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 3
(BACINO DEL TORRENTE LARDERIA)

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

Messina, febbraio 2013

1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

DESCRIZIONE E FINALITÀ DELLA RICERCA

Il bacino del torrente Larderia si sviluppa nella parte centro-meridionale del territorio comunale di Messina (Figura 1). Nella vallata attraversata dal torrente Larderia ricade l'omonima frazione del comune di Messina, costituita dagli abitati di Larderia Superiore e di Larderia Inferiore. Nella località si trova anche un'estesa zona artigianale ed industriale ASI (il Consorzio per l'Area di Sviluppo Industriale della provincia di Messina).

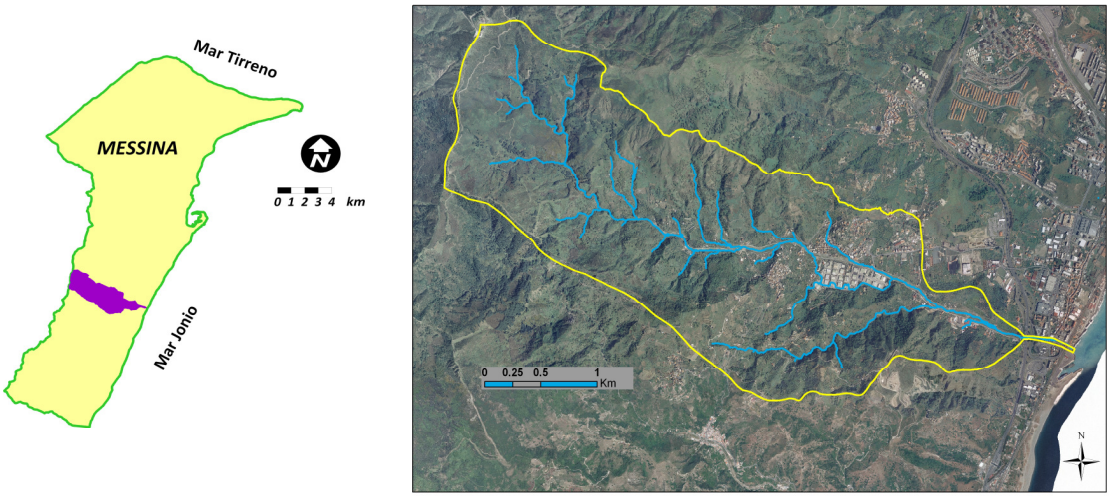

Figura 1 *– Provincia di Messina e localizzazione del bacino del torrente Larderia*

Tra le principali criticità idrauliche riscontrate nel bacino va segnalata, in particolare nel tratto di torrente che va da Larderia Superiore a Larderia Inferiore, l'interruzione dei muri d'argine in

diversi punti e la presenza di elementi che possono ostacolare i deflussi come accumuli di rifiuti, automezzi e attraversamenti stradali di sezione insufficiente. Inoltre, all'interno degli argini si sviluppano strade sia in destra che in sinistra idraulica con attraversamenti a guado.

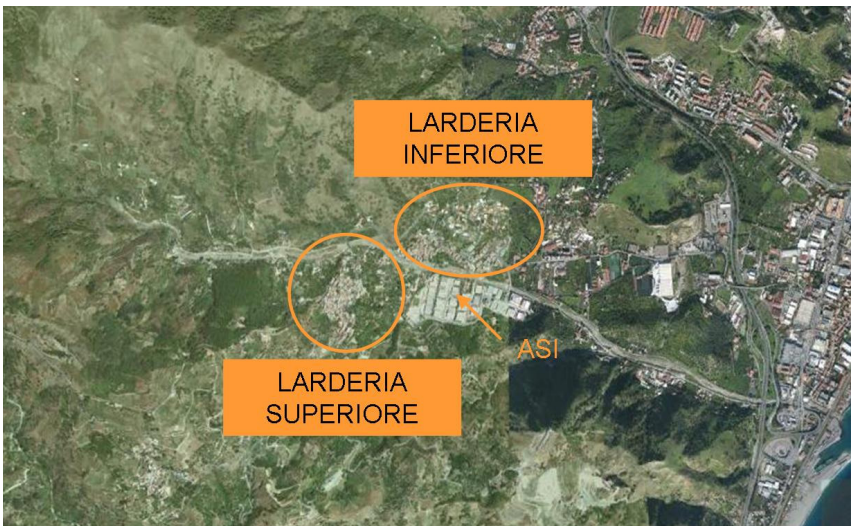

Figura 2 *- torrente Larderia con localizzazione degli abitati di Larderia Superiore e Larderia Inferiore*

Il bacino del torrente Larderia si estende per una superficie di 7.6 Km^2. La lunghezza dell'asta principale del bacino è pari a circa 7.73 Km, con una pendenza media del 12 %. La pendenza media e altitudine media del bacino risultano pari rispettivamente al 57 % e a 429.13 m s.m.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).

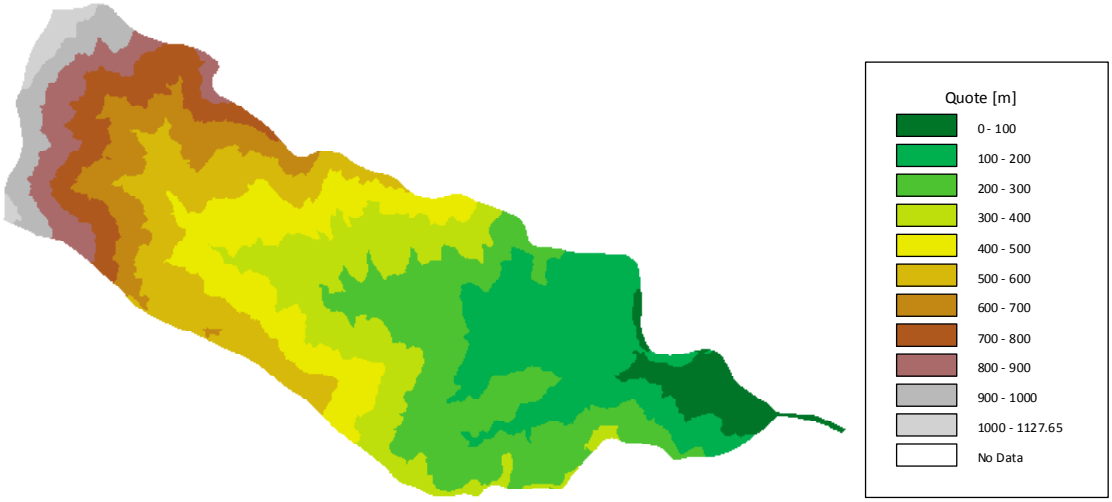

Figura 3 *– Modello digitale del terreno per il bacino del torrente Larderia (2 m ris.).*

