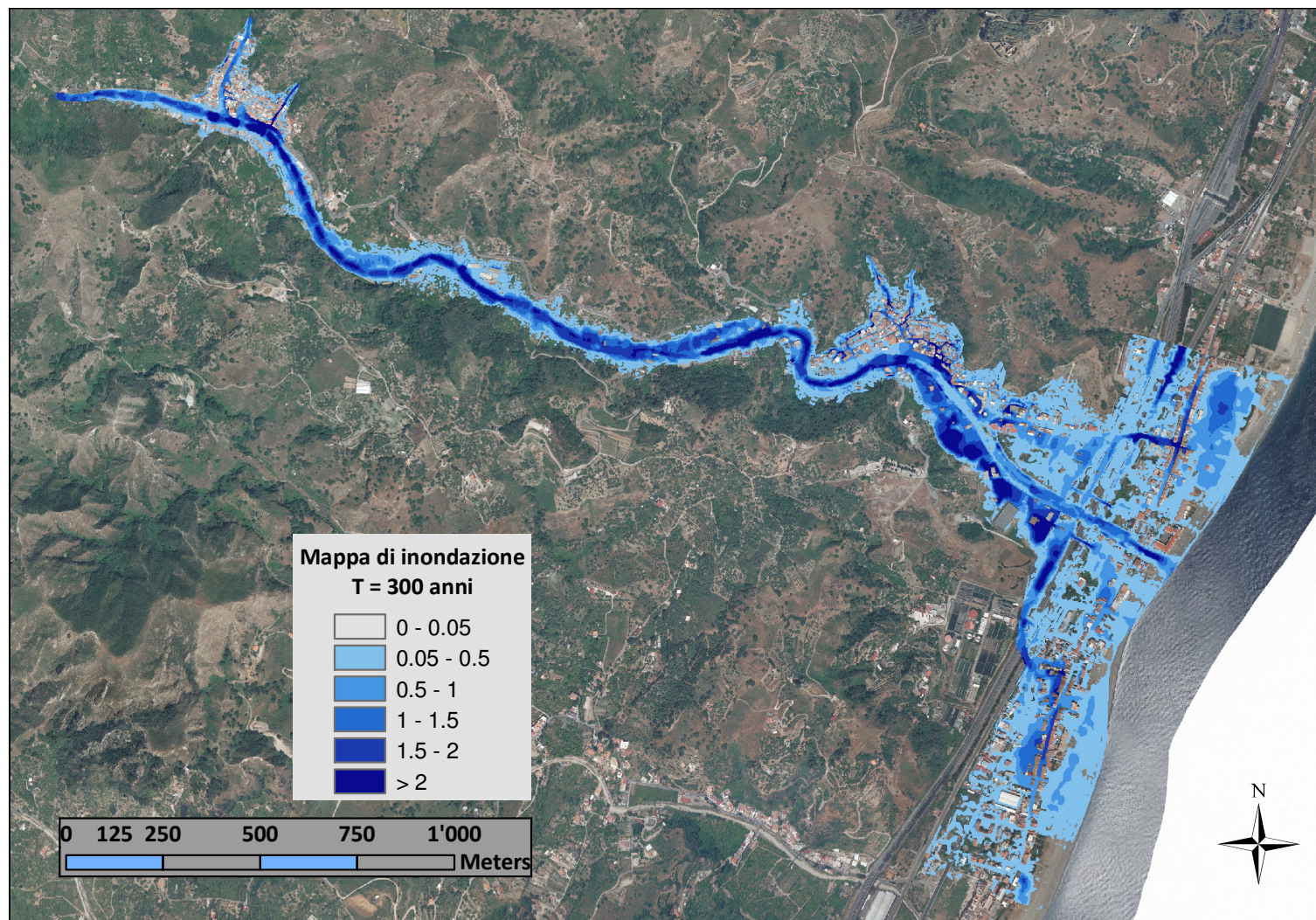


Figura 21 – Mapa di inondazione (T = 300 anni).

