

Comune di: RAMACCA

Provincia di: CATANIA

Regione: SICILIA



PROPONENTE

## PODINI S.P.A

Via Lattuada, 30 – 20135 MILANO (MI)

C.F. e P.IVA IT02246400218

OPERA

## PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 34.527,60 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

### “SOLARE RAMACCA-FIUME GORNALUNGA”

OGGETTO

TITOLO DELL' ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

DATA:

25/01/2024

N°/CODICE ELABORATO:

Tipologia: REL (RELAZIONI)

REL 008

I TECNICI

PROGETTISTI:

EDILSAP s.r.l.  
Via di Selva Candida, 452 - 00166 ROMA  
Ing. Fernando Sonnino Project Manager



Prof. Geol. Alfonso Russi  
Via Friuli, 5 - 06034 FOLIGNO



PROFESSIONISTI:

Prof. Geol. Alfonso Russi  
Via Friuli, 5 - 06034 FOLIGNO



00	202202224	Emissione per Progetto Definitivo	Prof. Geol. Alfonso Russi	Prof. Geol. Alfonso Russi	Ing. Fernando Sonnino
N° REVISIONE	Cod. STMG	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

## INDICE:

Premessa.....	1
1. Inquadramento topografico e morfologico .....	2
2. Inquadramento geologico locale.....	4
3. Inquadramento idrologico locale.....	5
4. Inquadramento negli strumenti del P.A.I. ....	6
5. Interferenze idrauliche presenti in zona .....	10
6. Valutazioni idrologiche .....	13
6.1 Caratteristiche dei bacini idrografici d'interesse.....	14
6.2 Analisi pluviometrica.....	16
6.3 Determinazione dei pluviogrammi sintetici .....	19
6.4 Valutazione del Curve Number.....	21
7. Valutazioni idrauliche .....	25
7.1 Il software HEC RAS 2D.....	25
7.2 Il modello digitale del terreno .....	25
7.3 Pluviogrammi utilizzati.....	26
7.4 Definizione dei valori di scabrezza.....	26
7.5 Condizioni al contorno.....	28
7.6 Risultati della modellazione idraulica.....	30
8. Conclusioni .....	32

## PREMESSA

La società Podini S.P.A. ha affidato agli scriventi l'incarico di redigere lo Studio di compatibilità idrologica ed idraulica relativo al progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico nel Comune di Ramacca (CT).

Nella presente relazione saranno presentate le indagini e le elaborazioni svolte, analizzati i risultati ottenuti e descritto il modello idrologico, idrogeologico ed idraulico del sito. Detto modello sarà sviluppato in modo da costituire un utile elemento di riferimento per l'inquadramento, da parte del progettista, delle problematiche idrologiche, idrogeologiche e idrauliche a piccola e grande scala. L'intervento a progetto è soggetto, come definito meglio nel prosieguo dell'esposizione, ai dettami delle Direttive per la determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R. D. 523/1904) e per la determinazione della fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R. D. 523/1904, approvate con DSG 119/2022 dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia (A.d.B.).

Da un punto di vista normativo, il contesto è in continua evoluzione anche per il recepimento di direttive comunitarie nell'ordinamento giuridico nazionale e regionale.

Vale la pena ricordare ad esempio la direttiva CE/2000/60, che ha portato alla redazione del Piano di Gestione delle Acque distrettuale con le azioni necessarie per il raggiungimento del buono stato ambientale dei corpi idrici, superficiali e sotterranei, previsto dalla direttiva al 2015. La principale fonte normativa nell'ambito in oggetto è sicuramente il D. Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale", noto anche come testo unico ambientale.

La realizzazione di un'opera può comportare delle modificazioni ambientali e, in tal senso, uno degli aspetti più importanti riguarda certamente le condizioni di circolazione dell'acqua nei mezzi porosi e/o fratturati che vengono interessati dall'opera.

Nelle NTC18 (Norme Tecniche per le Costruzioni – D. M. 17/01/2018) si fa riferimento anche alla componente idrogeologica, richiamando la necessità della ricostruzione dei caratteri idrogeologici del territorio. La circolare esplicativa specifica che la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve fornire lo schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Il modello idrologico, idrogeologico ed idraulico di riferimento descritto è stato validato e supportato da indagini specifiche proporzionate, nello specifico, all'importanza dell'opera.

Si rappresenta in questa sede che il reticolo idrografico studiato, come imposto dalla normativa regionale, è quello riportato nella C.T.R. a scala 1:10.000, fa riferimento ad un rilievo del 2003 (desunto dagli attributi del file in formato shp messo a disposizione dal Sistema Informativo Territoriale Regionale - S.I.T.R. - della Regione Sicilia), mentre il modello digitale del terreno con risoluzione di 2 m (messo anch'esso a disposizione dal S.I.T.R.) risale all'anno 2013; in entrambi i casi, dunque, si tratta di dati non molto recenti che potrebbero non trovare una perfetta corrispondenza con la realtà attuale dei luoghi.

## 1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E MORFOLOGICO

Il sito entro il quale si intende realizzare il parco agrivoltaico è posto a poco meno di 7,5 Km, verso NW, dal centro abitato di Ramacca, in Contrada Favate, nei dintorni dei toponimi C. Favate e Mass.a Favate; lo stesso sito si localizza ad una quota che varia tra poco meno di 250 m (parte settentrionale dell'area d'interesse) a circa 175 m (parte meridionale dell'area d'interesse) sul l. m. m.; l'area in studio è rappresentata nella tavoletta III - NE "Castel di Iudica", nella sua zona meridionale, ricompresa nel Foglio 269 della Carta Topografica d'Italia a scala 1:100.000, in corrispondenza delle seguenti coordinate (baricentro dell'area, Sistema di riferimento WGS84 – proiezione UTM Fusso 33):

- 467.691 E;
- 4.144.061 N.

L'area in studio si pone su un versante esposto verso il quadrante meridionale caratterizzato da pendenze molto variabili; su di esso vi sono numerosi impluvi che localmente drenano le acque di scorrimento superficiale generalmente verso S, con tratti di alveo variamente orientati (Figure 1-1 e 1-2).

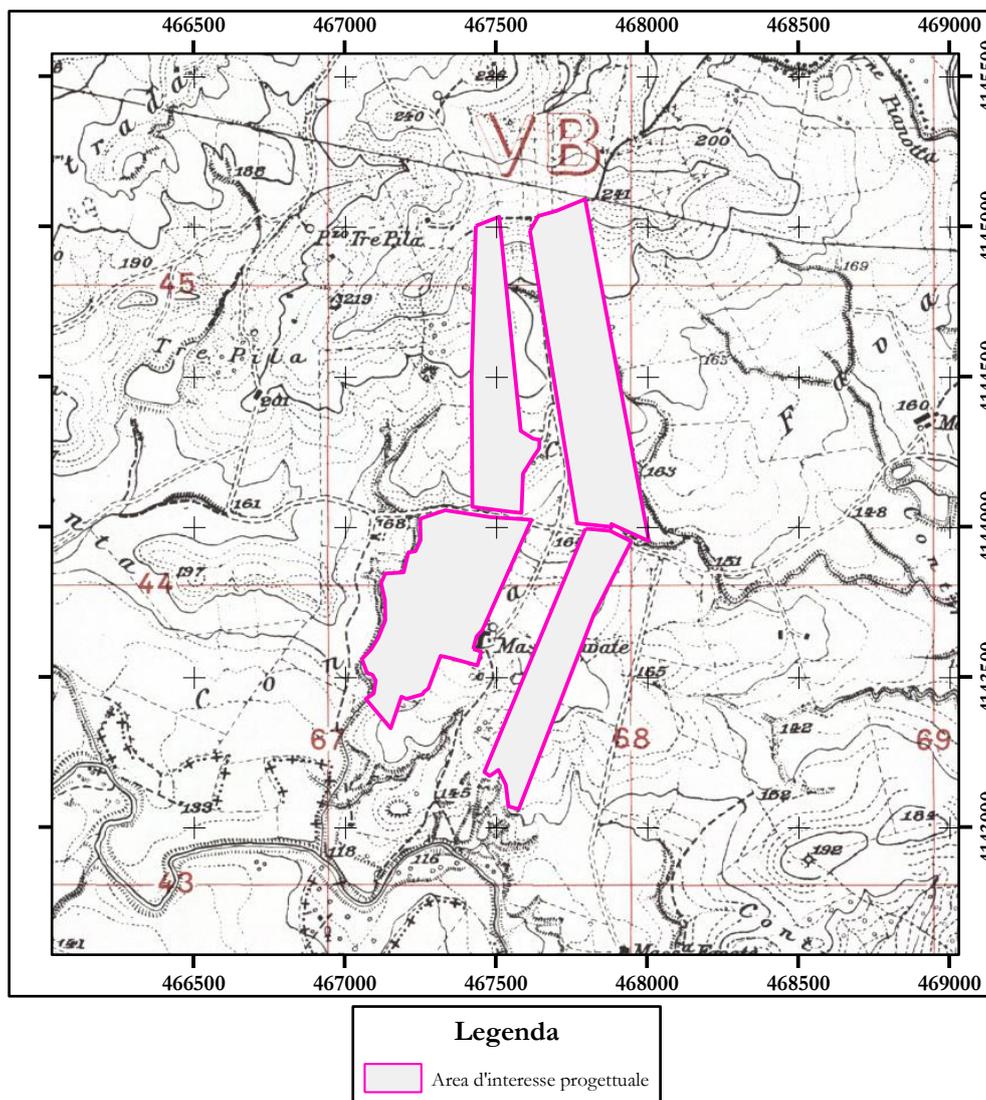


Figura 1-1. Stralcio cartografico con ubicazione dell'area d'interesse progettuale (Fonte I.G.M. – Scala 1:25.000).

Gli impluvi ivi presenti nella maggior parte dei casi sono ben incisi nel substrato e rilevabili anche dalla disamina dei dati ortofotografici; mostrano profili a “V” più o meno ampia a luoghi con vegetazione rada, evidenza sintomatica di una erosione attiva.

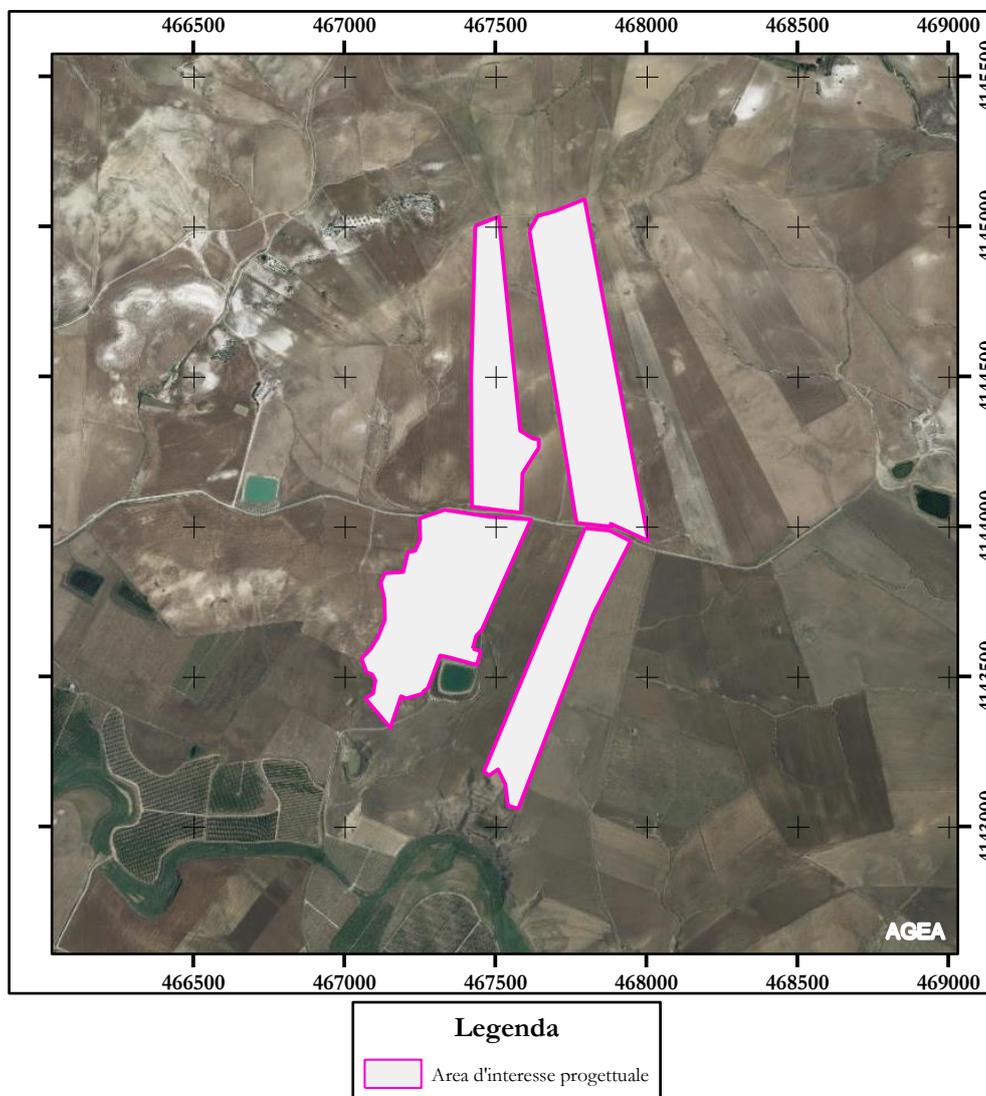


Figura 1-2. Stralcio ortofotografico con ubicazione dell'area d'interesse progettuale (Fonte: A.G.E.A., anno 2019 – Scala 1: 25.000).