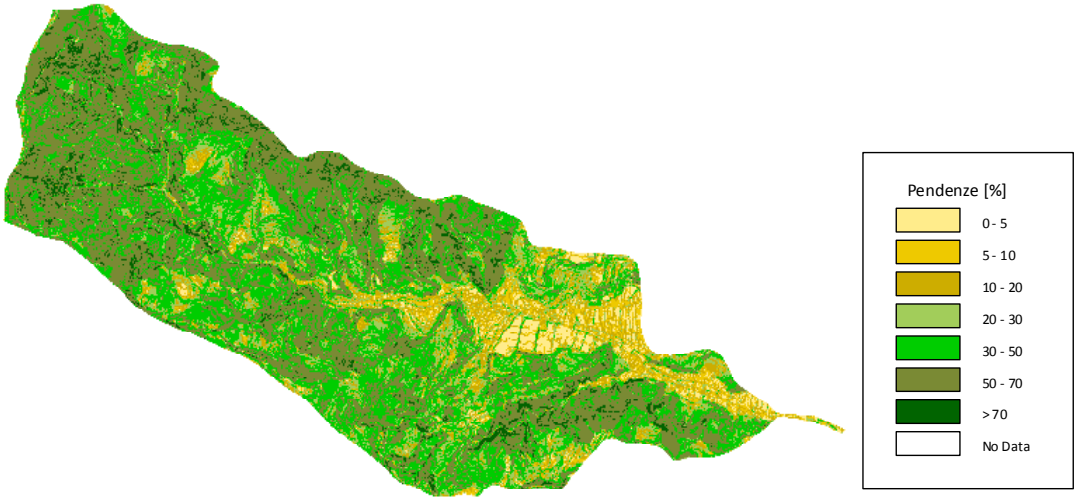

Figura 4 *– Mappa delle pendenze del bacino del torrente Larderia.*

CRITICITÀ IDRAULICHE

Il corso del torrente Larderia, all'interno della I Circoscrizione, si sviluppa in aree fortemente urbanizzate. Il torrente Larderia scorre in un ambiente naturale fino a quota 350, da dove sono state realizzate briglie sull'alveo. Recentemente sono stati avviati interventi per il ripristino delle briglie distrutte da fenomeni alluvionali.

A monte del ponte sulla strada provinciale 39 che collega Larderia Inferiore a Larderia Superiore, gli argini del torrente sono interrotti, creando di fatto un collegamento diretto con le strade che lo costeggiano che si trovano alla stessa quota dell'alveo e che rappresentano una via d'accesso al torrente (Figura 5).

È da notare come l'alveo del torrente sia abitualmente utilizzato dagli abitanti del luogo come via di comunicazione con Larderia Inferiore, alternativa alla SP 39 (Figura 6).

Oltre ai numerosi guadi, sono presenti lungo il corso del torrente alcuni attraversamenti stradali parzialmente occlusi da detriti alluvionali e rifiuti scaricati abusivamente, successivamente trasportati durante le piene (Figura 7).



Figura 5 - *Briglie a monte del ponte di Larderia Superiore*



Figura 6 - *Strada interna all'alveo del torrente Larderia*



Figura 7 – *Gaudi e attraversamenti stradali nel torrente Larderia all'altezza di Larderia Inferiore*

In corrispondenza del villaggio di Larderia Inferiore, gli argini del torrente sono nuovamente interrotti in più punti, mettendo in comunicazione l'alveo del torrente con le abitazioni, presenti in sinistra e in destra idraulica, alla stessa quota o persino a quota inferiore. In particolare, in sinistra idraulica sono chiaramente visibili almeno tre ordini di muri arginali, ad indicare un progressivo restringimento nel tempo della larghezza dell'alveo per fare posto a nuove abitazioni (Figura 8).



Figura 8 – *File di argini interrotti in corrispondenza di Larderia Inferiore*

Situazioni critiche simili si sono rilevate anche a valle del ponte attraverso il quale si accede all'agglomerato industriale (Figura 9), per la presenza in alveo di strade e l'interruzione degli argini in più punti (Figura 10).



Figura 9 – *Ponte d'accesso all'ASI di Messina in località Larderia Inferiore*



Figura 10 *– Strade interne all'alveo a valle del ponte in prossimità dell'ASI*

Scendendo, il torrente Larderia sottopassa l'autostrada Catania – Messina e la Strada Statale n. 114, a valle della quale si ripresenta una situazione di pericolo con l'interruzione dell'argine e attraversamento a guado sul corso d'acqua (Figura 11).



Figura 11 *– A sinistra vista da valle del ponte sul torrente Larderia all'altezza della SS 114. A destra attraversamento a guado del tratto di torrente a valle del ponte*

2
RISULTATI

SOTTOBACINI ANALIZZATI

Con riferimento al Torrente Larderia sono state scelte per il calcolo degli idrogrammi di piena in due sezioni critiche: una prima sezione lungo l'asta principale a monte di Larderia Inferiore e la sezione di chiusura dell'intero bacino alla foce (Figura 12).

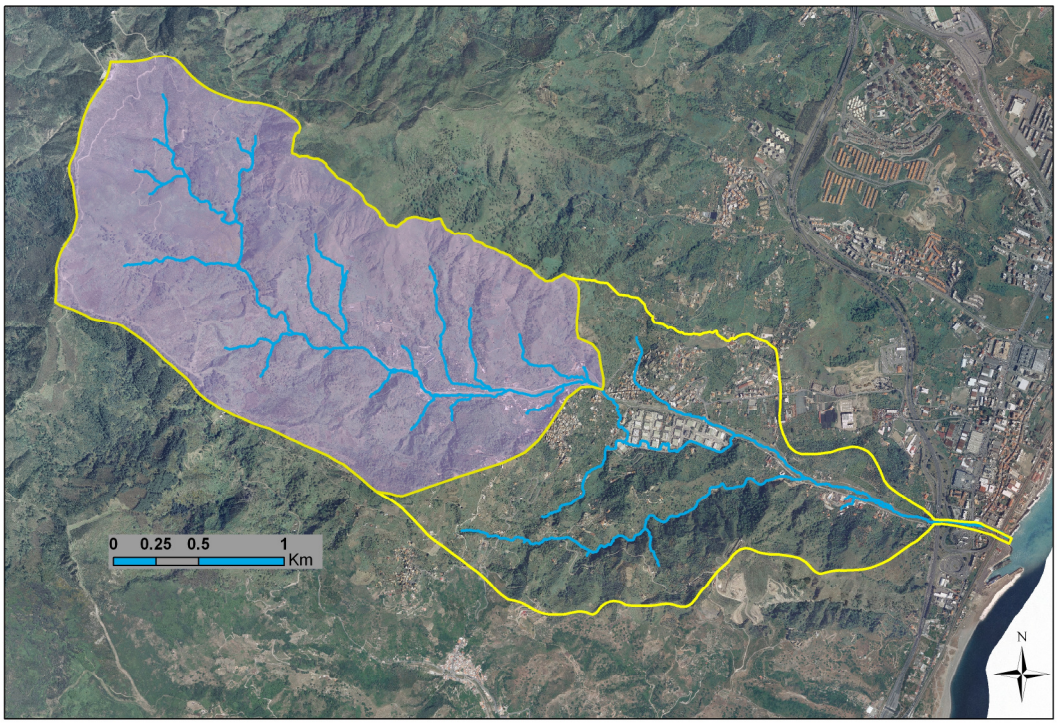

Figura 12 *- Sottobacini del torrente Larderia considerati per lo studio idrologico.*

Il sottobacino con sezione di chiusura a monte di Larderia Inferiore, campito in viola, ha un'estensione di circa 4.6 Km^2. Oltre che per le criticità idrauliche precedentemente evidenziate, tale sottobacino è stato scelto anche perché soggetto a frequenti eventi di frana che interessano principalmente i costoni che in sinistra idraulica sovrastano la SP39. La sezione critica alla foce, che sottende una superficie di circa 7.6 km^2 è stata invece scelta per l'analisi del tratto terminale dell'asta fluviale che, come già detto, presenta importanti attraversamenti stradali.

