

REGIONE SICILIA

PROVINCIA DI PALERMO

COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA

LOCALITÀ GROTTICELLI

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 15,48 MW_p E POTENZA NOMINALE PARI A 14,42 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE A - RELAZIONI GENERALI

Elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA

Nome file stampa:

FV.CST01.PD.A.06.pdf

Codifica Regionale:

RS12REL0007A0_Relazioneidrologica

Scala:

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

FV.CST01.PD.A.06

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY 5 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16647371000



E-WAY 5 S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
C.F./P.Iva 16647371000
PEC: e-way5srl@legalmail.it

Progettista:

E-WAY 5 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16647371000



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV.CST01.PD.A.06	00	06/2022	A.Castelluccio	A.Bottone	A.Bottone

E-WAY 5 S.r.l.

Sede legale
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
PEC: e-way5srl@legalmail.it tel. +39 0694414500

INDICE

1	PREMESSA.....	7
2	INTRODUZIONE	8
3	METODO DI ANALISI	10
4	LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI	11
4.1	Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell’A.d.B.	11
4.1.1	Inquadramento rispetto al reticolo idrografico	11
4.1.2	Inquadramento rispetto al clima	11
4.2	Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia	12
4.2.1	Compatibilità degli interventi rispetto al P.A.I.....	12
4.2.2	Compatibilità degli interventi rispetto alle Norme Tecniche di Attuazione	13
4.3	Interferenze tra le opere di progetto ed il reticolo idrografico.....	14
4.3.1	Aree adibite all’installazione del campo fotovoltaico	14
4.3.2	Viabilità a servizio del campo fotovoltaico	15
4.3.3	Tracciato del cavidotto a 36 kV interrato per il collegamento del campo fotovoltaico alla stazione di trasformazione.....	15
5	ANALISI MORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI	17
5.1	Inquadramento geomorfologico	17
5.2	Analisi morfologica dei bacini idrografici	18
6	ANALISI IDROLOGICA.....	23
6.1	Generalità del progetto VAPI per la regione Sicilia.....	23
6.2	Analisi idrologica del progetto VAPI per la regione Sicilia.....	23
6.2.1	Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica in Sicilia	24
6.3	Calcolo delle precipitazioni di progetto	28
6.4	Modellazione idrologica in HEC-HMS	29
6.4.1	SCS-CN Loss Method	29
6.4.2	SCS – Unit Hydrograph.....	34



RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	3 di 56

6.4.3 Frequency Storm..... 35
6.4.4 Metodo Muskingum 36

7 RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA 38

7.1 Bacino SB.01 38

7.2 Bacino SB.02 44

7.3 Bacino SB.03 50

8 RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA 56

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 - Inquadramento delle opere su cartografia C.T.R. in relazione al reticolo ed alle relative interferenze.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2 - DTM 10x10 con ubicazione l'area di impianto (a sinistra); Carta delle quote (a destra).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3 - Unità Geomorfo-Topografiche (a sinistra); Litologia del Bacino del Fiume Torto (a destra).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4- Inquadramento dei bacini idrografici riguardanti le opere di progetto su modello digitale del terreno.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5 - Inquadramento del bacino idrografico SB.03 riguardante le opere di progetto su modello digitale del terreno</i>	<i>20</i>
<i>Figura 6 - Inquadramento dei sotto-bacini SB.01 ed SB.02 idrografici sulla mappa dell'Uso del Suolo 2008 in scala 1:10000 secondo progetto Corine Land Cover.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7 - Inquadramento del sotto-bacino idrografico SB.03 sulla mappa dell'Uso del Suolo 2008 in scala 1:10000 secondo progetto Corine Land Cover.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8: Sottozone omogenee</i>	<i>25</i>
<i>Figura 9 - Carta delle iso-n.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10 - Carta delle iso-a.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11: Rapporto tra Precipitazione totale e precipitazione cumulata al variare del parametro CN</i>	<i>31</i>
<i>Figura 12: Idrogramma istantaneo unitario (IUH).....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 13: Esempio di ietogramma Chicago</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14: Schematizzazione del volume immagazzinato tra due sezioni di un'asta fluviale secondo metodo Muskingum</i>	<i>36</i>
<i>Figura 15 - Bacino SB.01 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno</i>	<i>38</i>
<i>Figura 16- Modellazione in HEC-HMS del bacino SB.01.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 17 - Bacino SB.01 in riferimento alla mappa geolitologica (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2008 secondo progetto CLC a alla scala 1:10000 (b).....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 18 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.1</i>	<i>42</i>
<i>Figura 19 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.2.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 20 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.3.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 21 - Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.01</i>	<i>44</i>
<i>Figura 22 - Bacino SB.02 in riferimento alla mappa geolitologica (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2008 secondo progetto CLC a alla scala 1:10000 (b).....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 23 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.02.1.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 24 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.02.2.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 25 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.02.3.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 26 – Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.02</i>	<i>49</i>