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

Da un punto di vista geologico l'areale d'interesse è localizzato nella zona sud-occidentale del Foglio 269 "Paternò" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000.

Nei dintorni dell'area in studio affiorano diverse litologie, ascrivibili, dal basso verso l'alto della successione stratigrafica, alle Argille scagliose variegata con arenarie silicee cloritiche ed alle Alluvioni; in particolare l'area in studio si pone in corrispondenza di affioramenti ascrivibili alle Argille scagliose (Figura 2-1).

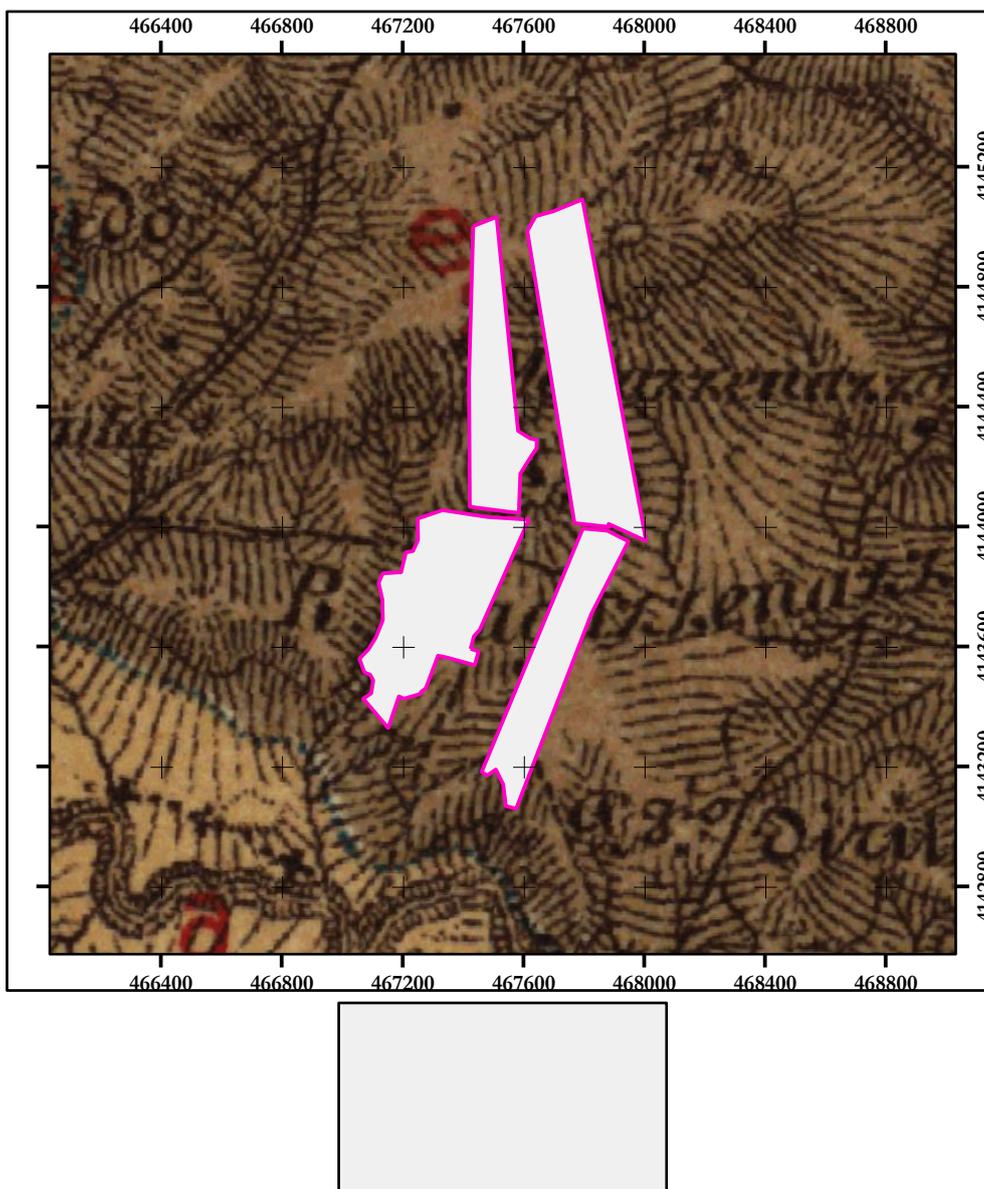


Figura 2-1. Stralcio dei Fogli 269 "Paternò" con indicazione dell'area in studio (scala 1:25.000).

### 3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO LOCALE

Nelle immediate vicinanze dell'area in studio la cartografia ufficiale prodotta dall'I.G.M.I. riporta diversi corsi d'acqua rappresentati con tratto perlopiù continuo a parte i rami di I ordine, ossia quelli posti più a monte subito a valle delle "sorgenti"; localmente, tali corsi d'acqua sono sempre privi di denominazione; anche prendendo a riferimento i dati catastali, si apprezza l'assenza, perlomeno entro la zona d'interesse e nelle sue vicinanze, di corsi d'acqua; considerando, invece, la carta tecnica regionale – C.T.R. a scala 1:10.000 appare evidente la presenza di numerosi corsi d'acqua di natura non specificata, che potrebbero divenire sede di un deflusso idrico concentrato in occasione di eventi meteorici di una certa rilevanza (Figura 3-1). Il drenaggio delle acque superficiali si esplica generalmente verso S, in direzione del F. Gornalunga.

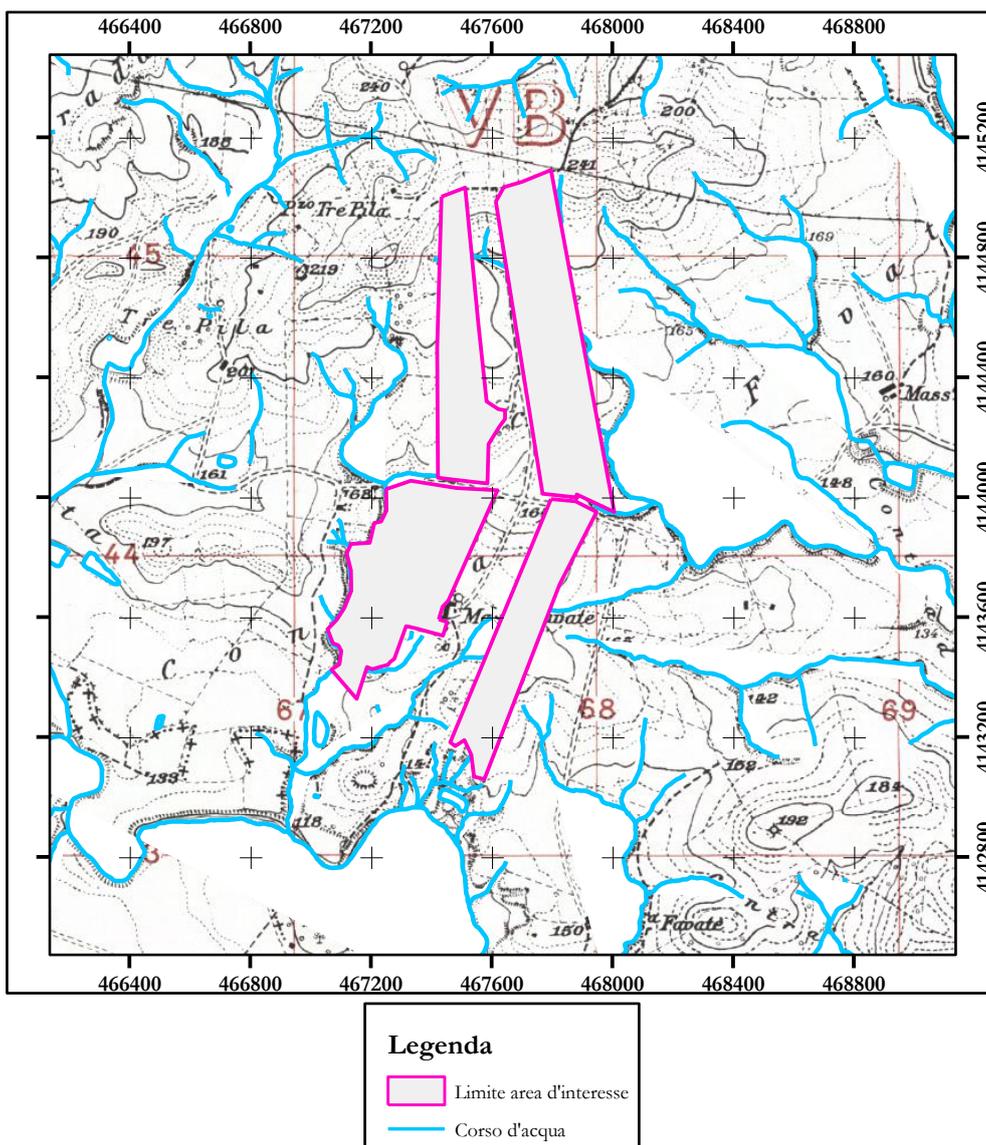


Figura 3-1. Stralcio cartografico con indicazione dei reticoli idrografici presenti da cartografia nelle vicinanze dell'area in studio (Fonte: cartografia I.G.M.I. - scala 1:25.000).

## 4. INQUADRAMENTO NEGLI STRUMENTI DEL P.A.I.

Con il Piano per l'Assetto Idrogeologico viene avviata, nella Regione Siciliana, la pianificazione di bacino, intesa come lo strumento fondamentale della politica di assetto territoriale delineata dalla L. 183/89, della quale ne costituisce il primo stralcio tematico e funzionale.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D. L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D. L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- Conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- Normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- Programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

L'area in studio ricade all'interno del Bacino idrografico del Fiume Simeto, identificato con il codice 094 dall'Autorità di Bacino del distretto idrografico della Sicilia (A.d.B.).

Il bacino imbrifero del Fiume Simeto si estende complessivamente su una superficie di circa 4.030 Km<sup>2</sup>. Il Fiume Simeto, propriamente detto, nasce dalla confluenza tra il Torrente Cutò, il Fiume Martello e il Torrente Saracena, nella pianura di Maniace. Tali corsi d'acqua si originano dai rilievi dei Monti Nebrodi, nella parte settentrionale del bacino. Il limite del bacino interessa gran parte dei rilievi montuosi della Sicilia centro-orientale ricadenti nelle province di Catania, Enna, Messina, Palermo e Siracusa. In particolare, lo spartiacque del bacino corre ad E in corrispondenza dei terreni vulcanici fortemente permeabili dell'Etna; a N il displuvio si localizza sui Monti Nebrodi; a W essa separa il bacino del Simeto da quello del Fiume Imera Meridionale; infine a SE ed a S lo spartiacque corre lungo i monti che costituiscono il displuvio tra il bacino del Simeto e quello dei fiumi Gela, Ficuzza e San Leonardo. Gli affluenti principali del Fiume Simeto sono il Torrente Cutò, il Torrente Martello, il Fiume Salso, il Fiume Troina, il Fiume Gornalunga e il Fiume Dittaino. Procedendo da monte verso valle, il bacino del Fiume Simeto è distinto nei seguenti bacini principali: Alto e Medio Simeto, Salso, Dittaino, Gornalunga e Basso Simeto; l'area in studio si pone entro il bacino del Fiume Gornalunga.

Il Bacino del Fiume Gornalunga (esteso circa 1.001 Km<sup>2</sup>) ha origine dai Monti Erei e oltre al corso d'acqua principale, sul quale è stato realizzato il serbatoio Don Sturzo (o Ogliastro), comprende il bacino del suo principale affluente di destra, il F. Monaci, costituito da numerosi affluenti (F.so Acquabianca, F.so Pietrarossa, F. Caltagirone). L'asta principale del Gornalunga si sviluppa complessivamente per circa 80 km.

Prendendo in considerazione i dati messi a disposizione dalla A.d.B. è possibile verificare che l'intero sedime di progetto si pone esternamente alle aree pericolose da un punto di vista meramente idraulico identificate in prossimità del Fiume Gornalunga che, come già accennato in precedenza, si pone poco a S del sedime (Figura 4-1).