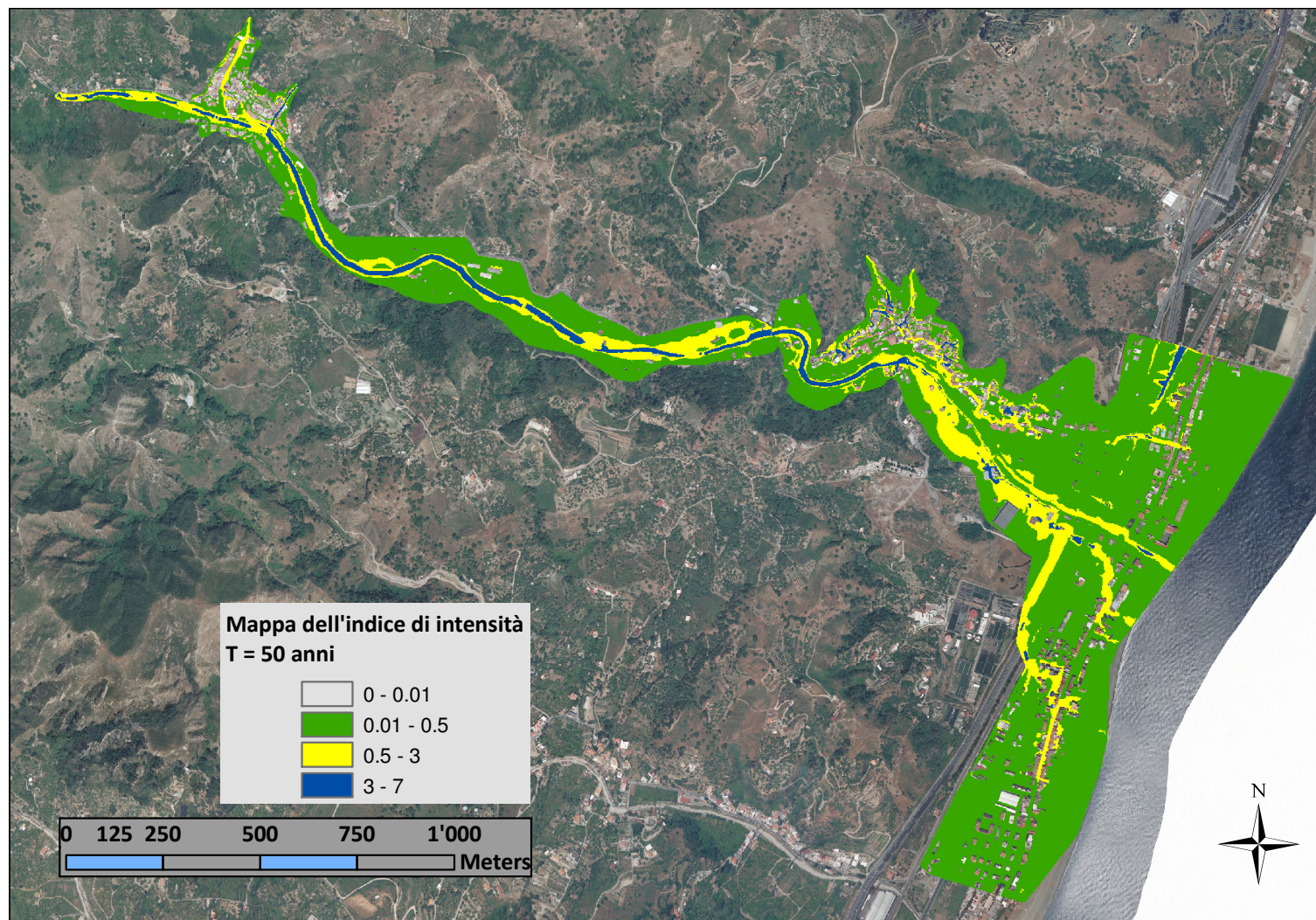


Figura 22 – Mappa dell'indice di intensità (T = 50 anni).