<i>Figura 27 - Bacino SB.03 in riferimento alla mappa geolitologica (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2008 secondo progetto CLC a alla scala 1:10000 (b)</i>	<i>50</i>
<i>Figura 28 - - letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.03.1.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 29 - - letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.03.2.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 30 - - letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.03.3.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 31 - - letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.03.4.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 32 - Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.03</i>	<i>55</i>

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 - Interferenze tra la viabilità di nuova realizzazione e il reticolo idrografico esistente</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 2: Interferenze tra il tracciato del cavidotto a 36 kV interrato e il reticolo idrografico esistente</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 3 – Caratteristiche principali dei bacini di interesse</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 4: Classificazione del tipo idrologico del suolo in base alla litologia del territorio secondo N.R.C.S.</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 5: Tipo di copertura ed uso del suolo</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 6: Classe AMC in riferimento all'altezza di pioggia cumulata nei cinque giorni precedenti all'evento</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 7 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.1</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 8 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.2</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 9 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.3</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 10 - Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.01 e relativi sotto-bacini</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 11 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.1</i>	<i>45</i>
<i>Tabella 12 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.2</i>	<i>46</i>
<i>Tabella 13 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.3</i>	<i>46</i>
<i>Tabella 14 - Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.02 e relativi sotto-bacini</i>	<i>47</i>
<i>Tabella 15 - - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.1</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 16 - - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.2</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 17 - - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.3</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 18 - - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.4</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 19 - Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.03 e relativi sotto-bacini</i>	<i>52</i>

1 PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agro-fotovoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare, sito in agro di Castronovo di Sicilia (PA).

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 15,48 MWp e una potenza nominale di 14,42 MW ed è costituito dalle seguenti sezioni principali:

1. Un campo agro-fotovoltaico suddiviso in 4 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza nominale pari a 550 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento solare mono-assiali (tracker);
2. Una stazione di conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station" per ogni sottocampo dell'impianto;
3. Una Cabina di Raccolta e Misura a 36 kV;
4. Linee elettriche a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione delle Power Station con la Cabina di Raccolta e Misura;
5. Una linea elettrica a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la Futura Stazione Elettrica (SE) 380/150/36 kV.

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way 5 S.R.L., avente sede legale in Piazza San Lorenzo in Lucina, 4 - 00186 Roma (RM), P.IVA 16647371000.

2 INTRODUZIONE

Il presente elaborato ha lo scopo di determinare la compatibilità idrologica e idraulica (si fa riferimento all'elaborato *FV.CST01.PD.A.07 – Relazione Idraulica*) delle opere di progetto con il reticolo idrografico, utilizzando come fonte ufficiale la C.T.R. alla scala 1:10000 della regione Sicilia e la cartografia I.G.M. (Istituto Geografico Militare) alla scala 1:25000, il tutto integrato da sopralluoghi in sito.

Nello specifico sono analizzate le possibili interferenze tra quest'ultime e il sistema idrologico dell'area studio al fine di garantire la conformità delle condizioni di sicurezza idraulica secondo P.A.I. (Piano Stralcio Assetto Idrogeologico) vigente.

I paragrafi successivi riportano la descrizione delle varie fasi dello studio:

- quadro normativo e conoscitivo dell'area;
- analisi morfologica dei bacini idrografici di interesse per le interferenze individuate;
- analisi idrologica dell'area studio;
- compatibilità idraulica degli interventi (Si fa riferimento all'elaborato "*FV.CST01.PD.A.07 – Relazione Idraulica*")

La Figura 1 riporta l'inquadramento delle opere su cartografia C.T.R. e in relazione al reticolo ed alle relative interferenze (si fa riferimento all'elaborato "*FV.CST01.PD.A.08 - Interferenze con reticolo idrografico da carta CTR, IGM e ortofoto*").