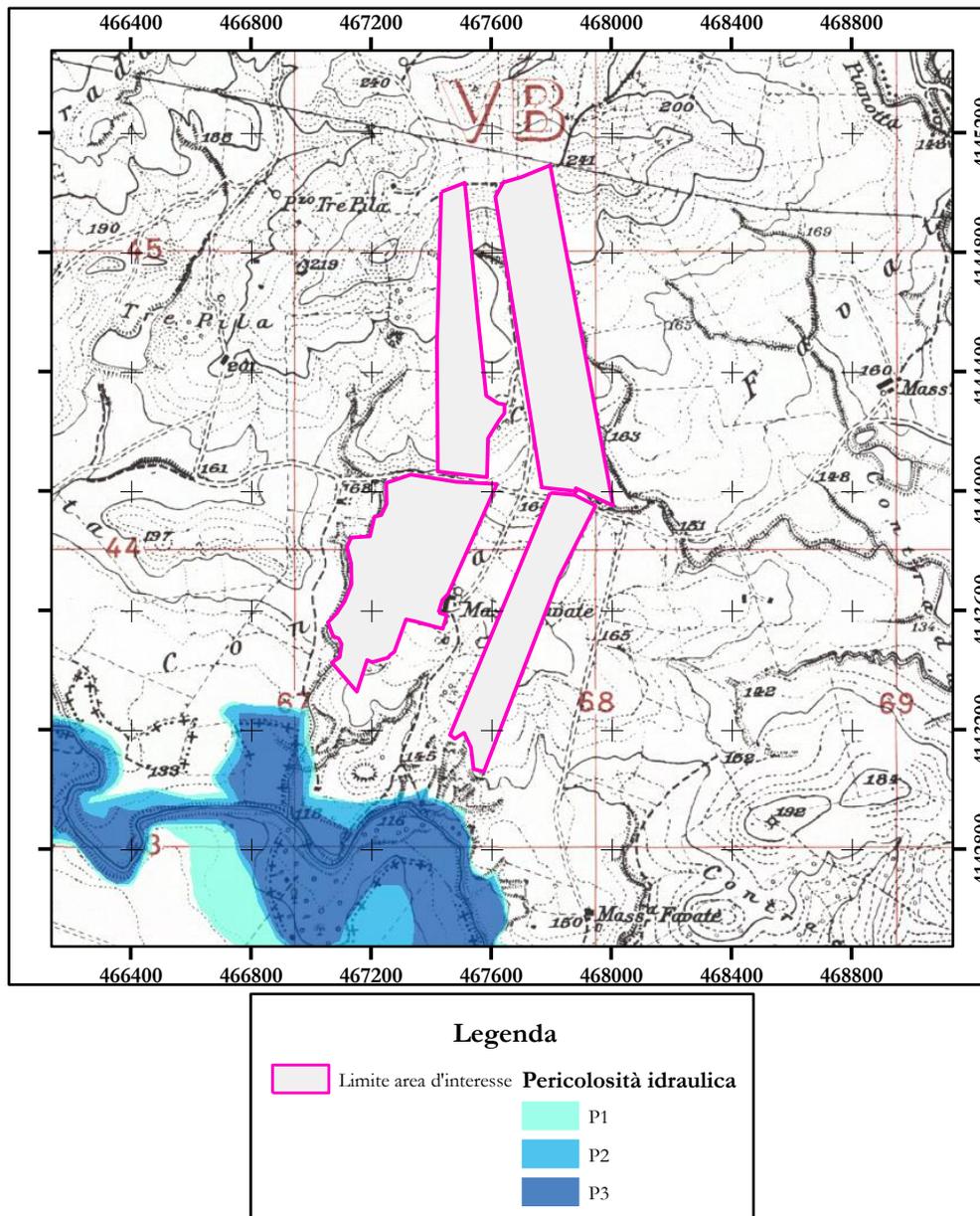


Figura 4-1. Stralcio cartografico con indicazione dell'area in studio e delle aree vincolate dal PAI individuate in zona (scala 1:25.000 – Fonte A.d.B.).

Come già accennato in precedenza, entro l'area d'interesse e nei suoi dintorni la C.T.R. a scala 1:10.000 riporta diversi corsi d'acqua di natura non specificata che potrebbero avere delle influenze sulla stessa. Per quanto appena esposto ne riviene che l'area è assoggettata a quanto prescritto dalle **Direttive per la determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R. D. 523/1904)** e per la determinazione della fascia di pertinenza fluviale da sottoporre **alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R. D. 523/1904**, approvate con DSG 119/2022 dall'A.d.B.. In tali direttive sono stati affrontati i concetti di alveo e di piena ordinaria che risultano così definiti:

- Piena ordinaria: piena calcolata con riferimento al tempo di ritorno ( $T_r$ ) di 5 anni
- Alveo di piena ordinaria: porzione della regione fluviale soggiacente al livello idrico determinato facendo transitare la portata di piena ordinaria.

È opportuno ricordare che a volte l'alveo demaniale è già identificato nelle mappe catastali dove è riportato con particelle proprie intestate al Demanio della Regione Siciliana o al Demanio dello Stato.

In tali casi occorre però verificare che la reale posizione dell'alveo coincida con quella riportata nelle mappe catastali. Per quanto appena esposto, ai fini della determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R. D. 523/1904) si debba far riferimento al concetto di "demanio idrico" che, laddove non espressamente rappresentato nelle planimetrie catastali, ovvero laddove quanto eventualmente rappresentato nelle mappe catastali non corrisponda alla reale ubicazione dell'alveo, coincide con l'alveo di piena ordinaria e cioè con la parte di terreno che risulti occupato dall'acqua in caso di eventi di piena corrispondenti ad un tempo di ritorno  $T_r = 5$  anni.

Inoltre, l'art. 96 del R. D. 523/1904 alla lettera f) stabilisce le distanze minime da applicare per la realizzazione di qualsiasi tipologia di opere dagli argini dei corsi d'acqua:

- 4 m per le piantagioni o i movimenti di terra;
- 10 m per la realizzazione di fabbriche e scavi.

Il divieto di costruzione nella fascia di 10 m è, ovviamente, stato previsto dal legislatore per evitare la realizzazione di manufatti stabili che alterino lo stato della pertinenza idraulica, sia per conservarne la sagoma effettiva, sia per permettere il necessario controllo e manutenzione dei corsi d'acqua.

In linea generale, il divieto di costruzione di opere in vicinanza o a ridosso degli argini dei corsi d'acqua, previsto dal citato art. 96, lett. f), ha carattere legale, assoluto e inderogabile (cfr. Cassazione Civile, Sezioni unite, 30/07/2009, n. 17784) ed è diretto al fine di assicurare:

- La possibilità di sfruttamento delle acque pubbliche;
- Il libero deflusso delle acque nei corsi d'acqua;
- La operatività per eseguire gli interventi di manutenzione;
- La prevenzione dei rischi per le persone e le cose che potrebbero derivare dalle esondazioni.

La natura degli interessi pubblici tutelati comporta, pertanto, che il vincolo operi determinando l'**inedificabilità assoluta della fascia di pertinenza idraulica**. La distanza minima che viene individuata dal suddetto art. 96, lett. f), del R. D. 523/1904 in 10 m, va misurata "dal piede dell'argine" e, conseguentemente, viene definita la fascia di pertinenza idraulica per i corsi d'acqua arginati. L'Autorità cui spetta la manutenzione e la vigilanza sul corso d'acqua non deve procedere, in questo caso, ad alcuna delimitazione essendo la pertinenza idraulica definita dalla norma.

Il Consiglio di Stato, con parere n. 55 del 01/06/1988, come richiamato dalla Circolare del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali 16 giugno 1998, n. DSTN/2/12874, ha chiarito che con il termine argine non ci si riferisce al manufatto artificiale di contenimento della piena ma, più in generale, alla sponda del corso d'acqua. Di conseguenza, per gli alvei arginati o comunque a sponde definite, la pertinenza idraulica risulta definita dalla norma mentre per gli alvei a sponde incerte occorre procedere alla individuazione delle linee di delimitazione dell'alveo demaniale da cui desumere l'ampiezza delle pertinenze idrauliche. In ragione di ciò, **nella considerazione che nel caso di corsi d'acqua riportati nelle mappe catastali l'alveo demaniale è quello desumibile dalla mappe stesse mentre nel caso di corsi d'acqua non riportati nelle mappe catastali l'alveo demaniale è quello occupato dalla piena ordinaria**, si ritiene che la fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R. D. 523/1904 vada **individuata a partire dal limite della proprietà demaniale, qualora il corso d'acqua sia riportato nelle mappe catastali, ovvero dal limite del terreno che risulti occupato dalla piena ordinaria (evento corrispondenti ad un tempo di ritorno  $T_r = 5$  anni) qualora il corso d'acqua non sia riportato nelle mappe catastali**.

Qualora un corso d'acqua, sebbene riportato nelle mappe catastali, si sia significativamente spostato dalla posizione riportata nelle mappe stesse, si dovrà procedere per esso secondo quanto previsto per i corsi d'acqua non arginati.

Nelle Figure 4-2 e 4-3 è rappresentato schematicamente, in forma grafica, quanto finora esposto.

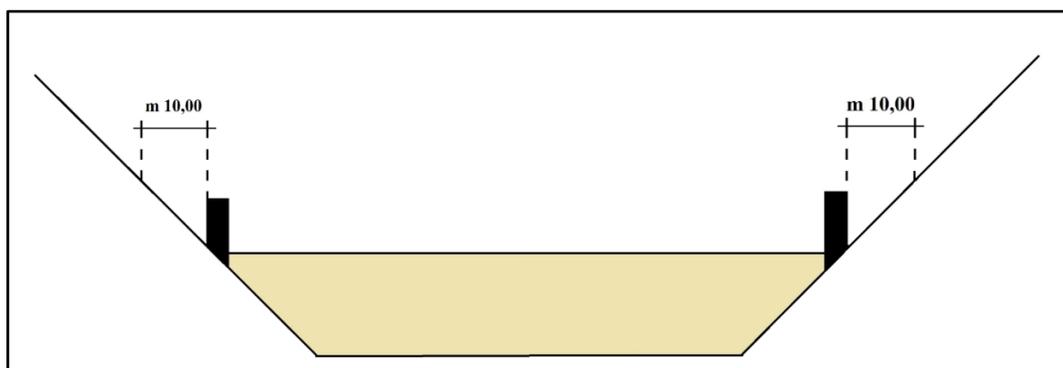


Figura 4-2. Definizione dell'alveo demaniale nel caso di un corso d'acqua arginato o a sponde definite.

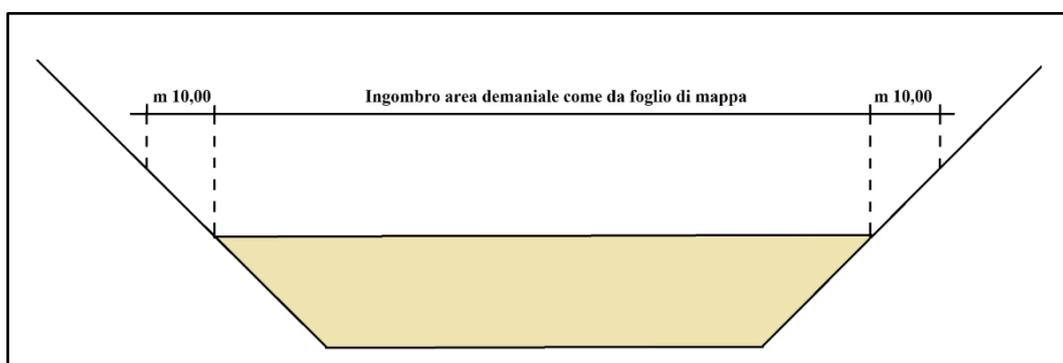


Figura 4-3. Definizione dell'alveo demaniale nel caso di un corso d'acqua a sponde incerte.

## 5. INTERFERENZE IDRAULICHE PRESENTI IN ZONA

Nelle vicinanze dell'area d'interesse progettuale sono state rinvenute (e rilevate) n. 3 interferenze idrauliche, ossia dei manufatti antropici atti a permettere il deflusso delle acque di scorrimento superficiale attraverso rilevati anch'essi antropici (Figura 5-1).