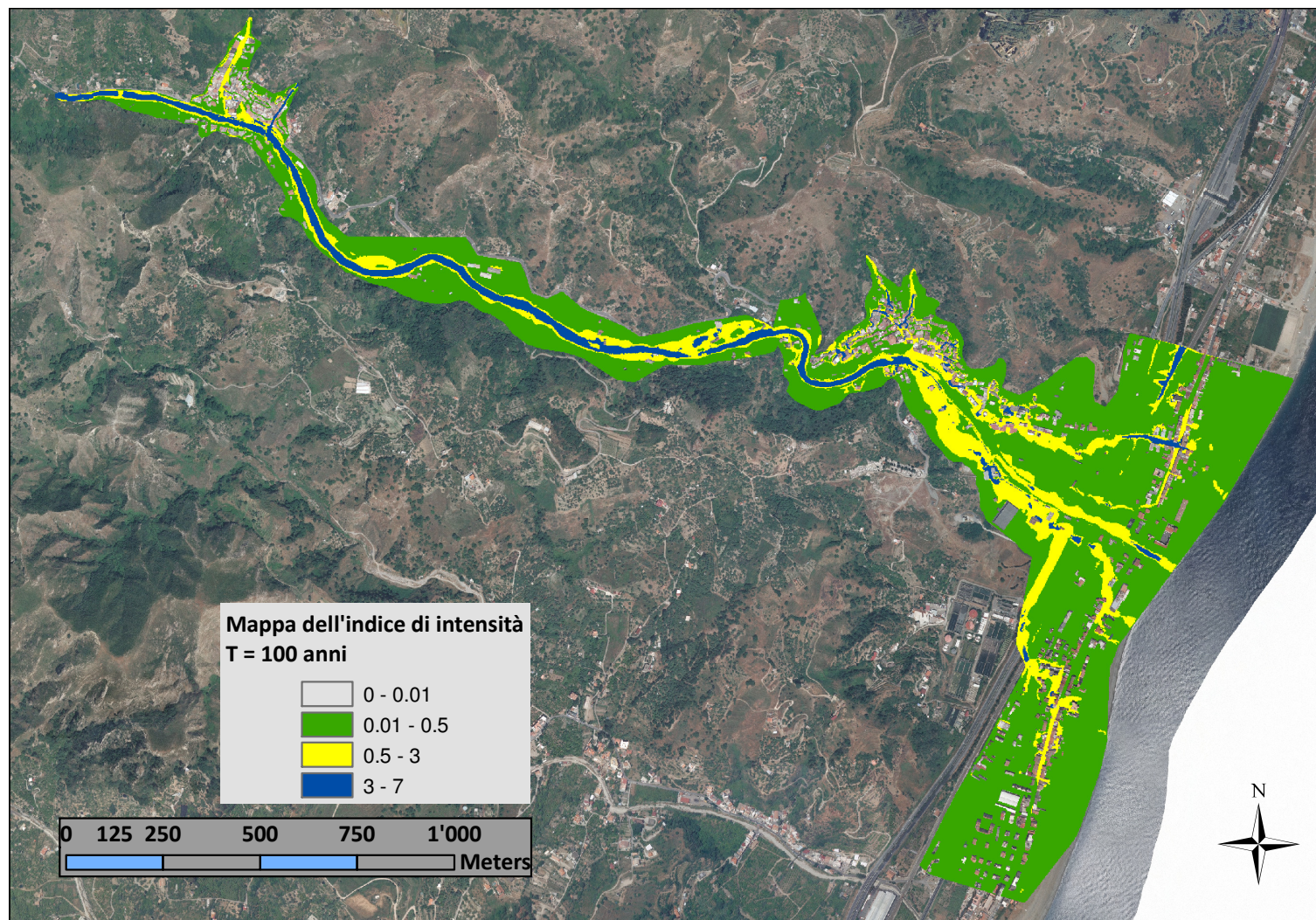


Figura 23 – Mappa dell'indice di intensità (T= 100 anni)