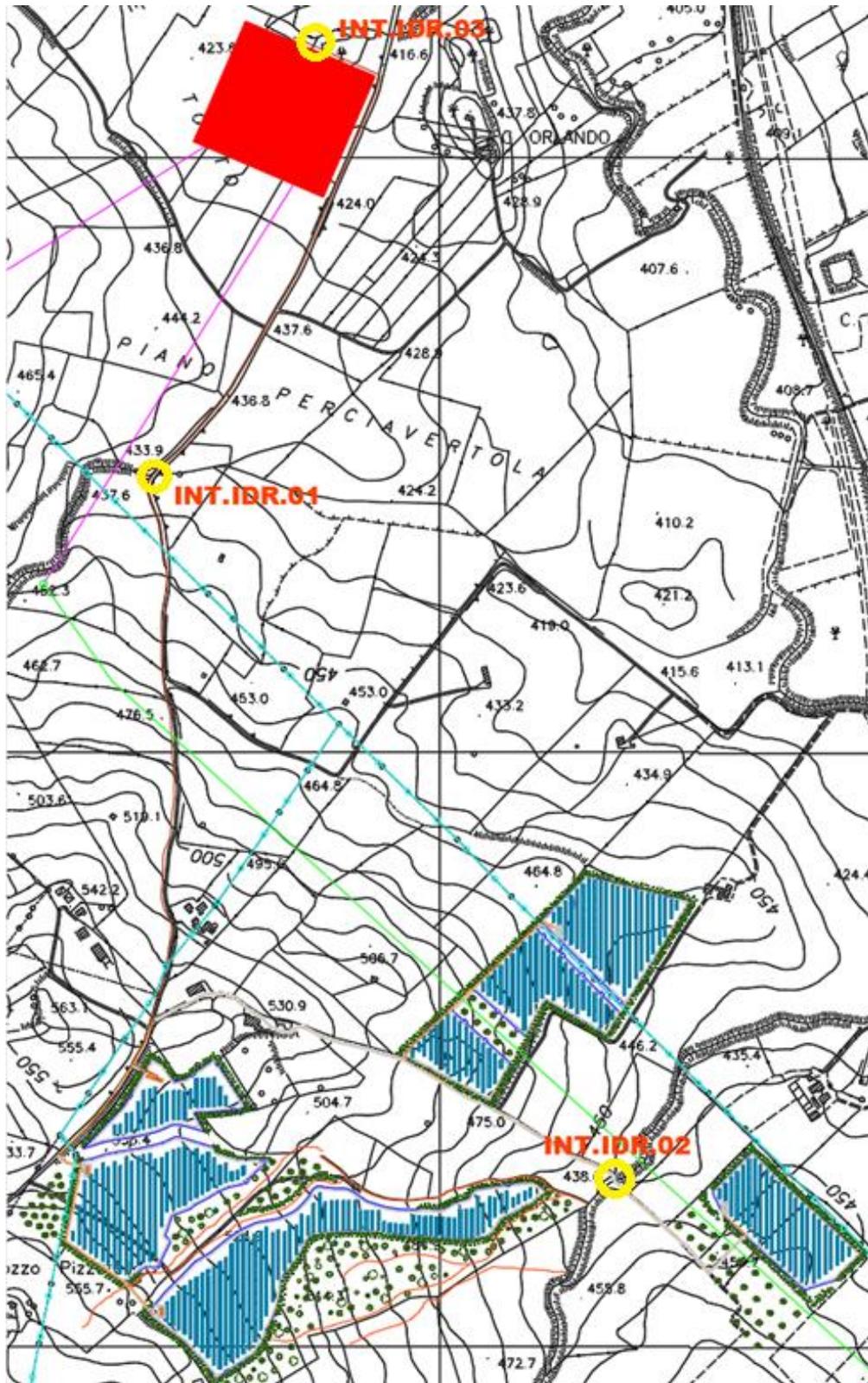


Figura 1 - Inquadramento delle opere su cartografia C.T.R. in relazione al reticolo ed alle relative interferenze

3 METODO DI ANALISI

Gli approfondimenti sull'assetto idrologico-idraulico delle aree in esame saranno svolti in riferimento alle opere elencate nel Capitolo iniziale, ricadenti all'interno del territorio di competenza dell'A.d.B. (Autorità di Bacino) del Distretto idrografico della Sicilia.