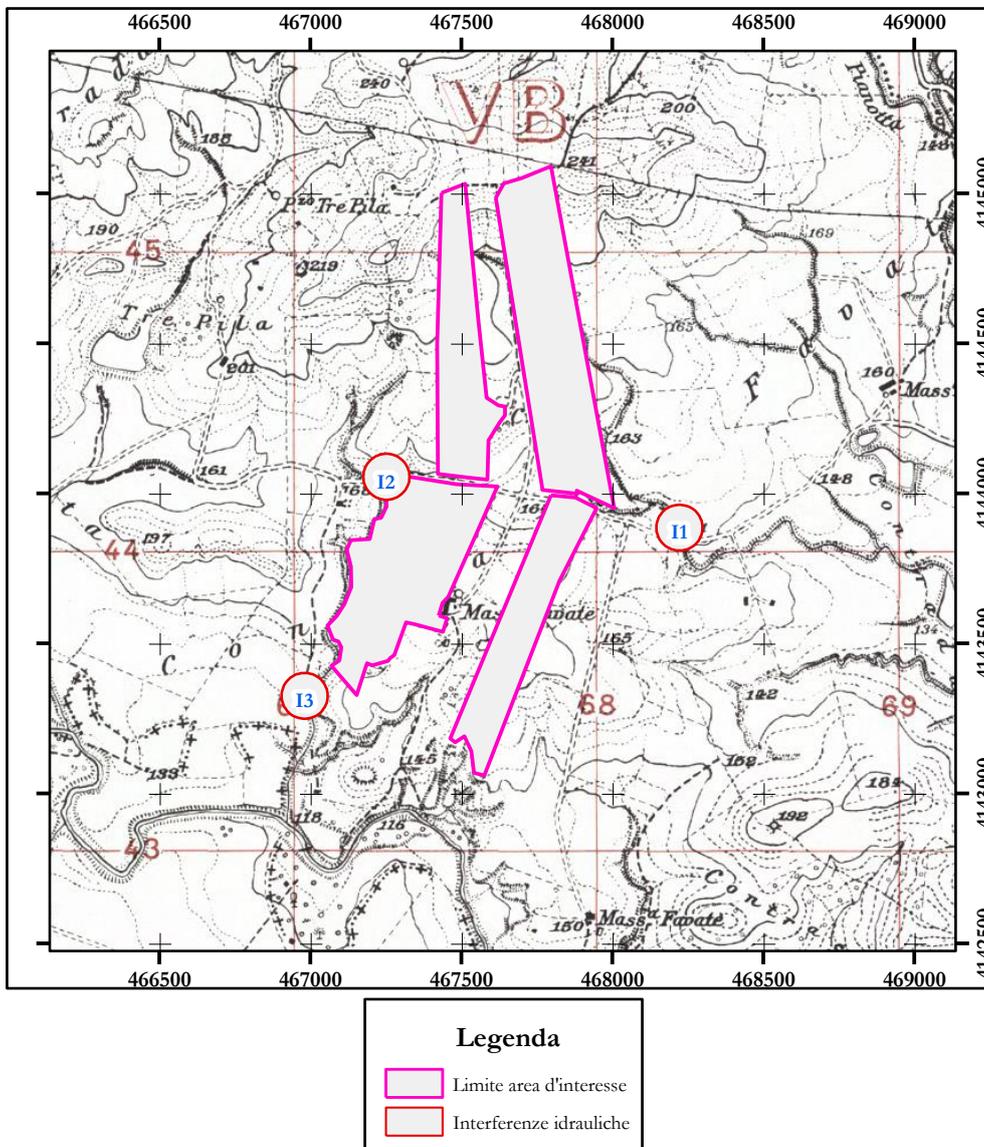


Figura 5-1. Interferenze idrauliche presenti in zona (scala 1:25.000).

Le caratteristiche dimensionali delle interferenze, rilevate in campo, sono le seguenti:

- I1 (Foto 5-1)
  - Diametro: 1 m;
  - Lunghezza: 18 m;
  - Altezza impalcato: 1,6 m;
  
- I2 (Foto 5-2)
  - Diametro: 2 m;
  - Lunghezza: 20 m;
  - Altezza impalcato: 0,2 m;

➤ I3 (Foto 5-3)

- Diametro: 2,4 m;
- Lunghezza: 6,5 m;
- Altezza impalcato: 0,2 m.



Foto 5-1. Interferenza idraulica I1.



Foto 5-2. Interferenza idraulica I2.

Si rappresenta che l'interferenza idraulica identificata come I3 non è stata considerata nelle valutazioni idrauliche realizzate, poiché il modello digitale del terreno (DTM), localmente, non aveva una risoluzione tale da permettere l'inserimento, a fini idraulici, di tale interferenza.



Foto 5-3. Interferenza idraulica I3.

## 6. VALUTAZIONI IDROLOGICHE

Scopo della valutazione idrologica è quello di definire, come risultato finale, le portate massime e gli idrogrammi di piena che vengono a generarsi in concomitanza di eventi meteorici determinati per un tempo di ritorno di 5 anni, in ossequio a quanto riportato nel Capitolo 4 che precede. In linea generale, il processo valutativo è articolato in una serie di fasi consequenziali, come di seguito indicato:

- a) Definizione delle caratteristiche del bacino idrografico;
- b) Analisi pluviometrica;
- c) Determinazione dei pluviogrammi sintetici o di progetto.

Il risultato della valutazione idrologica costituirà il dato di input della successiva valutazione idraulica, trattata nel capitolo che segue.

## 6.1 Caratteristiche dei bacini idrografici d'interesse

Come già accennato in precedenza, nelle vicinanze dell'area in studio (ed entro la stessa), sono presenti diversi corsi d'acqua, individuati sulla C.T.R. a scala 1.10.000, per i quali si intende delineare le aree potenzialmente inondabili per eventi di piena determinati con un tempo di ritorno di 5 anni. La delimitazione dei bacini idrografici (Figura 6-1) è stata realizzata con procedura automatica, prendendo come riferimento principale i dati LiDAR del terreno con risoluzione di 2 metri messi a disposizione dal S.I.T.R. della Sicilia. Le caratteristiche morfologiche salienti dei bacini idrografici individuati sono riportate in Tabella 6-1.

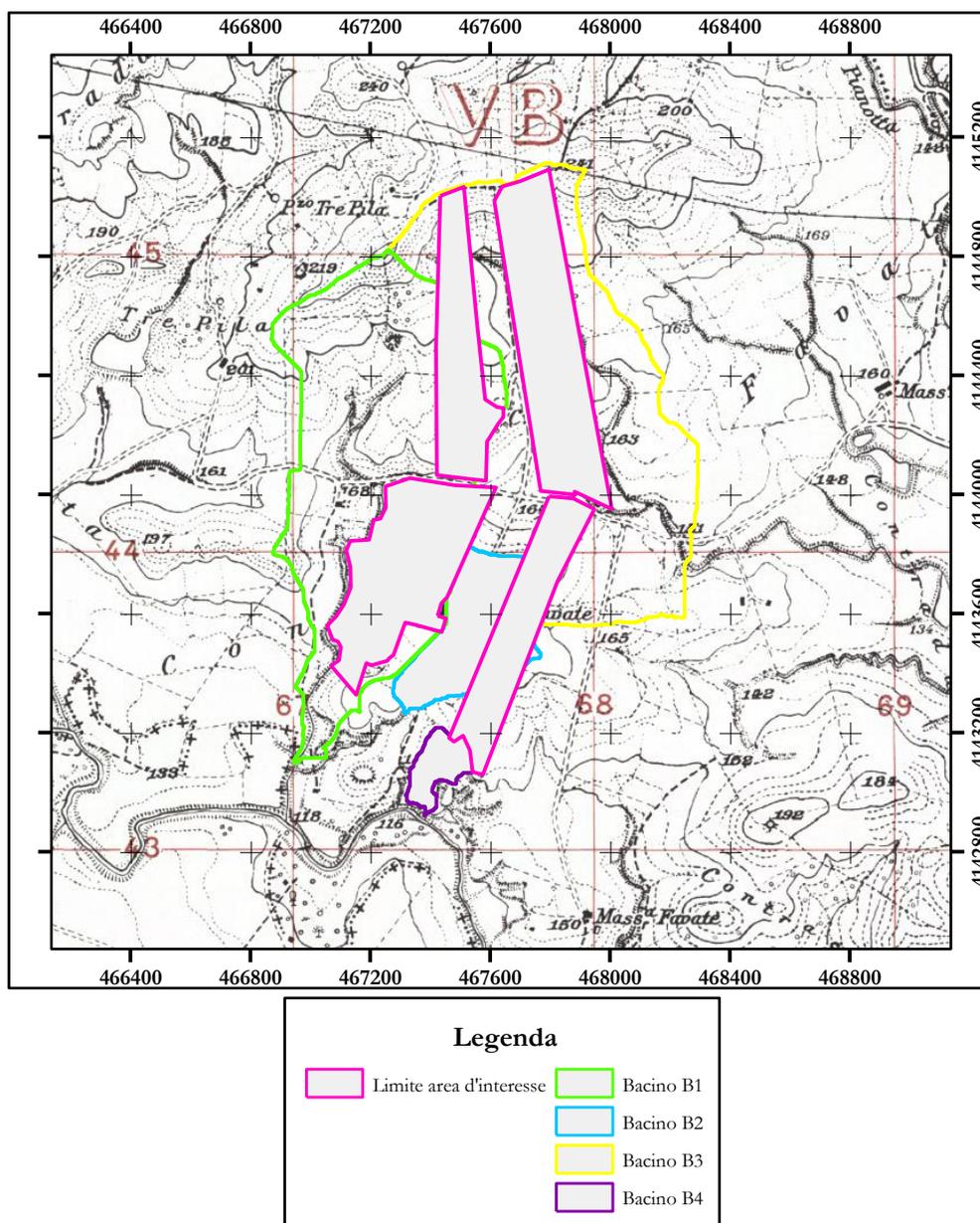


Figura 6-1. Stralcio cartografico con indicazione dell'area d'interesse e dei bacini idrografici identificati (scala 1.25.000).

Bacino	A	P <sub>b</sub>	Q <sub>max</sub>	Q <sub>med</sub>	Q <sub>s</sub>	L	P <sub>a</sub>
B1	0,80	14,2	251,2	179,6	128,3	2,2	5,6
B2	0,15	8,8	192,0	170,4	146,8	0,8	5,9
B3	0,90	10,5	250,0	183,6	150,9	1,7	5,8
B4	0,05	26,2	178,0	147,4	121,7	0,6	9,4

Tabella 6-1. Caratteristiche morfologiche dei bacini in studio (A: area del bacino – Km<sup>2</sup>; P<sub>b</sub>: pendenza media del bacino - %; Q<sub>max</sub>: quota massima del bacino – m; Q<sub>med</sub>: quota media del bacino - m; Q<sub>s</sub>: quota sezione di chiusura del bacino - m; L: lunghezza percorso idraulico maggiore - Km; P<sub>a</sub>: pendenza media del percorso idraulico maggiore - %).

Sulla scorta dei dati morfologici dei bacini è stato possibile determinarne il loro tempo di corrivazione (Tabella 6-2), inteso come il tempo che necessita ad una goccia d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino, partendo dal punto posto più a monte dello stesso. In letteratura sono riportate formulazioni matematiche proposte da differenti autori, sulla scorta di esperienze empiriche condotte in specifiche situazioni geografiche, morfologiche e ambientali. Nel caso specifico si è optato per l'utilizzo della formulazione proposta da Ventura:

$$t_c = 0,1272 \cdot (A / P_a)^{0,5}.$$

Bacino	tc (ore)
B1	0,48
B2	0,20
B3	0,50
B4	0,09

Tabella 6-2. Tempo di corrivazione determinato per i bacini in studio.

## 6.2 Analisi pluviometrica

L'analisi pluviometrica è stata effettuata prendendo in considerazione i dati registrati presso la stazione di misura "Mineo", abbastanza prossima all'area oggetto del presente studio, che ha registrato una serie temporale di dati sensibilmente maggiore rispetto alla stazione di Ramacca e, che costituisce, dunque, una serie di dati statisticamente più affidabile. In relazione ai valori massimi di precipitazione di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore per questa stazione di misura sono disponibili i dati relativi a 56 anni di misure, compresi nel periodo di tempo compreso tra il 1951 e il 2018 (Tabella 6-3) e resi disponibili a mezzo degli Annali idrologici.

I dati di pioggia disponibili sono stati elaborati statisticamente utilizzando la distribuzione probabilistica TCEV (Two Component Extreme Value) di secondo livello con il metodo di stima della massima verosimiglianza, relativa alla sotto-zona omogenea C (Tabella 6-4).

Tenendo in considerazione i dati a disposizione sono stati determinati i valori di "a" e "n" relativi alla curva di possibilità pluviometrica, per un evento con tempo di ritorno di 5 anni (Tabella 6-5).

Nella Figura 6-2 è riportata la curva di possibilità pluviometrica relativa alla stazione di misura Mineo, per il tempo di ritorno considerato.

Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1951	59.2	62.8	66.2	84	142.8
1954	20.4	38.6	42.8	51.6	86.2
1955	30.2	30.6	36.6	42.6	48.8
1956	35.6	46.2	47	47	72.2
1957	30.6	61.4	93.6	144	170.6
1958	40	69.5	115.2	125.6	126.2
1959	45.4	51.8	51.8	51.8	51.8
1960	40	70.4	108.4	131	148.4
1961	49.4	51.4	51.4	51.4	51.4
1962	17.8	18.6	21.6	43.2	45.2
1963	49.6	53	53.6	53.6	75.8
1964	39.8	43	62.8	105.8	138.4
1967	24.6	24.6	27.4	37.6	37.8
1968	14.4	31.8	43.8	82.8	109.6
1969	30.2	50.6	72.8	98.4	172.2
1970	20	23.4	35	44.2	73.6
1971	41.6	72.6	87.6	118	118
1972	29	36.4	40.6	62	66.2
1973	29.4	37.4	60.2	72.8	99.2
1974	42.6	43	43	43	43.8
1975	42	43.8	74	85.8	91
1976	35	49.6	58	104.2	134.2
1977	7.4	10	15.8	18.6	27.8
1978	23.6	23.6	23.6	25	25.4
1979	26.4	43.4	43.4	43.4	70.8
1980	27.2	34.8	34.8	41.2	46
1981	35.2	38.2	38.2	38.2	38.2
1983	38.2	58.4	69	78.4	87.8
1984	12.2	17.4	25.8	38.4	66.8
1985	20	41.6	51.6	99.6	154.2
1986	22.4	32	47.8	65	104.2
1987	42.6	55	55	55	55
1988	41.8	58.6	72	78.6	79.8
1989	30.2	32.2	32.2	32.2	45.2
1990	21.8	37.4	40.4	41	58
1991	18.6	32.6	41	60	89.8
1992	76.4	84.2	84.2	84.2	89
1993	33.6	37.4	39.2	58.4	109.4
1994	18	27.2	28	38.6	41.8
1995	23	23	23	29.8	33.2
1996	18	40	74	110.4	193.6
1997	47.8	53.8	54	54	54
1998	32.6	32.8	32.8	32.8	32.8
1999	31.8	47.4	87	98	107
2001	41.6	46.2	47.8	47.8	50.2
2002	52	58.4	58.4	58.4	58.4
2003	70	150	177.4	222	249.4
2008	47.6	51	60.2	70.2	72.6
2010	14	19	37.8	56	69.6
2011	39	81.2	84.6	86.4	87
2013	33	34.2	39.6	43	45.4
2014	18.2	23	39	50.4	58
2015	32.6	33	41	52	66.4
2016	24.8	31.6	49.2	56	56.6
2017	22	28	47	47	47
2018	35.4	46.2	52.2	98.6	99.2

Tabella 6-3. Valori massimi di pioggia registrati presso la stazione di misura Mineo nel periodo 1951-2018 (origine dati: Annali idrologici).

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	56	56	56	56	56
Somma dei dati	2065.2	3106.9	3040.4	3789.0	4672.6
Valore minimo	7.4	10.0	15.8	18.6	25.4
Valore massimo	232.0	704.0	177.4	222.0	249.4
Valore medio	36.88	55.48	54.29	67.66	83.44
Dev. standard	29.80	90.77	27.20	35.67	45.91
Coeff. variazione	0.808	1.636	0.501	0.527	0.550
Coeff. asimmetria	5.289	6.884	2.045	1.829	1.382

Tabella 6-4. Valori dei parametri della distribuzione probabilistica TCEV.

T <sub>r</sub> = 5 anni	
a	45,96
n	0,250

Tabella 6-5. Valori dei parametri “a” e “n” della curva di possibilità pluviometrica determinati per un tempo di ritorno di 5 anni.

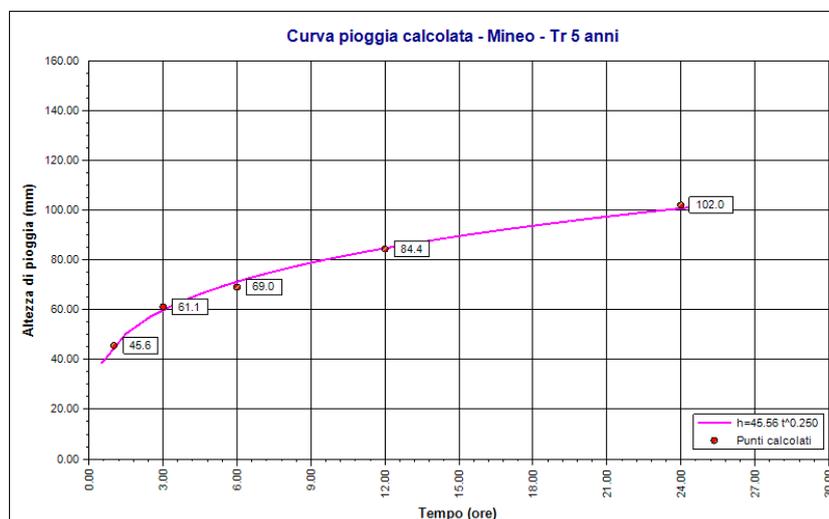


Figura 6-2. Curva di possibilità pluviometrica relativa alla stazione di misura Mineo per un tempo di ritorno di 5 anni.

### 6.3 Determinazione dei pluviogrammi sintetici

Per i bacini idrografici d'interesse e per il tempo di ritorno di 5 anni, sono stati determinati i pluviogrammi sintetici, imponendo le seguenti condizioni:

- Pluviogramma Chicago con picco centrale;
- Durata dell'evento meteorico pari al tempo di corrivazione.

Nelle figure da 6-3 a 6-6 sono riportati i pluviogrammi sintetici così determinati.

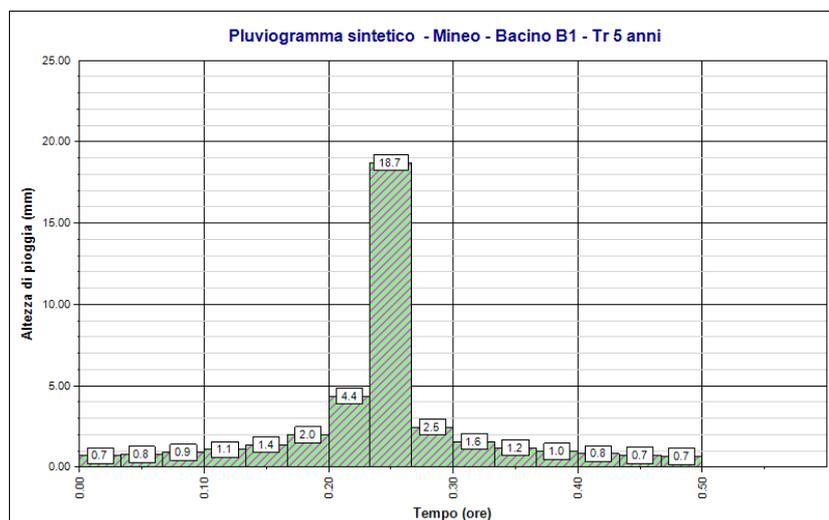


Figura 6-3. Pluviogramma sintetico del bacino idrografico B1 in studio per un tempo di ritorno di 5 anni.

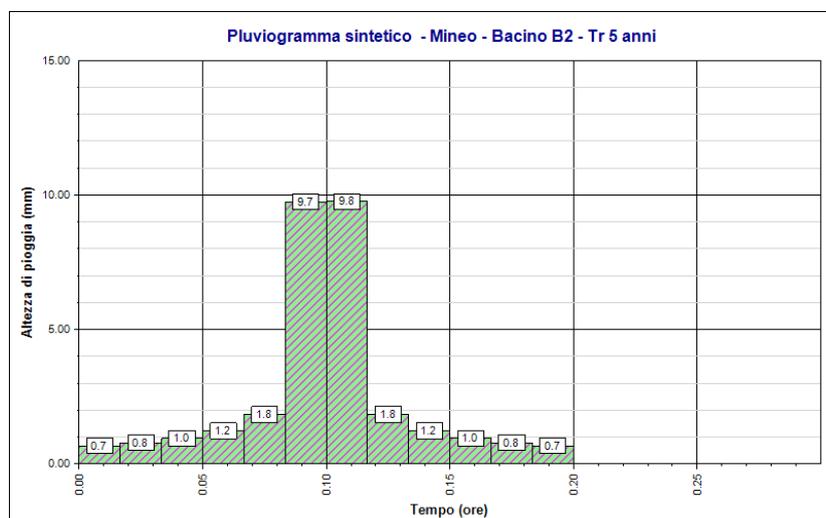


Figura 6-4. Pluviogramma sintetico del bacino idrografico B2 in studio per un tempo di ritorno di 5 anni.

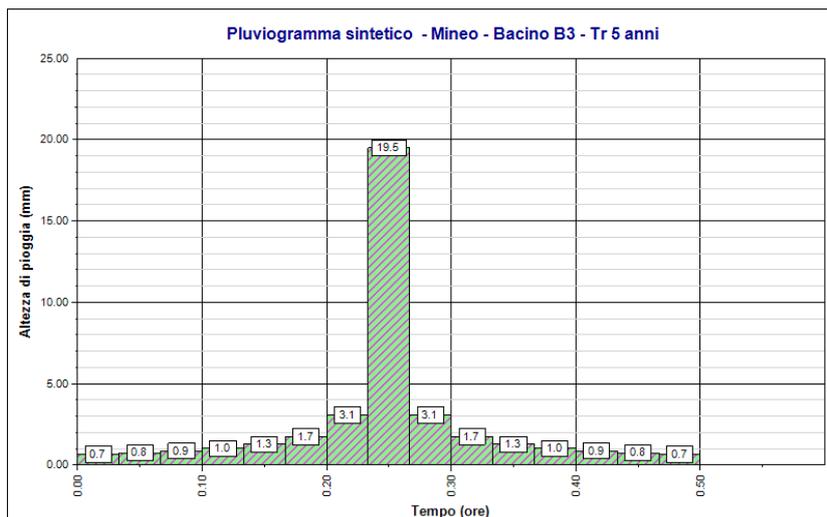


Figura 6-5. Pluviogramma sintetico del bacino idrografico B3 in studio per un tempo di ritorno di 5 anni.

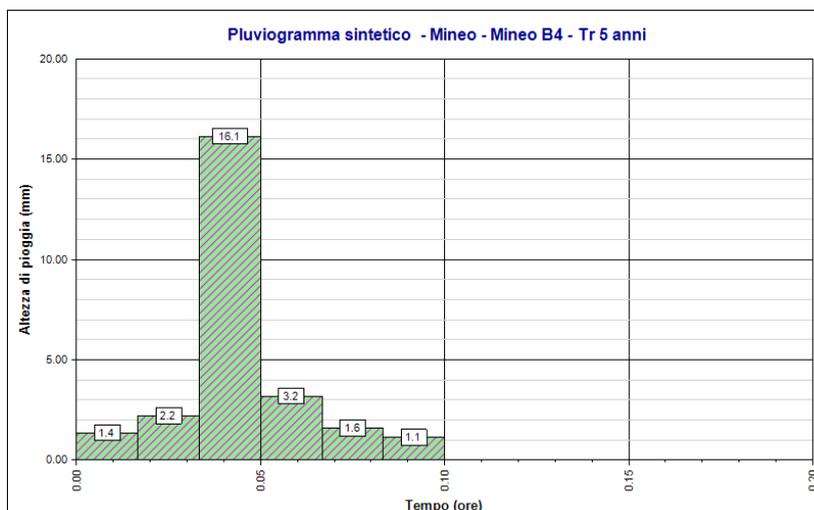


Figura 6-6. Pluviogramma sintetico del bacino idrografico B4 in studio per un tempo di ritorno di 5 anni.

## 6.4 Valutazione del Curve Number

In letteratura sono riportati diversi metodi per la trasformazione afflussi/deflussi al fine di determinare gli idrogrammi di progetto o della pioggia efficace, anche se nel presente studio la valutazione idraulica prevederà l'uso dei pluviogrammi anziché degli idrogrammi (vedi oltre); il metodo del Curve Number (CN) proposto dal Soil Conservation Service (SCS) è tradizionalmente uno dei più utilizzati ed è quello che sarà applicato nel presente lavoro. Il CN è un parametro adimensionale che decresce in funzione della permeabilità del substrato; il valore assunto da tale parametro è funzione:

- Del grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico preso in considerazione;
- Della litologia e della pedologia del suolo.

Il valore del CN varia da 0 a 100 ed è diffusamente tabulato, soprattutto nella letteratura scientifica americana, come risultato di innumerevoli esempi applicativi.

Per ciò che attiene il grado di umidità del terreno sono previste tre classi, I, II e III, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni antecedenti l'evento meteorico considerato (Antecedent Moisture Condition – AMC); la Tabella 6-6 riassume le caratteristiche delle tre classi AMC.

AMC	Precipitazione (mm)	Classe
Molto asciutto	< 50	I
Standard	Tra 50 e 110	II
Molto umido	>110	III

Tabella 6-6. Classi relative a AMC (Fonte SCS).

I valori di CN riscontrati in letteratura fanno sempre riferimento al CN della classe AMC II (CN<sub>II</sub>); il valore di CN riferito alla classe AMC III (CN<sub>III</sub>) è solitamente così determinato:

$$CN_{III} = (23 * CN_{II}) / (10 + 0,13 * CN_{II}).$$

Potenzialità deflusso	Classe
Scarsa	A
Moderatamente bassa	B
Moderatamente alta	C
Molto alta	D

Tabella 6-7. Suddivisione dei terreni in base alla potenzialità di deflusso (Fonte SCS).