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 Larderia analizzati.*

Bacini	***Tempi di corrivazione (minuti)***		
	(T= 50 anni)	***(T= 100 anni)***	***(T= 300 anni)***
Larderia (monte)	41.5	37.8	33.0
Larderia (foce)	75.6	69.0	60.1

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 Larderia alla foce, mentre per il sottobacino a monte, per il quale i tempi di corrivazione risultano sempre inferiori all'ora, è stata utilizzata la formula di Ferreri e Ferro (Ferro, 2002):

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

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 **36.366** e **0.274**.

La Tabella 2 illustra i valori di pioggia totale e pioggia nette ottenuti per i due 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 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.

Per entrambi i sottobacini le portate di piena al colmo sono state valutate applicando il metodo della corrivazione.

***Tabella 2**: Precipitazioni totali e nette (in mm) corrispondenti ai due sottobacini del torrente Larderia 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**
Larderia (monte)	76.89	87.36	105.80	72	27.1	34.1	47.3
Larderia (foce)	93.52	107.36	132.04	72	38.4	48.4	67.5

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 riportano (Figure 13 e 14), altresì, gli idrogrammi di piena relativi ai due sottobacini considerati.

***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**
Larderia (monte)	50.04	68.87	109.73	125.98	159.28	219.23
Larderia (foce)	68.68	95.14	155.41	285.59	342.91	422.73

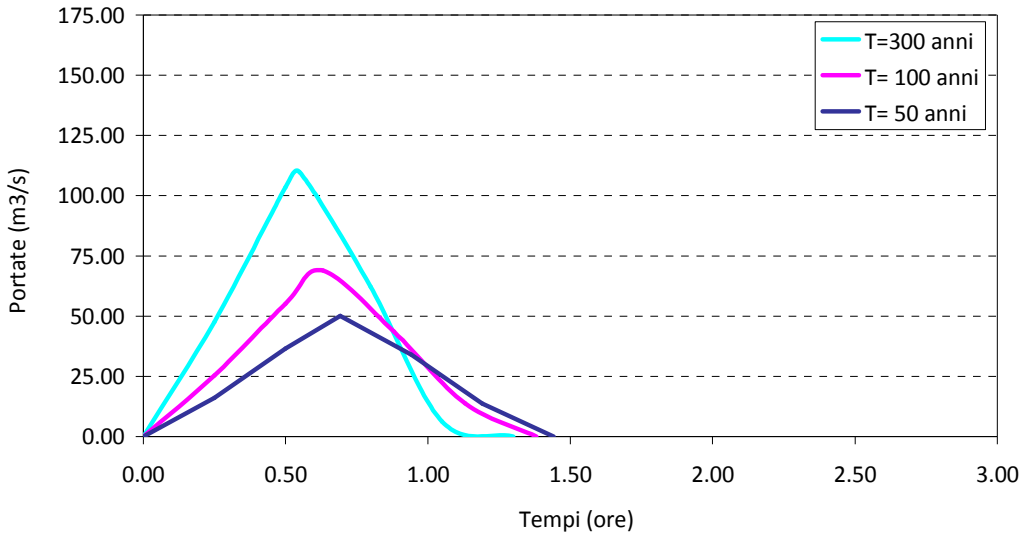

***Figura 13** – Idrogrammi di piena relativi al sottobacino a monte di Larderia Inferiore*

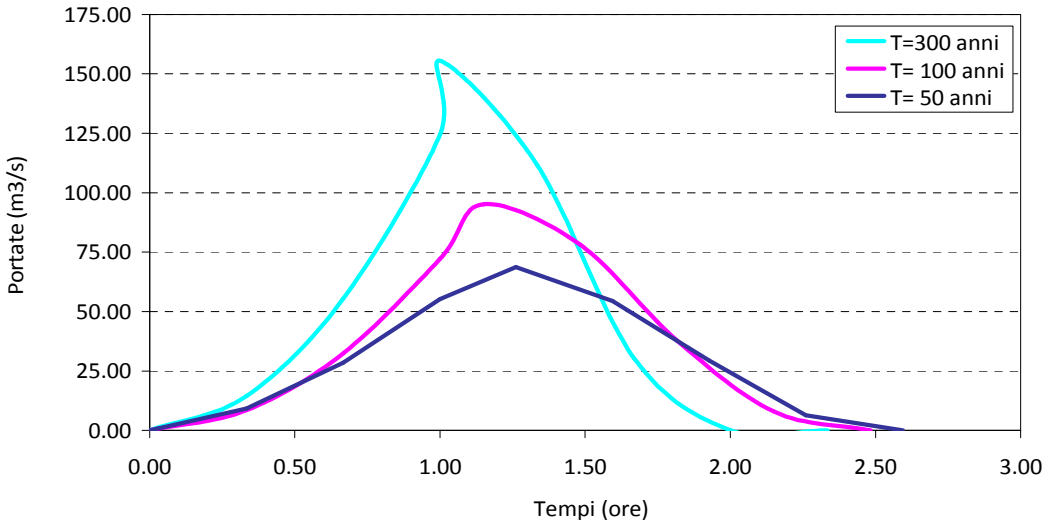

***Figura 14** – Idrogrammi di piena relativi al bacino del torrente Larderia alla foce.*

ANALISI IDRAULICHE

Il torrente Larderia, come si è detto, presenta una serie di criticità per modellare le quali è stato necessario, vista la presenza di numerosi guadi, attraversamenti e discontinuità arginali che possono causare, in caso di passaggio di onde di piena, l'allagamento delle abitazioni e degli insediamenti urbani lungo l'asta principale del torrente ricorrere a schemi bidimensionali.

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.

Modellazione bidimensionale

Con l'analisi ed il rilievo dei luoghi, è stato possibile definire i contorni dell'area potenzialmente inondabile, indicata in figura 15.

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 15** – Limite del dominio di calcolo con indicazione dei punti di immissione delle portate.*

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 39186 elementi triangolari sulla base di 21361 nodi con una dimensione media dell'elemento pari a circa 9.01m^2.