L'area di progetto ricade interamente nel Bacino del Fiume Torto. All'interno dell'area studio è presente un denso reticolo idrografico: le opere di progetto sono interessate da alcuni affluenti privi di denominazione del Fiume Torto presso la sinistra idraulica, il quale sfocia nel Mar Tirreno presso il comune di Termini Imerese.

Le aree interessate dalla pericolosità idraulica sono individuate dal P.A.I. (Piano Stralcio Assetto Idrogeologico) e sono rappresentate nella cartografia ufficiale notificata alle Amministrazioni Comunali.

Il reticolo idrografico intersecante l'area studio è stato identificato attraverso la cartografia C.T.R. alla scala 1:10000 (disponibile sul SIT della regione Sicilia) e la cartografia I.G.M. in scala 1:25000.

Le fasi previste per la redazione del seguente studio idrologico-idraulico sono quelle previste dall'Allegato C delle Norme di Attuazione del P.A.I. e sono:

- Reperimento della cartografia di base (cartografia I.G.M. 1:25000, cartografia C.T.R. 1:10000 e carte tematiche delle diverse aree a dissesto allegate al P.A.I.);
- Identificazione delle interferenze tra le opere di progetto e il reticolo idrografico esistente;
- Individuazione e caratterizzazione dei bacini idrografici in riferimento ai punti ed alle aree in cui le opere di nuova realizzazione intersecano il reticolo idrografico;
- Determinazione e caratterizzazione degli eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni mediante analisi pluviometrica e procedure di regionalizzazione secondo le direttive del progetto VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) in merito alla regione Sicilia.

L'analisi delle interferenze non riguarderà i tratti di strada esistenti impiegati esclusivamente per il transito dei mezzi di trasporto dei componenti dell'impianto. Inoltre, sarà previsto il ripristino dello stato dei luoghi alle condizioni ex-ante ai trasporti avvenuti, senza apportare modifiche alle opere idrauliche esistenti.

4 LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

4.1 Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell'A.d.B.

4.1.1 Inquadramento rispetto al reticolo idrografico

Le opere di progetto ricadono interamente all'interno dei confini del comune di Castronovo di Sicilia (PA), nello specifico nella zona orientale, in prossimità del confine con il comune di Lercara Friddi (PA).

Le opere di progetto ricadono inoltre nel bacino idrografico del Fiume Torto, il quale ricade nel versante settentrionale della Sicilia e si sviluppa principalmente nei territori comunali della provincia di Palermo e marginalmente nei territori delle province di Agrigento e Caltanissetta. Il bacino di riferimento occupa un'area di 423.41 km², geograficamente si sviluppa tra i gruppi montuosi delle Madonie ad Est ed i Monti di Termini ad Ovest, comprendendo anche la zona interna collinare tra la catena settentrionale ed i Monti Sicani; dal punto di vista idrografico l'area di interesse confina con il bacino del Fiume Imera Settentrionale, a sud con il bacino del Fiume Platani, ad ovest con il bacino del Fiume San Leonardo. Il bacino presenta una variabilità morfologica piuttosto spiccata, comprende al suo interno gran parte di Monte San Calogero in corrispondenza dell'ultima porzione sulla sinistra orografica. L'andamento dell'asta principale e relativi affluenti è fortemente influenzato dalla dorsale di Monte Roccelito e la sua prosecuzione ad ovest con P.zo Bosco, dalla dorsale nord-sud denominata La Montagna e dalle alture arenarie di P.zo Fico, P.zo Conca, M. Castellazzo, M. Rigiura, e Serra Tignino, i quali caratterizzano la porzione centrale in destra idrografica.

L'asta principale del Fiume Torto nel tratto di monte si sviluppa in direzione est-ovest parallelamente allo spartiacque meridionale; gli affluenti maggiori sono il T. Gian Jacopo e il V.ne Guccia, a valle di tali confluenze, presso la sinistra idraulica del fiume principale, è situata l'area di interesse.