Al fine di determinare il CN il suolo deve essere classificato anche in funzione delle caratteristiche di permeabilità, secondo la suddivisione litologica proposta dal SCS; tale suddivisione prevede 4 classi di permeabilità o di potenzialità di deflusso, come indicato nella Tabella 6-7.

Determinata la classe della potenzialità di deflusso è possibile, per ciascun tipo di copertura del suolo, determinarne il relativo valore di CN (Tabella 6-8).

<b>Tipo di copertura</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini d'acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanenti	62	71	78	81
Frutteti e frutteti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutteti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella 6-8. Esempio di valori di CN<sub>II</sub> per differenti tipologie di copertura del suolo e della diversa potenzialità di deflusso.

Allo scopo di determinare in modo corretto la potenzialità di deflusso delle acque di precipitazione meteorica all'interno del bacino in studio è stata realizzata una carta della potenzialità di deflusso superficiale (Figura 6-7), valutando le caratteristiche di permeabilità dei litotipi affioranti in zona (argille scagliose); a ciascun tipo litologico è stata attribuita una classe di deflusso. Sempre al fine di determinare il valore del CN per i bacini è stata redatta una carta di uso del suolo, prendendo a riferimento i dati ufficiali messi a disposizione dal Sistema Informativo Territoriale Regionale della Sicilia (S.I.T.R.) – servizio WMS, a scala 1: 250.000 (Figura 6-8).

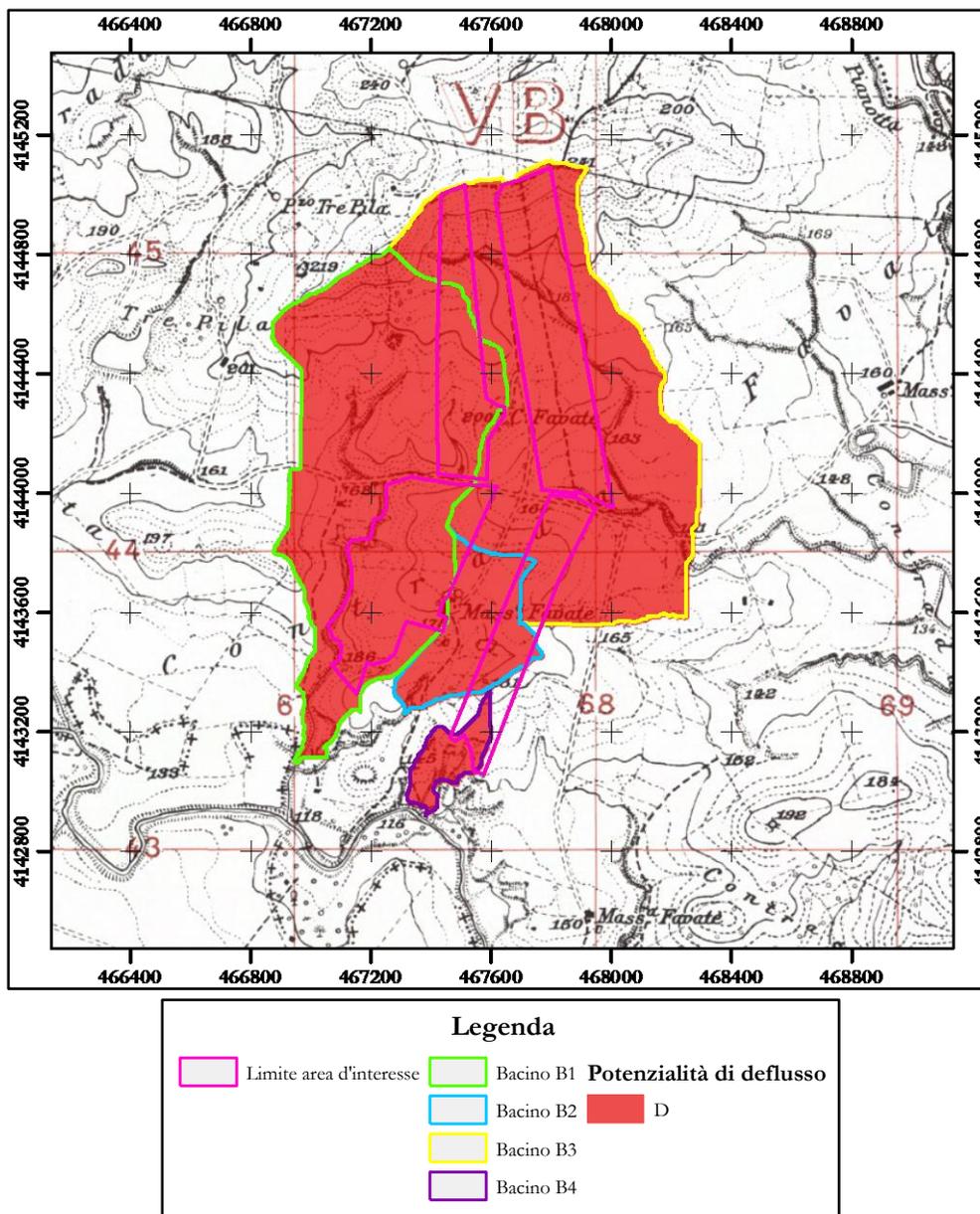


Figura 6-7. Carta litologica con definizione della potenzialità di deflusso relativa ai due bacini idrografici in studio (scala 1:25.000).

Una volta noti sia la potenzialità di deflusso che l'uso del suolo è stato possibile definire, per ciascuna classe di uso del suolo in funzione della litologia del substrato, il corrispondente valore del  $CN_{III}$ . Il valore medio del  $CN_{III}$  per ciascun bacino idrografico in studio è riportato in Tabella 6-9.

Bacino	$CN_{III}$
B1	91
B2	91
B3	91
B4	91

Tabella 6-9. Valori di  $CN_{III}$  per determinati per ciascun bacino idrografico in studio.

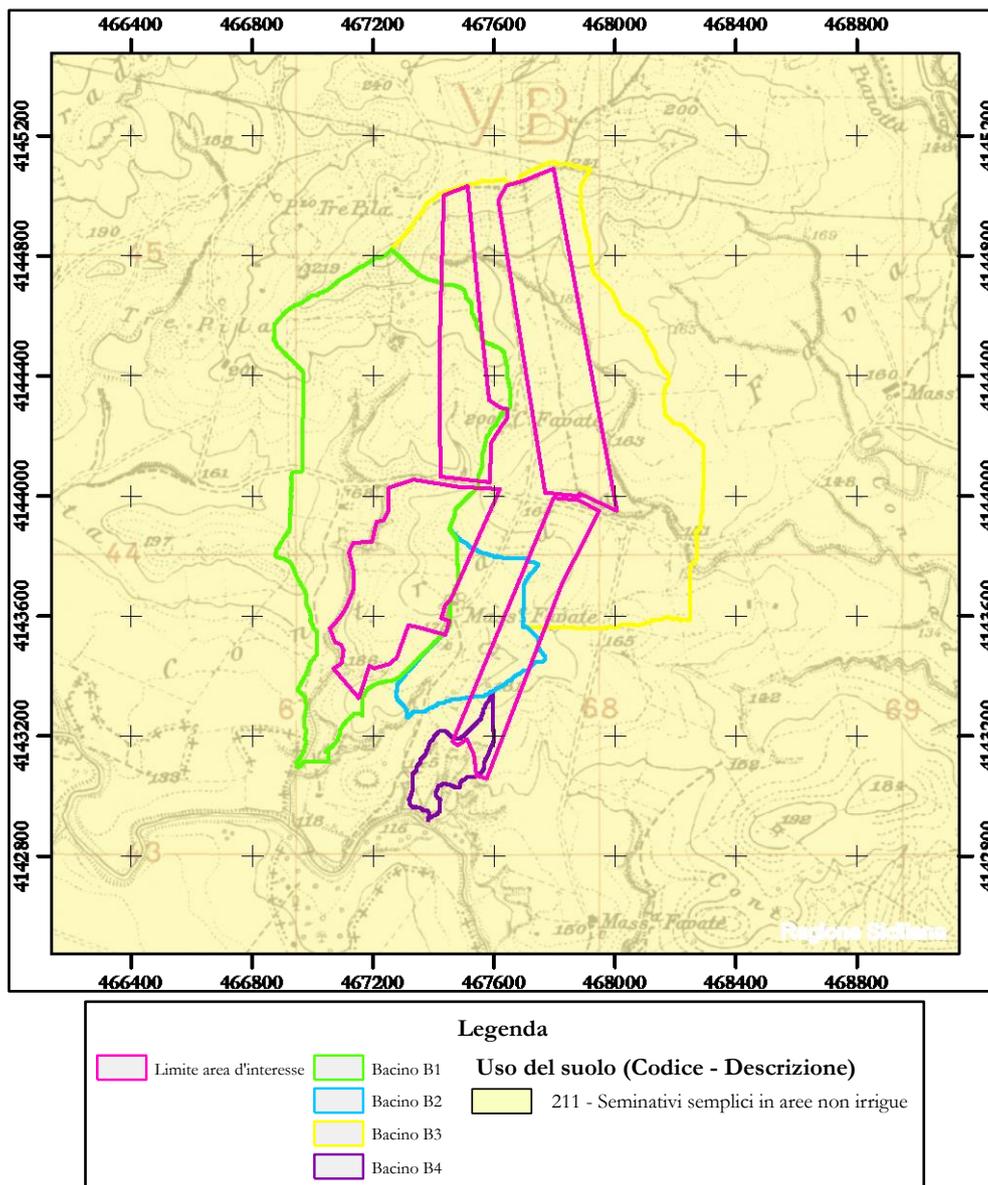


Figura 6-8. Carta di uso del suolo relativa a ciascun bacino idrografico in studio (scala 1:25.000 - Fonte Servizio WMF S.I.T.R. Sicilia).

## 7. VALUTAZIONI IDRAULICHE

La modellazione idraulica dell'area è stata realizzata con l'ausilio del software di modellazione HEC RAS 2D (ver. 6.4.1).

### 7.1 Il software HEC RAS 2D

Il software HEC RAS, realizzato e messo a disposizione della utenza dal Department of The Army – Corps of Engineers - Institute for Water Resources, permette eseguire la modellazione in uno scenario 1D, 2D e 1D/2D combinato. Per informazioni relative al modello di simulazione ed ai risultati ottenibili si rimanda al sito web ufficiale: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.

### 7.2 Il modello digitale del terreno

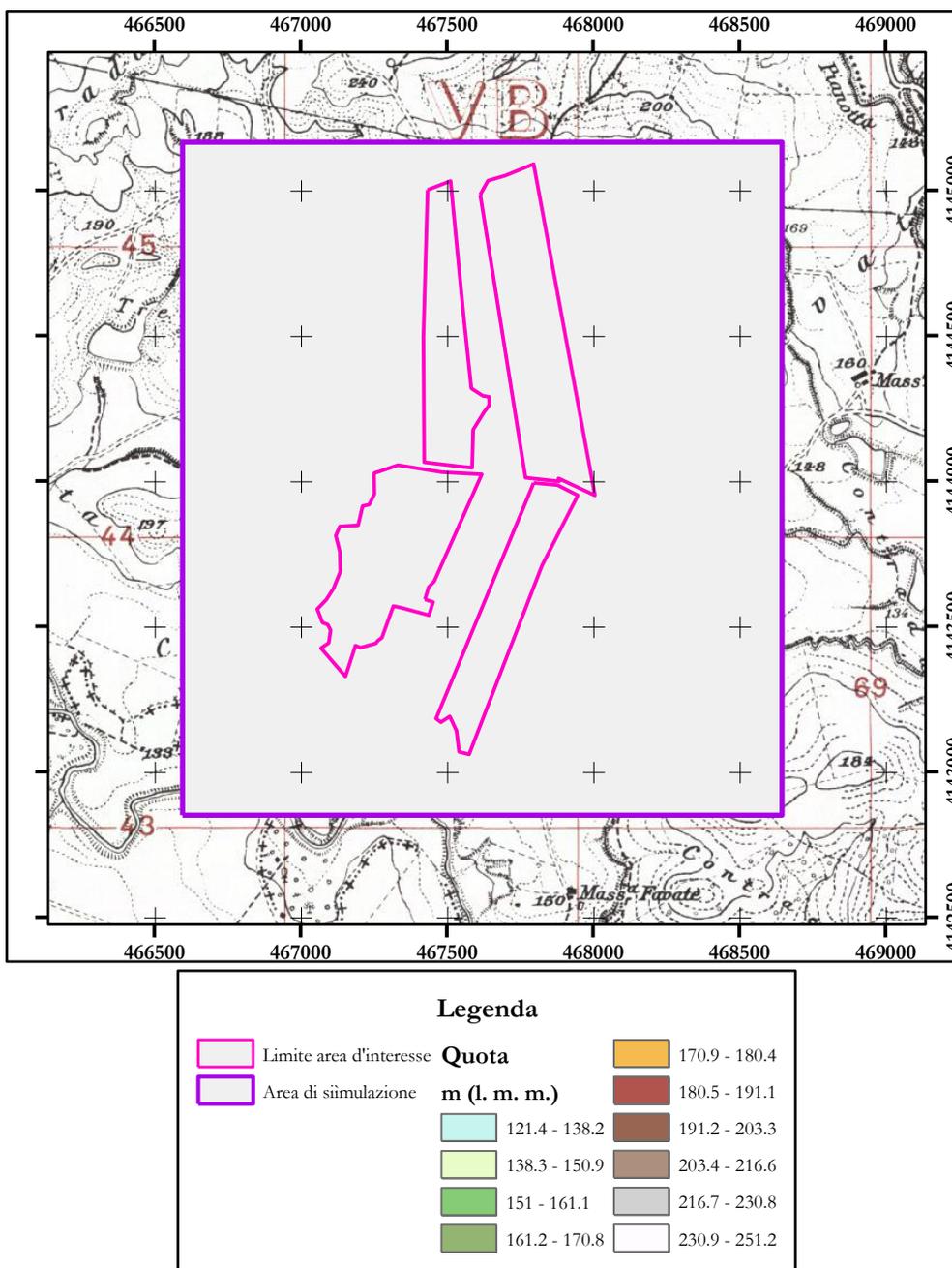


Figura 7-1. Modello digitale del terreno (DTM) con risoluzione di 2 m considerato nella valutazione idraulica (scala 1:25.000).