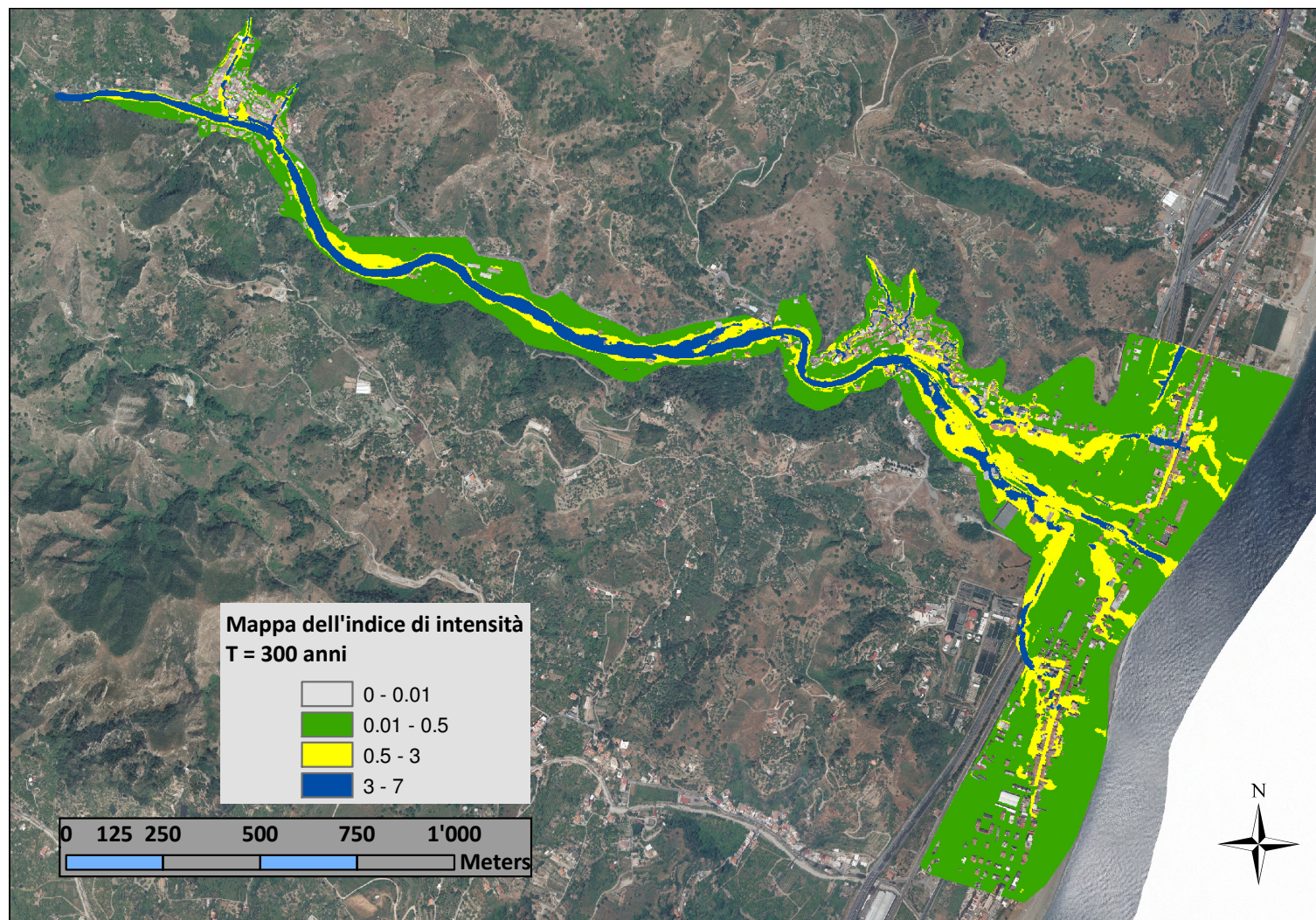


Figura 24 – Mappa dell'indice di intensità (T=300 anni)