Il Fiume Torto ha un regime tipicamente torrentizio, caratterizzato da lunghi periodi di magra con valori di portata vicini allo zero (in sette anni di osservazioni in località Bivio Cerda si è registrato un numero massimo di 158 giorni consecutivi a portata nulla, mentre nel 50 % degli anni si è raggiunto un numero di 118 giorni).

4.1.2 Inquadramento rispetto al clima

Il P.A.I. ha individuato le caratteristiche climatiche che contraddistinguono il bacino idrografico del fiume Torto, attraverso l'analisi dei dati registrati presso le stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche situate all'interno del bacino, o nelle aree immediatamente circostanti.

La temperatura media annua all'interno del territorio in esame è pari a circa 15.4°C, mentre le temperature medie mensili oscillano tra un valore minimo di circa 8°C e un valore massimo di 24-25°C.

In linea generale, i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno, in particolare, nell'intervallo tra i mesi di ottobre e marzo, le precipitazioni diventano di scarsa entità nel periodo compreso tra giugno e settembre.

Dai dati termo-pluviometrici si evince che l'andamento climatico della zona considerata è assimilabile a quello medio della Sicilia sud-occidentale, classificabile come temperato-mediterraneo, caratterizzato da un periodo piovoso tra ottobre e aprile e minimi stagionali da giugno ad agosto, quando si raggiungono le temperature più elevate.

4.2 Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

4.2.1 Compatibilità degli interventi rispetto al P.A.I.

La regione Sicilia effettua la pianificazione di bacino mediante il Piano per l'Assetto Idrogeologico, strumento fondamentale della politica di assetto territoriale. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) è stato 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.

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

- Funzione conoscitiva: consiste nello studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico e nella ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici, dei vincoli idrologici e dei vincoli paesaggistici;
- Funzione normativa e prescrittiva: il P.A.I. ha l'obiettivo di tutelare le acque e il territorio e di valutare la pericolosità e il rischio idrogeologico, col fine di stabilire vincoli di carattere sia straordinario che ordinario;
- Funzione programmatica: il P.A.I. stabilisce le possibili metodologie di intervento finalizzate alla mitigazione del rischio e valuta l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

L'Assessore per il Territorio e l'Ambiente ha emanato in data 7 marzo 2003 la "Circolare sulla redazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico", attraverso la quale ha stabilito i criteri necessari ad un'efficace corrispondenza di informazioni tra gli Enti Locali e l'Assessorato ai fini della redazione del Piano Stralcio. I

Comuni, i consorzi A.S.I., le Province Regionali e gli Enti Parco sono stati invitati a segnalare le situazioni di pericolosità geomorfologica e idraulica presenti sul territorio.

Alla circolare sono state allegate le Linee Guida per la valutazione del rischio idrogeologico. La metodologia di valutazione del rischio si riferisce alla definizione riportata nell'Atto di indirizzo e coordinamento (D.P.C.M. '98) e si basa sull'uso delle rappresentazioni matriciali per la valutazione della magnitudo e la pericolosità di un evento. Combinando la pericolosità con la vulnerabilità degli elementi a rischio, si ottiene la valutazione del rischio secondo i 4 livelli stabiliti dal D.P.C.M.: moderato, medio, elevato e molto elevato.

Le opere di progetto non ricadono in aree caratterizzate da pericolosità idraulica di alcun livello. Col fine di valutare la compatibilità idraulica del progetto, sono state valutate le aree inondabili per un T_R pari a 200 anni.

4.2.2 Compatibilità degli interventi rispetto alle Norme Tecniche di Attuazione

Le Norme di Attuazione del P.A.I. sono state sostituite dal DP n. 09/ADB del 06/05/2021 e dal GURS n. 22 del 21/05/2021. Esse stabiliscono le procedure di aggiornamento e revisione del P.A.I. (Art. 6). Il P.A.I. è infatti uno strumento flessibile, che *"può essere aggiornato su proposta di soggetti pubblici o privati a seguito di: a) indagini e studi di approfondimento; b) segnalazioni di nuovi dissesti idrogeologici; c) variazione delle condizioni di pericolosità, derivanti dalla realizzazione e/o completamento di interventi strutturali di mitigazione del rischio idrogeologico"* (Art. 7).

Per quanto riguarda l'area di studio, essa non rientra in zone all'interno delle quali il P.A.I. abbia subito modifiche nel corso degli anni.