Il dato di partenza indispensabile al fine di determinare le caratteristiche idrauliche di un sito è rappresentato dall'altimetria del terreno. Il modello digitale del terreno (DTM - Digital Terrain Model) è stato determinato utilizzando i dati LiDAR acquisiti e resi disponibili dal S.I.T.R. Sicilia, con risoluzione di 2 metri, risalente al 2013 (Figura 7-1).

### 7.3 Pluviogrammi utilizzati

Al fine di definire le aree potenzialmente inondabili in ottemperanza alle Direttive approvate con DSG 119/2022 in precedenza riportate (vedi Capitolo 4), trattandosi di una simulazione idraulica in moto vario, per la simulazione idraulica sono stati utilizzati idrogrammi di progetto con un tempo di ritorno di 5 anni (vedi paragrafo 6.3). La simulazione idraulica, come già accennato in precedenza, è stata realizzata con il metodo delle "piogge diffuse": anziché far defluire degli idrogrammi di progetto (prodotti dalle piogge nette, ossia già depurate dell'aliquota che potenzialmente si potrebbe infiltrare nel sottosuolo) lungo gli alvei entro i quali sono stati identificati dei corsi d'acqua, il metodo delle piogge diffuse prevede che sull'intero areale d'interesse (di solito uno o più bacini idrografici considerati nella loro interezza) venga fatto "piovere", utilizzando i pluviogrammi di progetto; inserendo nel modello i valori di  $CN_{III}$  (definiti al paragrafo 6.4) ed i valori di scabrezza del suolo superficiale (vedi oltre), il software trasforma in modo automatico gli afflussi meteorici (pluviogrammi) in deflussi superficiali.

### 7.4 Definizione dei valori di scabrezza

La procedura di calcolo adottata dal software HEC-RAS prevede l'utilizzo dei valori di scabrezza del suolo interessato dal deflusso idrico. Per tale ragione a ciascun poligono di uso del suolo individuato nell'area d'interesse a fini idraulici è stato assegnato un determinato valore del coefficiente di Manning ( $n$ , espresso in  $s/m^{1/3}$  – Figura 7-2).

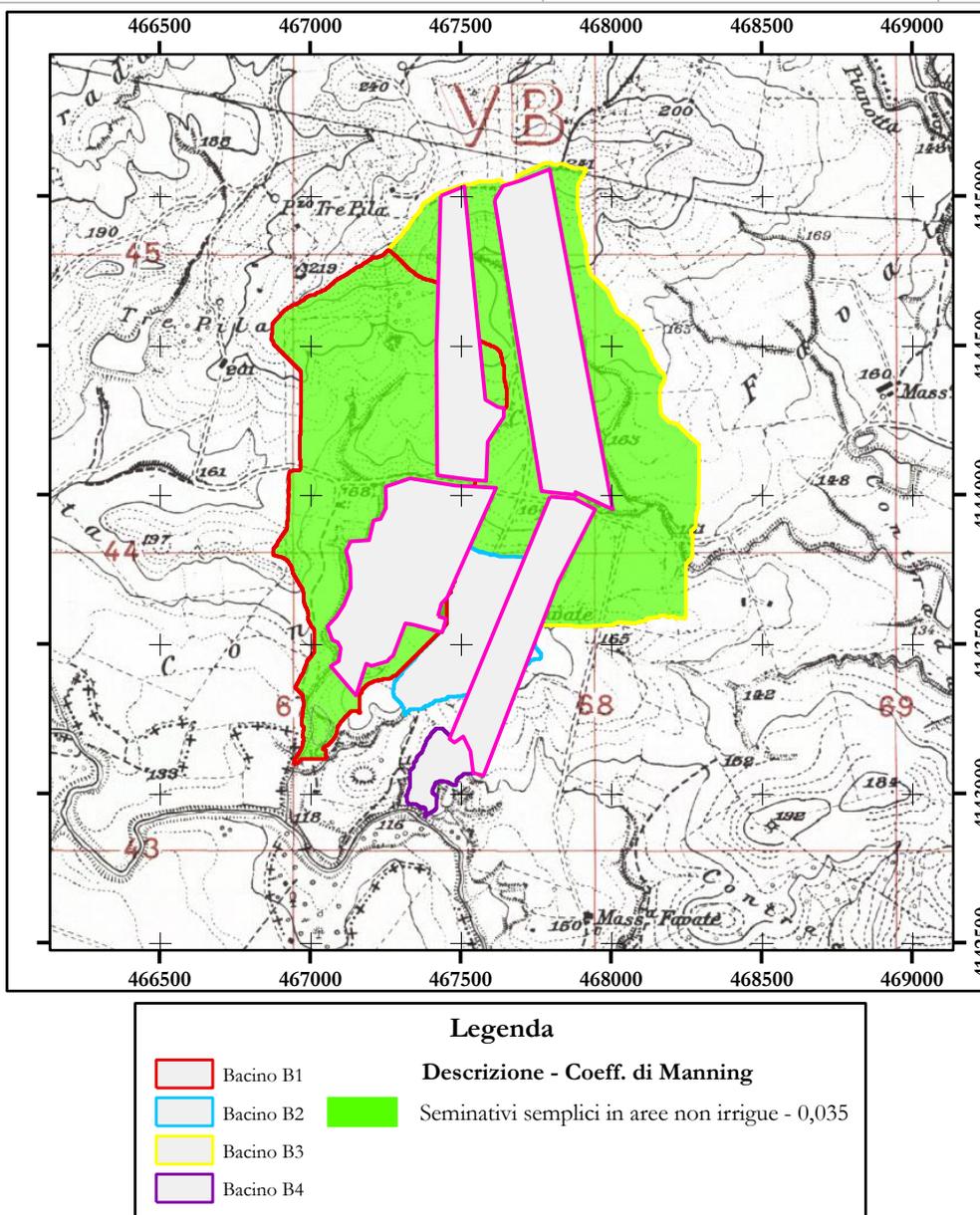


Figura 7-2. Rappresentazione grafica dei valori del Coefficiente di Manning assegnato a ciascun poligono di uso del suolo (scala 1:25.000).

## 7.5 Condizioni al contorno

Per la modellazione idraulica realizzata con il software HEC RAS sono state definite le seguenti condizioni al contorno (Figura 7-3):

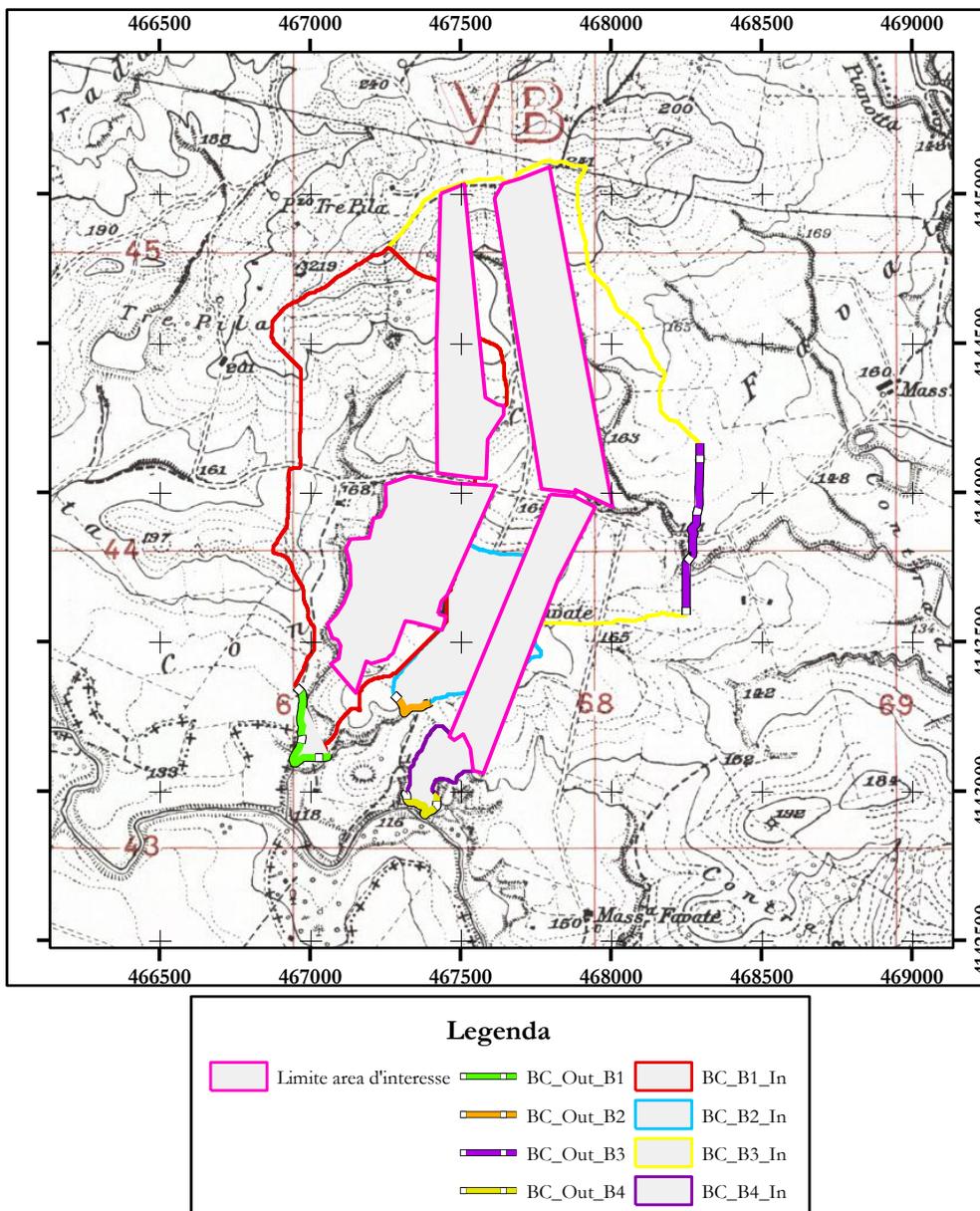


Figura 7-3. Rappresentazione grafica delle condizioni al contorno della simulazione idraulica (Scala 1:25.000).

- Mesh di calcolo non strutturata, con passo medio di 2 m;
- Definizione del dominio di calcolo (Area di deflusso 2d);
- Definizione delle condizioni al contorno in ingresso al dominio di calcolo (Tabella 7-1);
- Definizione delle condizioni al contorno in uscita dal dominio di calcolo (Tabella 7-2).

ID	Tipo	Passo temporale (min)
BC_In_B1	Precipitation	2
BC_In_B2	Precipitation	1
BC_In_B3	Precipitation	2
BC_In_B4	Precipitation	1

Tabella 7-1. Boundary Conditions in ingresso al dominio di calcolo.

ID	Tipo	Friction slope (-)
BC_Out_B1	Normal Depth	0,026
BC_Out_B2	Normal Depth	0,042
BC_Out_B3	Normal Depth	0,015
BC_Out_B4	Normal Depth	0,006

Tabella 7-2. BoundaryConditions in uscita dal dominio di calcolo.