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

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

Area del dominio (ha)	Numero di elementi	Numero di nodi	Area media degli elementi (m^2)
35.3	39186	21361	9.01

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 edifici e sono state implementate le leggi di resistenza relative alla propagazione di colate detritiche immature (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 due sottobacini **"Larderia (monte)" e Larderia (foce)** e, in entrambi i casi, per la condizione di debris flow immaturo.

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)
Larderia (monte)	48.51	65.98	65.06	88.48	104.05	141.51
Larderia (foce)	88.25	120.02	118.34	160.94	189.27	257.41

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 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 500 m (Figura 16) e si sviluppa dall'attraversamento autostradale sino alla foce.

Il tratto stato discretizzato in sezioni trasversali con equidistanza di 20 metri (Figura 16).

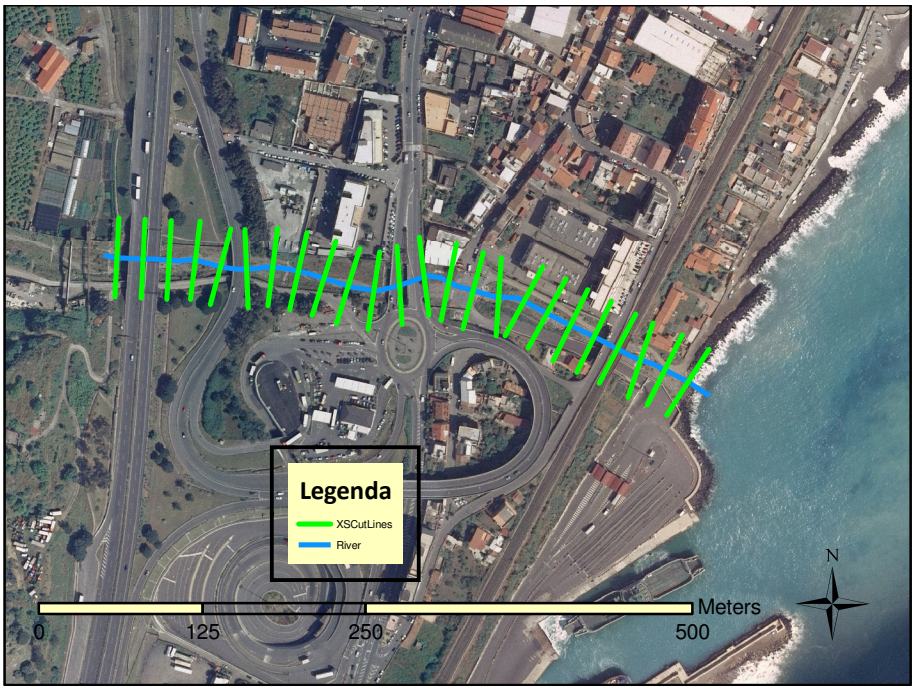

Figura 16 *– Modello della geometria del torrente Larderia realizzato con Hec-Geo-RAS.*

In Hec-RAS sono state aggiunte le informazioni relative ai muri d'argine ed agli attraversamenti (Figura 17).

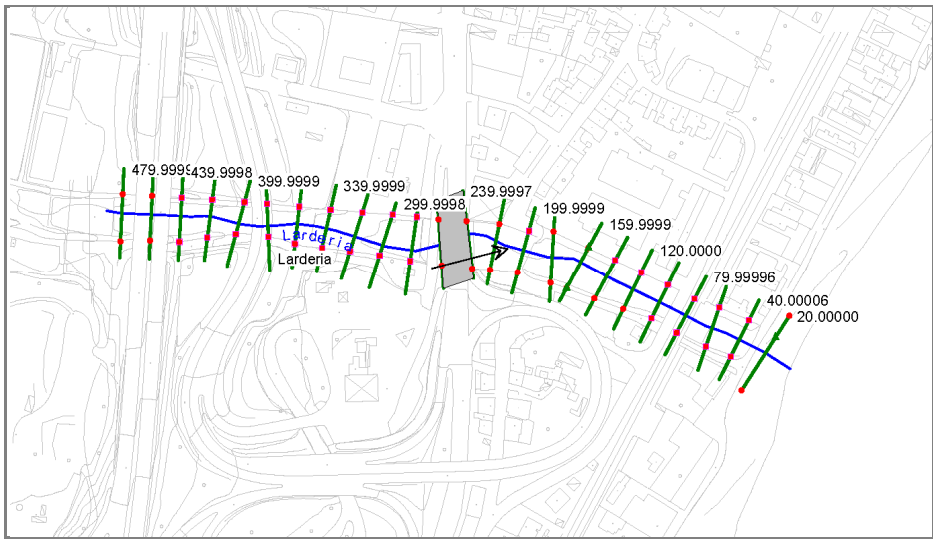

Figura 17 *– Geometria finale del modello realizzato in Hec-RAS.*

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).

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).

Tabella 6 *– Sintesi delle portate utilizzate nelle simulazioni ai diversi tempi di ritorno nel modello monodimensionale.*

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)
Larderia (foce)	88.25	120.02	118.34	160.94	189.27	257.41

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 18 che riporta i profili di corrente in moto permanente per le diverse portate di calcolo.

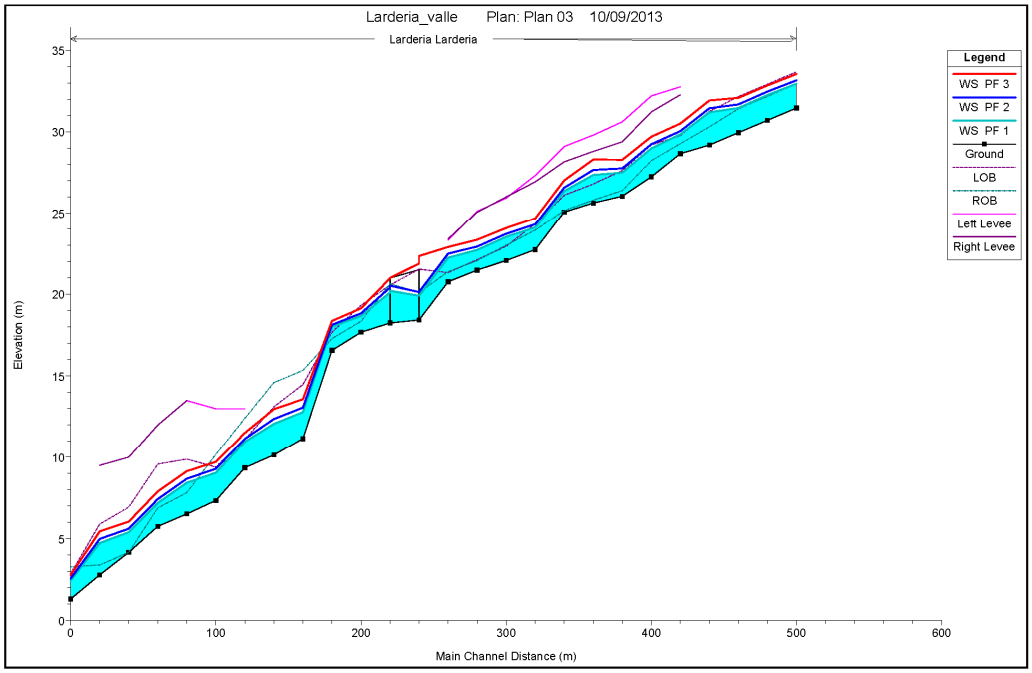

Figura 18 *– Andamento profili di corrente lungo il tratto modellato.*

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 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'inviluppo 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 25).