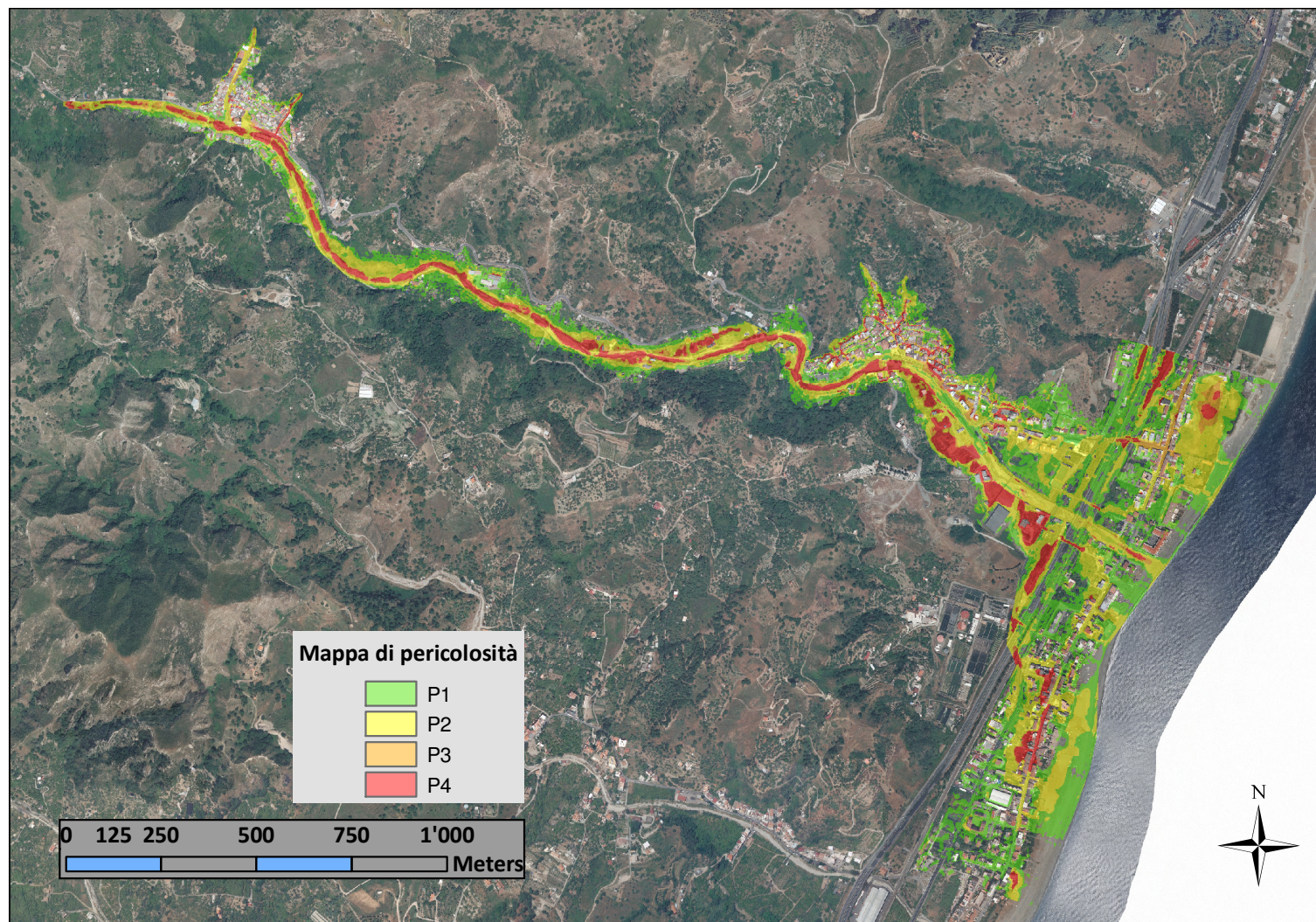


Figura 25 – Mappa di pericolosità idraulica