All'art. 9 il testo recita: *"La presente normativa interviene, con limiti e prescrizioni che individuano attività consentite e/o vietate in aree individuate a pericolosità dal P.A.I., fatte salve le valutazioni delle Amministrazioni competenti in materia di gestione del rischio"*. Inoltre, per le aree non perimetrate a pericolosità dal P.A.I. (come quella interessata da progetto) la normativa *"interviene con indicazioni metodologiche di carattere generale, ai fini della prevenzione dei fenomeni di dissesto idrogeologico e della tutela dei copi idrici, dei versanti e delle aree costiere"*.

L'art. 5 definisce la fascia fluviale come *"l'area legata alla dinamica di un corso d'acqua, area che pertanto comprende l'attuale alveo e le aree ad esso adiacenti che sono state o che possono essere interessate dalla sua dinamica laterale"*. Con l'articolo 14 le fasce fluviali vengono distinte in:

- Fascia fluviale A: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 50 anni;

- Fascia fluviale B: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 100 anni non compresa nella fascia A;
- Fascia fluviale C: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 300 anni non compresa nelle fasce A e B.

Le opere di progetto non ricadono in alcuna delle fasce fluviali sopraccitate.

Sempre l'art. 5 dà la definizione di sito di attenzione, il quale è un "sito che necessita di studi e approfondimenti relativi alle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche per la determinazione del relativo livello di pericolosità". L'art. 15 stabilisce che "nei siti di attenzione l'attività edilizia e di trasformazione del territorio è disciplinata secondo quanto specificato per le aree a pericolosità più elevata". Gli interventi proposti in questo studio non ricadono in alcun sito d'attenzione.

Gli articoli 26 e 27 indicano cosa è possibile realizzare nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata (P4), elevata (P3), media (P2) e moderata (P1). In particolare, l'articolo 27 stabilisce che "nelle aree a pericolosità P2 e P1 oltre agli interventi di cui all'art. 26, è consentita (previa verifica di compatibilità) l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti, correlati da un adeguato studio di compatibilità esteso ad un ambito significativo".

L'area interessata dal progetto non ricade nelle aree a pericolosità idraulica individuate dal P.A.I. Con questo studio, ci si vuole accertare che le opere di progetto siano compatibili con le indicazioni degli strumenti urbanistici e territoriali vigenti e si vuole verificare la compatibilità idraulica dell'intervento, secondo le modalità indicate nell'Appendice C delle Norme di Attuazione del P.A.I.

4.3 Interferenze tra le opere di progetto ed il reticolo idrografico

Sono state riscontrate diverse interferenze tra le opere di progetto e alcune aste fluviali del reticolo idrografico di interesse, descritte nei paragrafi seguenti.

4.3.1 Aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico

Le aree interessate dall'installazione del campo fotovoltaico e le opere annesse non interferiscono direttamente con alcun corso d'acqua del reticolo idrografico. Nei pressi del sito defluisce un piccolo ruscello cartografato su C.T.R. Esso non interseca l'area interessata dalle opere di progetto e dai sopralluoghi in sito si è osservato che il torrente in questione non costituisce ragione di pericolo. Non si è ritenuto quindi necessario tener conto di esso nelle valutazioni idrauliche ed idrologiche che seguono.

4.3.2 Viabilità a servizio del campo fotovoltaico

Il tracciato della viabilità prevista nel campo fotovoltaico insiste prevalentemente su tratti di strada esistenti e/o da adeguare. Gli unici tratti di nuova realizzazione riguardano la viabilità interna al sito e il tratto di strada che allaccia la strada esistente alla stazione elettrica, i quali interferiscono con il reticolo idrografico nei punti riportati in Tabella 1 - Interferenze tra la viabilità di nuova realizzazione e il reticolo idrografico esistente. Si suppone che la viabilità esistente già sia stata sottoposta ad indagini riguardanti la sicurezza idraulica, essendo stata riscontrata la presenza di opportune opere di smaltimento idraulico delle acque durante lo svolgimento di sopralluoghi in sito.