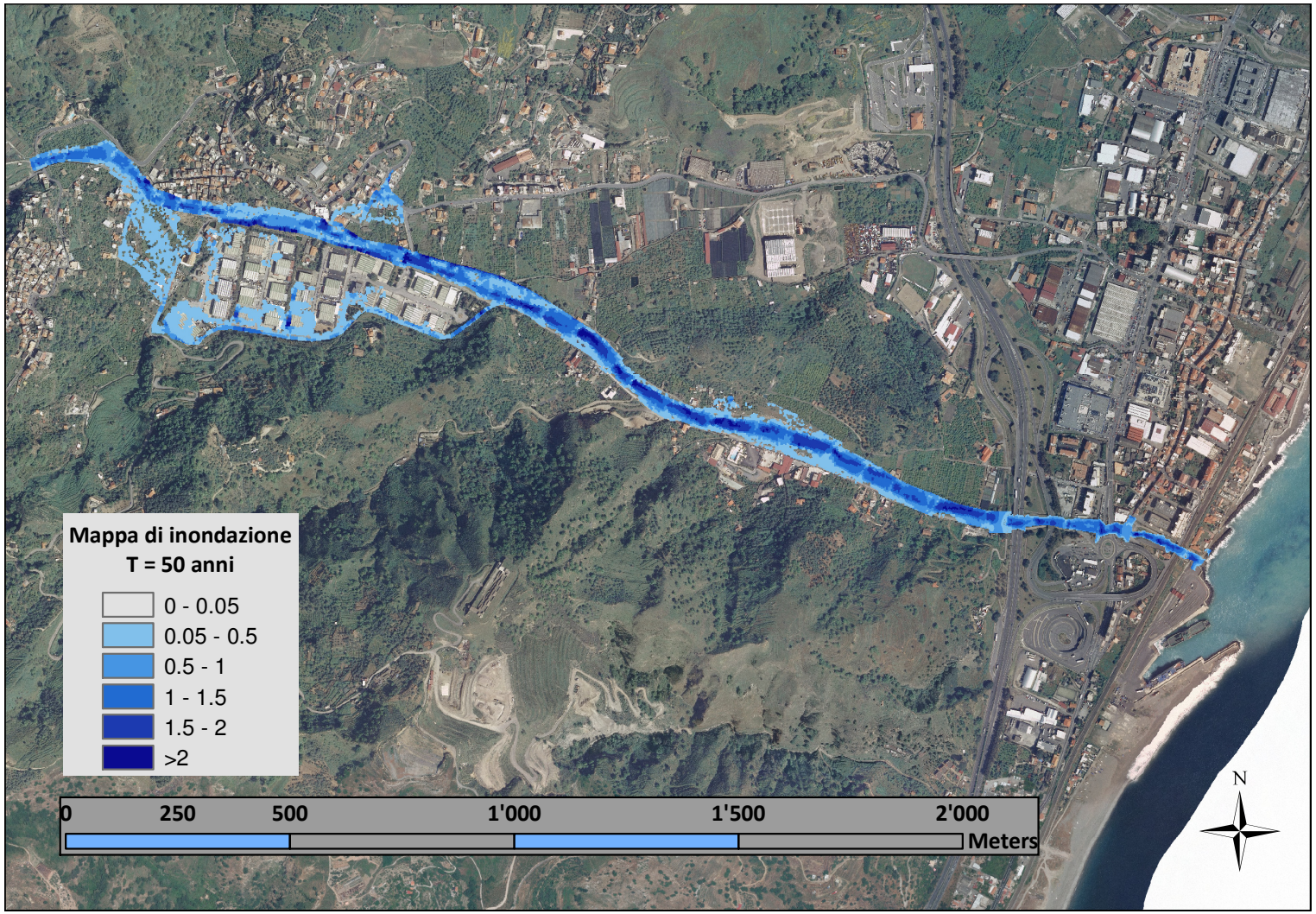

Figura 19 *– Mappa di inondazione (T= 50 anni)*

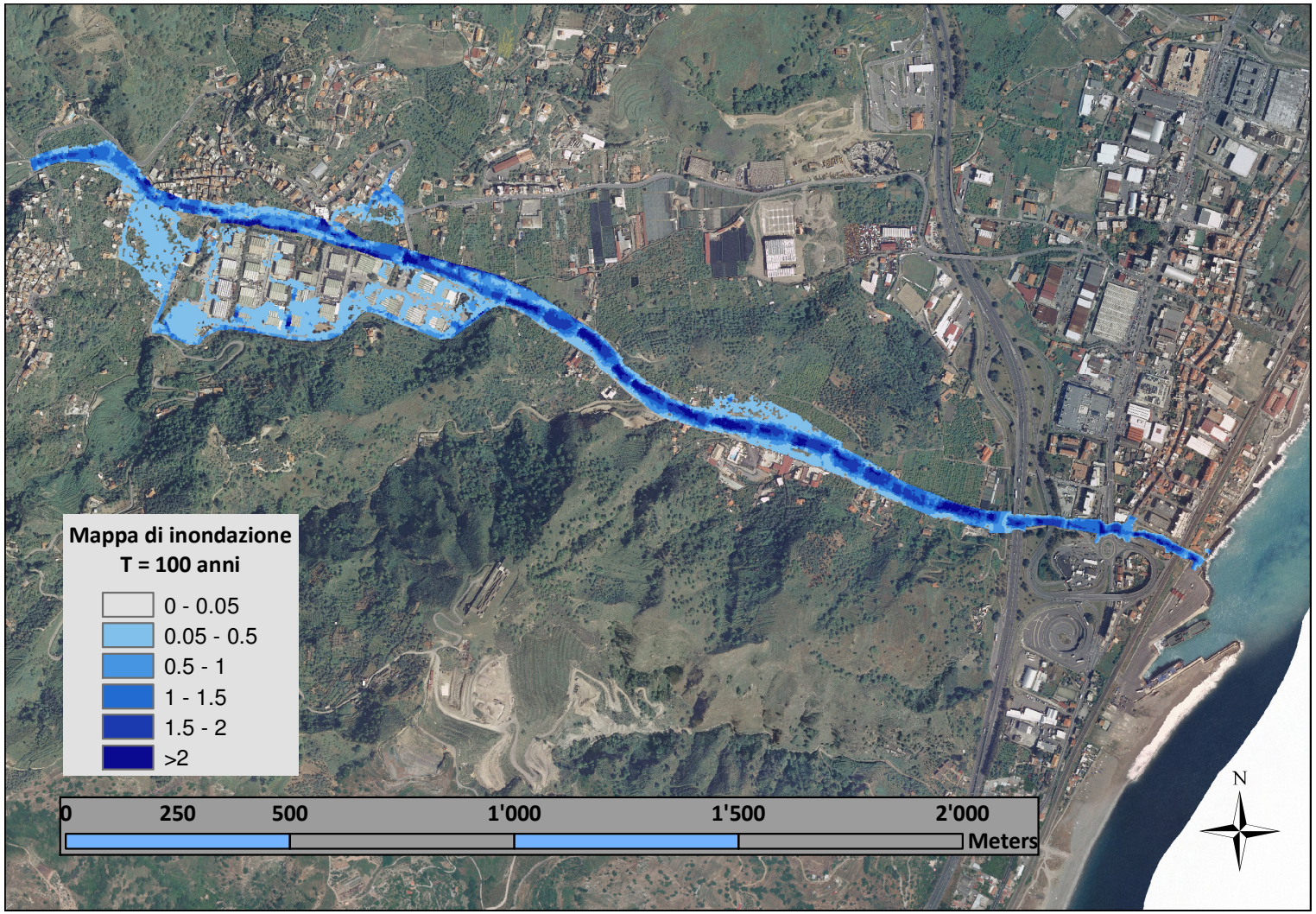

Figura 20 *– Mappa di inondazione (T = 100 anni).*