Per quanto attiene la simulazione idraulica realizzata sono doverose alcune considerazioni:

➤ Il dato altimetrico e la C.T.R. a scala 1:10.000 utilizzati risalgono all'anno 2013, quindi la situazione attuale, per quanto concerne lo stato plano-altimetrico (ivi compresi gli i rami dei corsi d'acqua di primo ordine) dei luoghi potrebbe essere alquanto differente;

➤ I risultati della simulazione realizzata sono stati filtrati con strumenti GIS utilizzando il criterio indicato in Figura 7-4, utilizzato dall'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale – Unity of Management – UoM - Puglia; secondo questo criterio, l'area inondabile caratterizzata da valori di altezza del flusso liquido e velocità che ricadono al di sotto della linea può essere considerata non pericolosa, mentre l'area inondabile caratterizzata da valori di altezza del flusso liquido e velocità che ricadono al di sopra della linea deve essere considerata pericolosa; tale criterio, inoltre, applicando tale "filtro" ci si assicura che il deflusso liquido risultante sia quello che effettivamente si ha entro un alveo più o meno inciso (deflusso concentrato e non diffuso);

➤ I risultati della simulazione realizzata sono stati ulteriormente filtrati affinché i risultati ottenuti coincidessero con il deflusso liquido in prossimità del reticolo idrografico rappresentato nella C.T.R. a scala 1:10.000;

➤ In alcuni casi, nei dintorni del reticolo riportato sulla C.T.R. a scala 1:10.000, non vi sono aree potenzialmente inondabili, poiché la simulazione realizzata non ha determinato un deflusso liquido concentrato ma, al più, diffuso (e dunque non preso in considerazione).

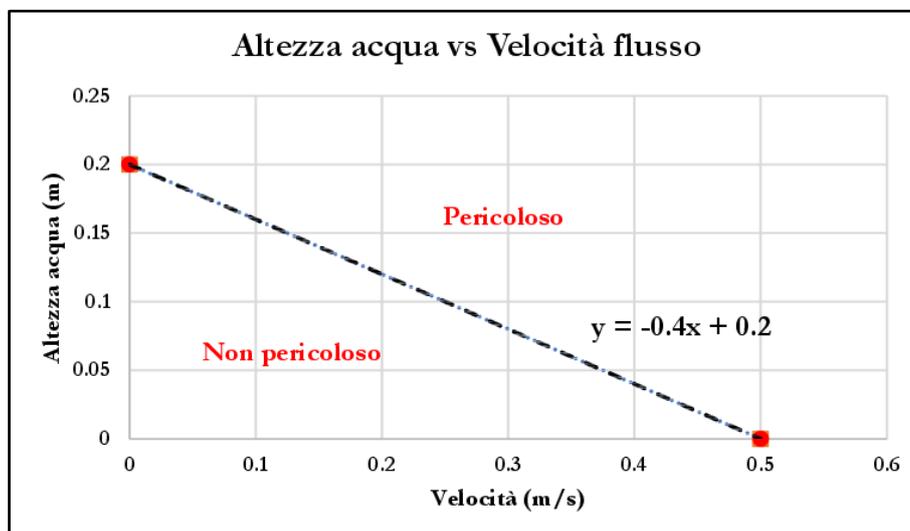


Figura 7-4. Criterio di selezione delle aree pericolose da un punto di vista idraulico.

## 7.6 Risultati della modellazione idraulica

Sulla scorta di quanto finora discusso ed esposto è stata eseguita la modellazione idraulica dei corsi d'acqua che, più o meno direttamente, potrebbero interferire con l'area d'interesse progettuale. La modellazione, eseguita in regime di flusso misto utilizzando il set di equazioni "Diffusion wave" è stata portata a termine senza alcun problema di stabilità del modello. Il risultato della modellazione è riportato in forma grafica nella Figura 7-5, nella quale sono rappresentate le aree inondabili per eventi di piena determinati con un tempo di ritorno di 5 anni.

Infine, applicando i criteri enunciati al Capitolo 4 che precede (divieto di costruzione di opere in vicinanza o a ridosso degli argini dei corsi d'acqua, previsto dal citato art. 96, lett. f) - fascia di rispetto di 10 m per la realizzazione di fabbriche e scavi) sono state definite le aree (Figura 7-6) entro le quali vige il divieto di costruzione "avente carattere legale, assoluto e inderogabile".

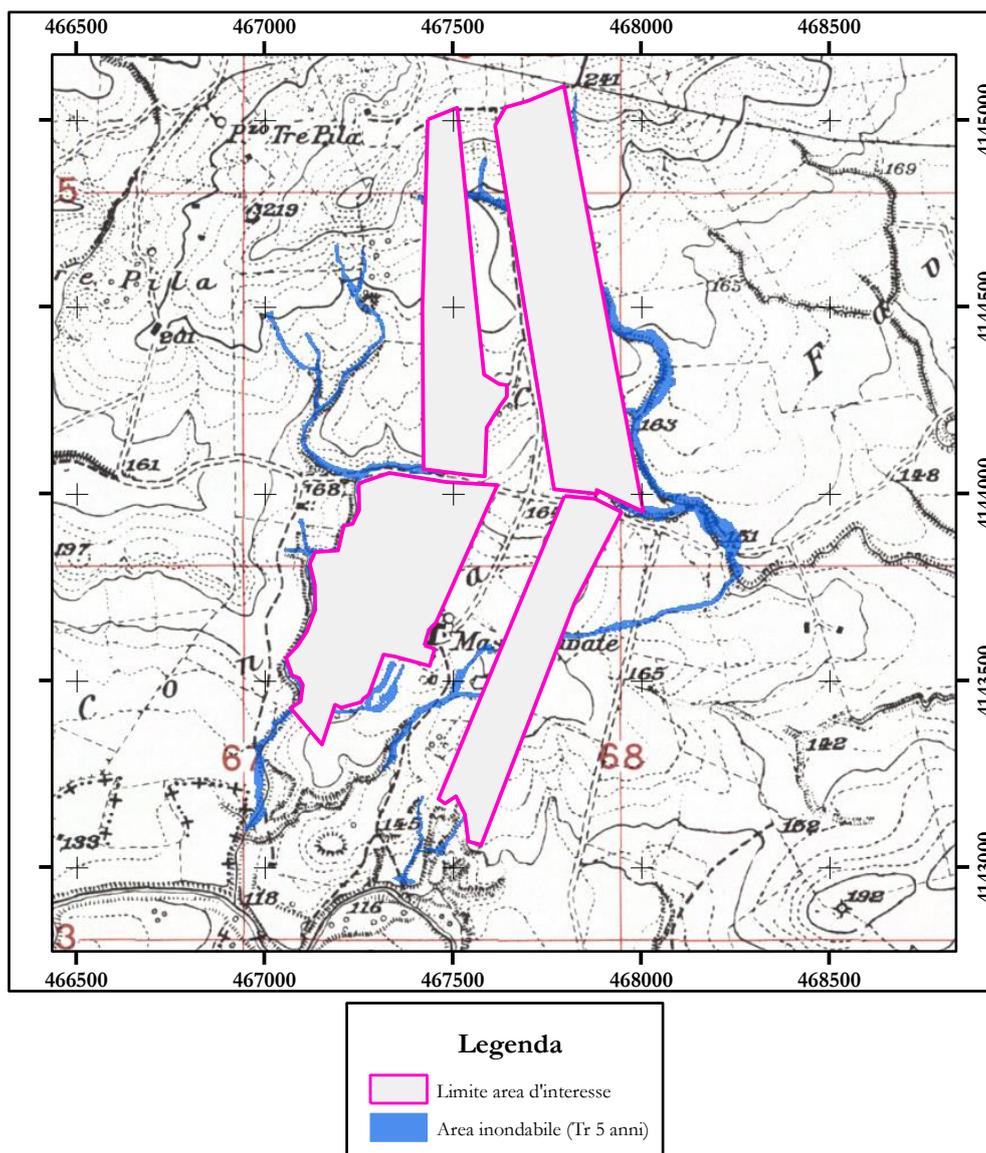


Figura 7-5. Aree inondabili nei dintorni dei corsi d'acqua che interessano l'area in studio (scala 1: 20.000).

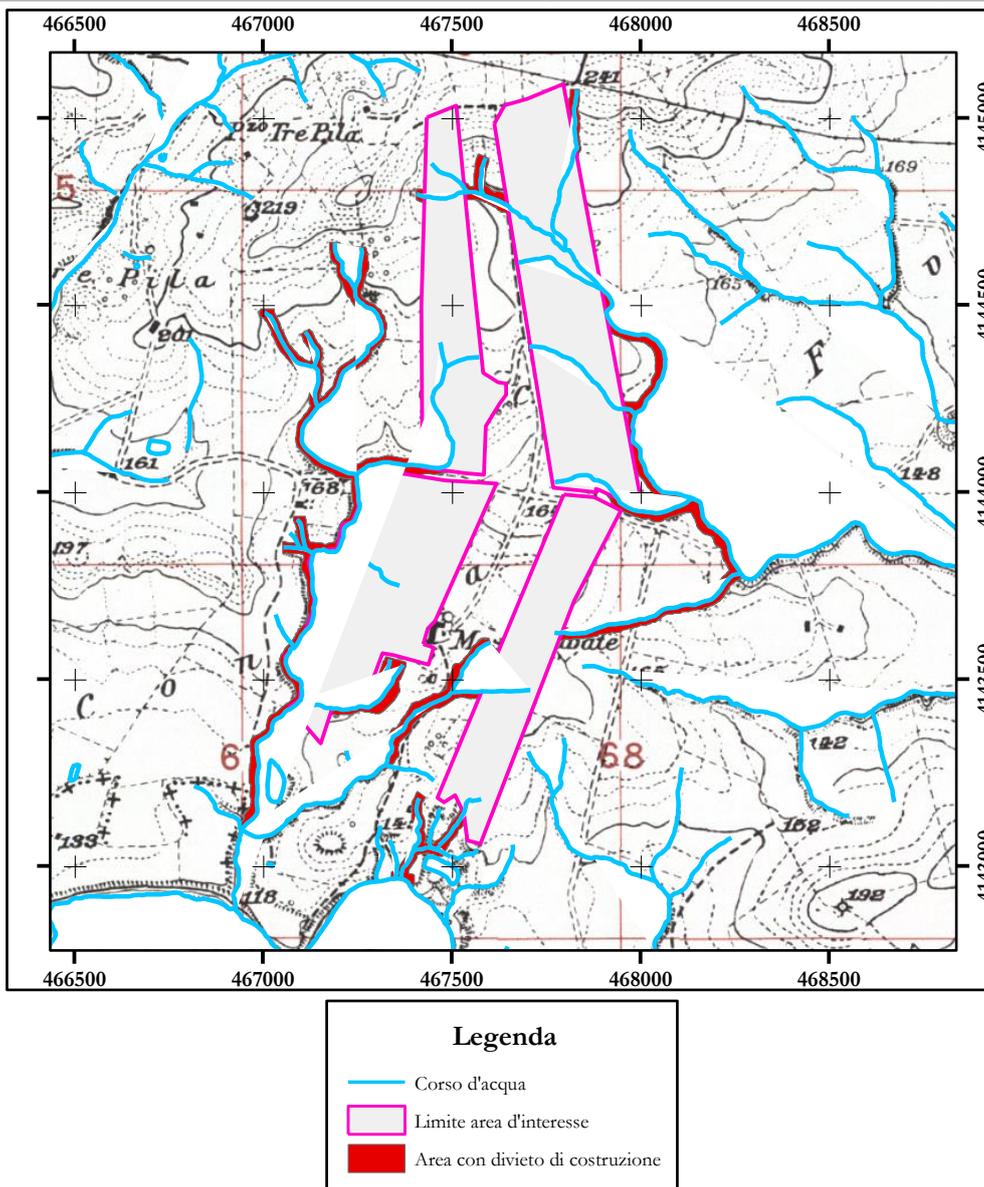


Figura 7-6. Aree con divieto di costruzione nei dintorni dei corsi d'acqua che interessano l'area in studio (scala 1: 20.000).

## 8. CONCLUSIONI

Nel presente studio sono state analizzate le caratteristiche idrologiche e idrauliche di un'area localizzata nel territorio comunale di Ramacca, nelle vicinanze ed entro la quale la C.T.R. a scala 1:10.000 ha individuato dei corsi d'acqua di natura non specificata

Lo studio idraulico, realizzato in ossequio alle **Directive per la determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R. D. 523/1904) e per la determinazione della fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R. D. 523/1904**, approvate con DSG 119/2022 ha permesso di delineare l'estensione delle aree con divieto di costruzione nei dintorni dei corsi d'acqua individuati.

Sulla scorta dei dati ottenuti lo scrivente ritiene che non vi siano motivi ostativi, di carattere prettamente idraulico, che possano pregiudicare la fattibilità di quanto a progetto entro l'area d'interesse posta esternamente alle aree non idonee delineate.

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto.

Foligno, 25 gennaio 2024

Prof. Geol. Alfonso Russi



Ing. Michele Colonna



Dott. Geol. Marco Costa