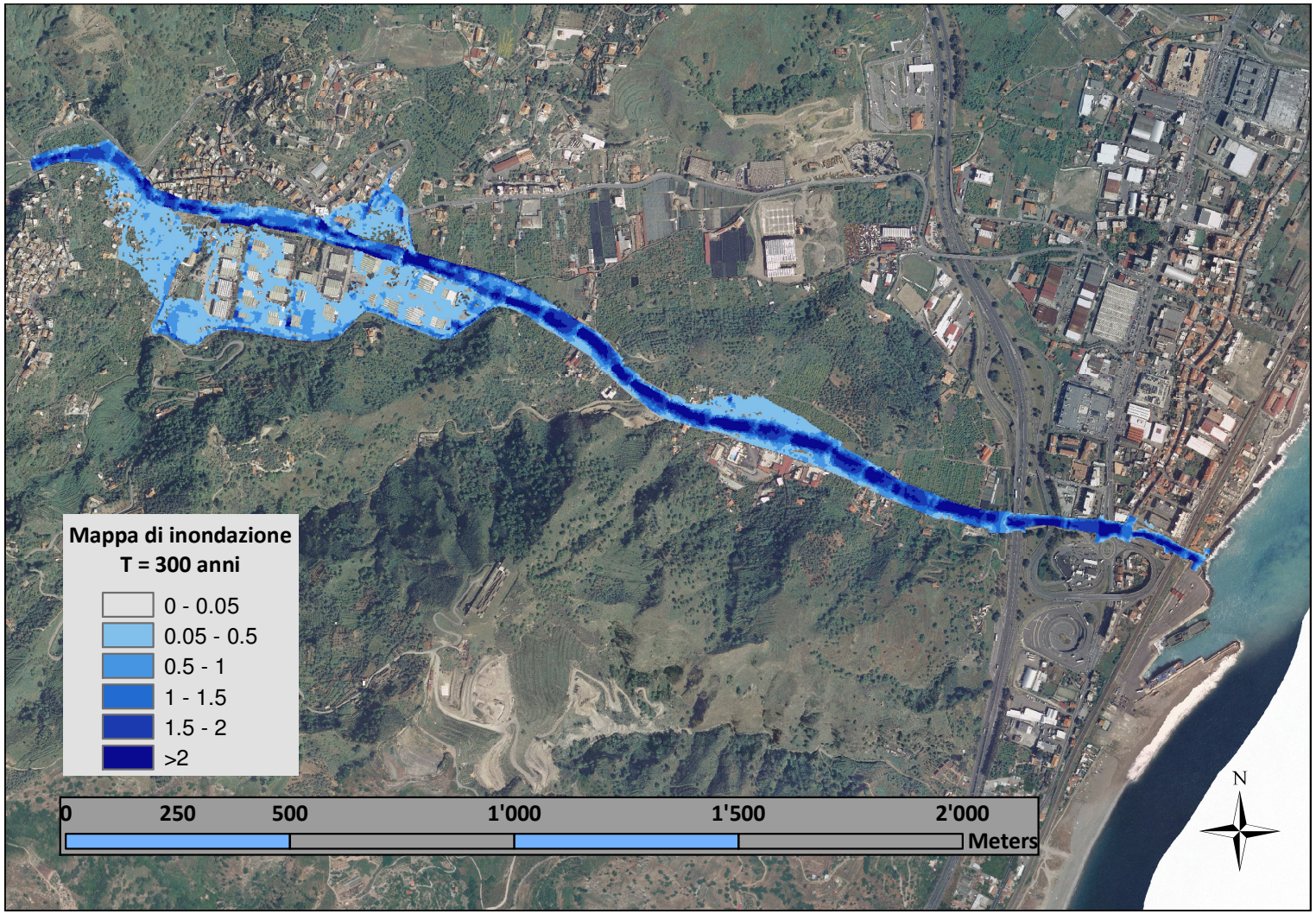

Figura 21 *– Mappa di inondazione (T = 300 anni).*

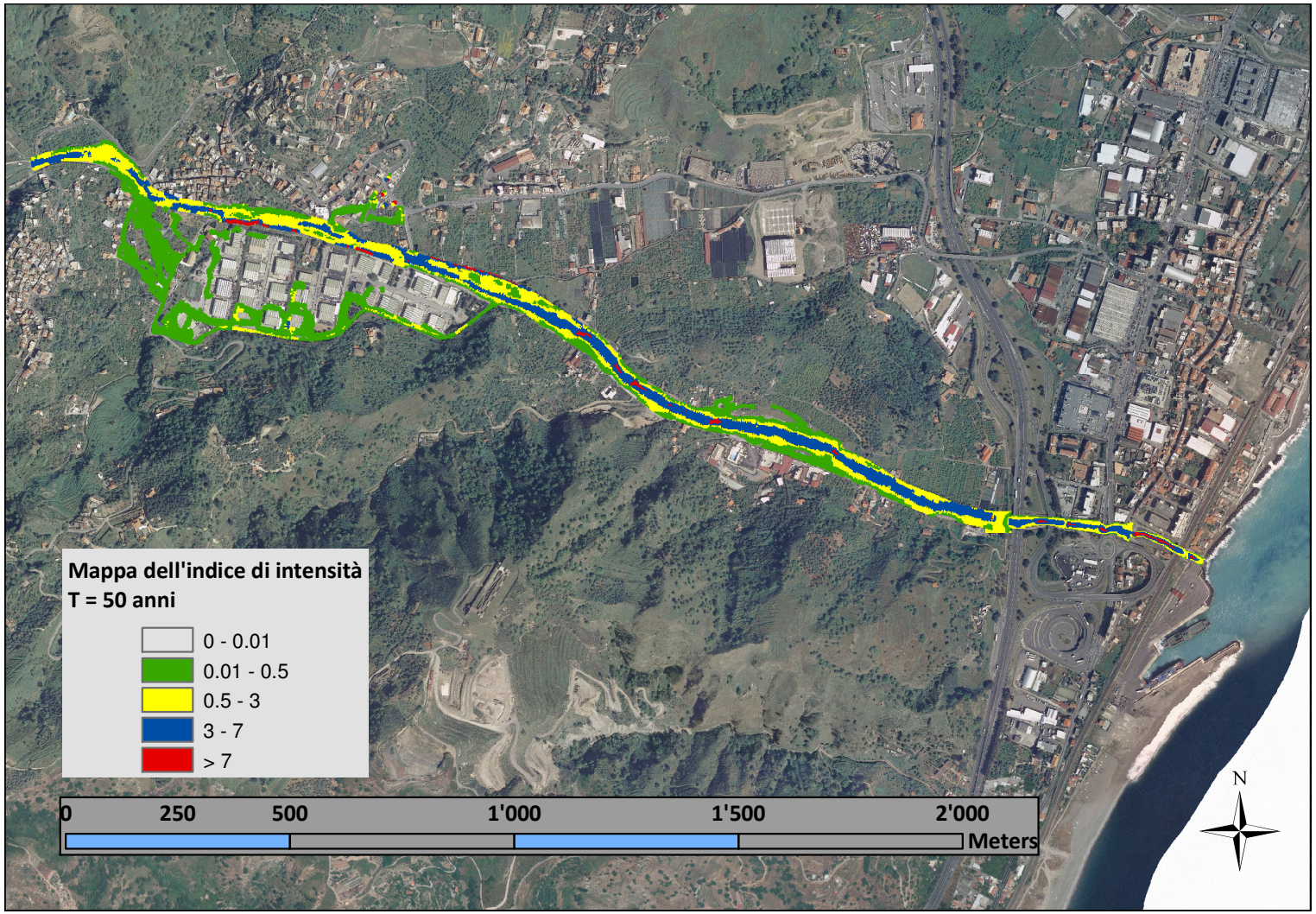

Figura 22 *– Mappa dell'indice di intensità (T = 50 anni).*

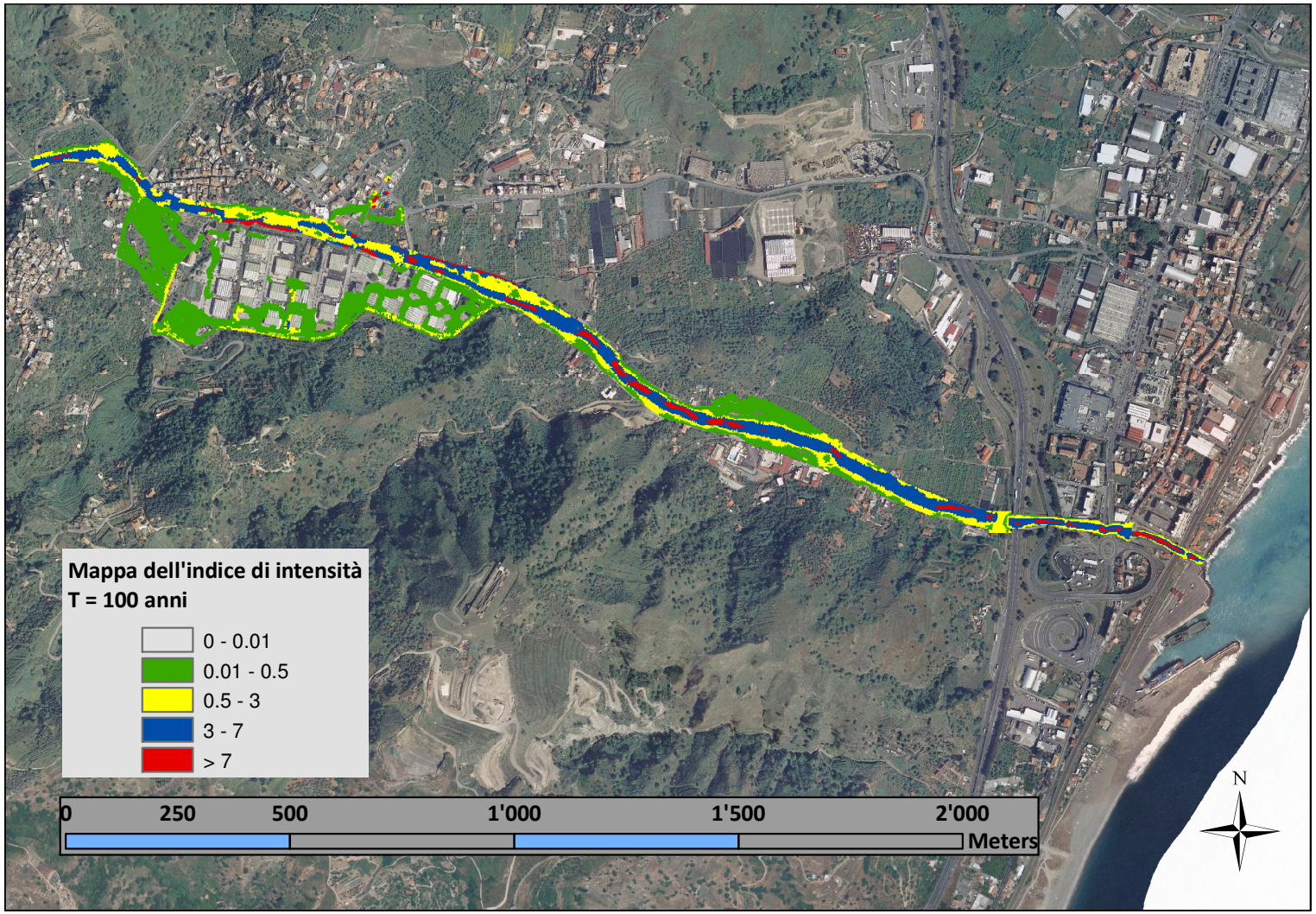

Figura 23 *– Mappa dell'indice di intensità (T = 100 anni).*

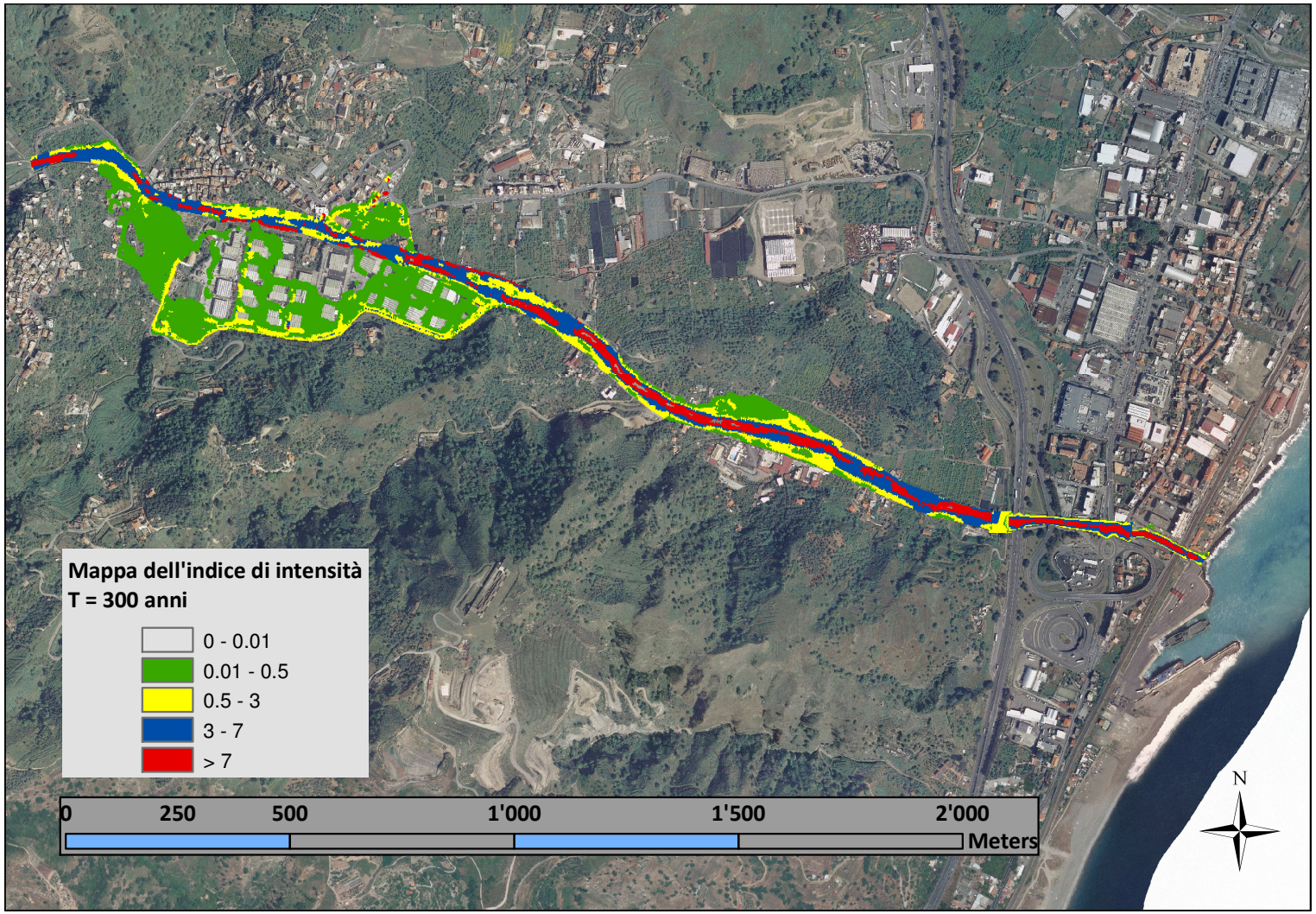

Figura 24 *– Mappa dell'indice di intensità (T = 300 anni).*

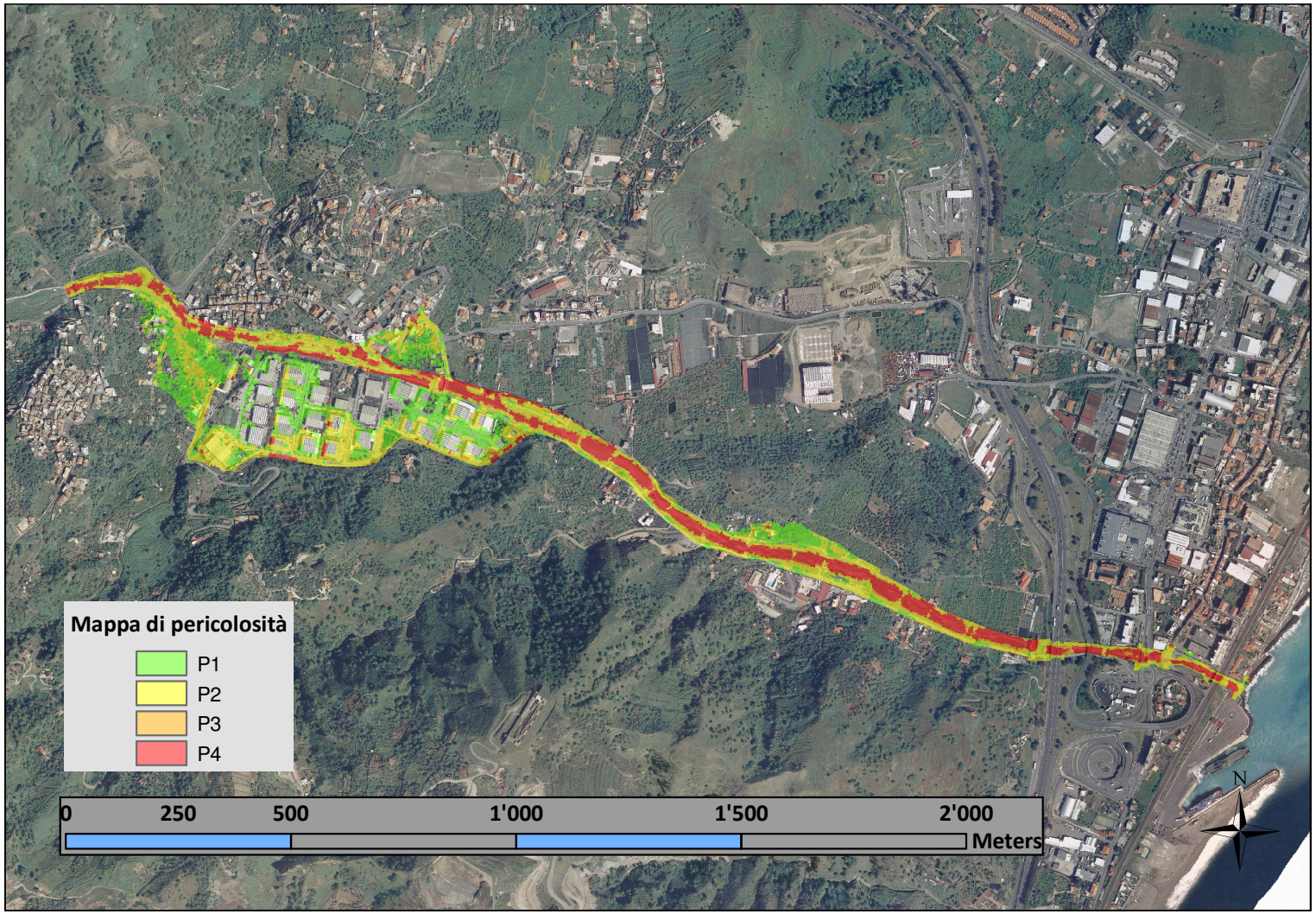

Figura 25 *– Mappa di pericolosità.*