Tabella 1 - Interferenze tra la viabilità di nuova realizzazione e il reticolo idrografico esistente

Interferenza	Tipologia d'alveo	Denominazione	Opera interferente	Area di tutela interessata
I.IDR.02	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente del Fiume Torto	Strada di progetto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.IDR.03	Corso d'acqua rinvenuto da foto satellitare	Affluente secondario del Fiume Torto	Strada di progetto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

4.3.3 Tracciato del cavidotto a 36 kV interrato per il collegamento del campo fotovoltaico alla stazione di trasformazione

Uno degli obiettivi principali durante la fase di progettazione del tracciato della linea elettrica è stato quello di minimizzare le intersezioni con il reticolo idrografico. Nonostante ciò, sono state rilevate tre interferenze, riportate nella tabella seguente.

Tabella 2 - Interferenze tra il tracciato del cavidotto a 36 kV interrato e il reticolo idrografico esistente

Interferenza	Tipologia d'alveo	Denominazione	Opera interferente	Area di tutela interessata
I.IDR.01	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente del Fiume Torto	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.IDR.02	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente del Fiume Torto	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia



RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE FV.CST01.PD.A.06

REVISIONE n. 00

DATA REVISIONE 06/22

PAGINA 16 di 56

I.IDR.03 Corso d'acqua rinvenuto da Ortofoto Affluente secondario del Fiume Torto Cavidotto Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

Le tre interferenze sono state riscontrate durante i sopralluoghi in sito. Le modalità di gestione di suddette interferenze sono riportate nell'elaborato "FV.CST01.PD.A.07 – Relazione Idraulica".

5 ANALISI MORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI

5.1 Inquadramento geomorfologico

L'area di intervento ricade all'interno del bacino del F. Torto, ubicato lungo il settore settentrionale della Sicilia e con un'estensione di circa 423,41 km². La conformazione geologica è caratterizzata principalmente da due tipologie di paesaggio, di cui uno tipicamente collinare e l'altro prettamente montuoso (peculiare delle aree più elevate). Le aree collinari sono costituite da rilievi generalmente arrotondati, con versanti debolmente inclinati e modellati da movimenti in massa e dal ruscellamento delle acque superficiali. Le aree montuose sono dominate da estesi massicci e aspri rilievi, con versanti da mediamente a fortemente inclinati.

Il carattere lito-strutturale ereditato dalle fasi deformative connesse alla tettonica appenninica ha contribuito notevolmente all'attuale assetto geomorfologico alla scala dell'intero bacino. I processi di formazione della catena Siculo-Maghrebide hanno, infatti, generato alti e bassi topografici, corrispondenti a sistemi di faglie a cinematica e rigetto variabile. Inoltre, gli alti topografici coincidono con le unità litoidi meno erodibili, in opposizione alle porzioni ribassate, corrispondenti a terreni argilloso-pelitici più suscettibili ai processi morfoselettivi. Nelle aree collinari del bacino la morfogenesi si esplica principalmente grazie all'azione dei corsi d'acqua e ai processi di dilavamento, oltre che ai frequenti fenomeni franosi superficiali. Le aste fluviali di ordine gerarchico inferiore risultano all'incirca ortogonali a quelle principali e tendono a ramificarsi sui substrati di natura argillosa-pelitica. In generale i corsi d'acqua minori danno luogo a valli a V, mentre quelli di ordine maggiore originano valli a fondo piatto.

L'area di progetto ricade all'interno del comune di Castronovo di Sicilia, in una porzione territoriale caratterizzata da un paesaggio tipicamente collinare posto a quote comprese tra 500 e 550 m.s.l.m. In questo settore sono esposte le successioni argilloso ed argilloso-pelitiche della Fm. delle Argille Variegate e del Flysch Numidico che, laddove interposte alle unità litoidi ascrivibili ai depositi terrigeni della Fm. di Terravecchia, formano scarpate di morfoselezione e modesti rilievi monoclinali di tipo *cuesta*.

Il carattere litologico prevalente è quello argilloso, le cui forme sono connesse a processi di alterazione e degradazione, oltre che da uno scarso drenaggio. Le morfologie possono essere ricondotte a versanti regolarizzati a bassa inclinazione (< 20%) con sviluppo limitato di suolo e vegetazione prevalentemente erbaceo-arbustiva, in cui possono essere identificate forme di erosione accelerata e di accumulo derivate da colate e frane. La scarsa permeabilità delle successioni argillose riduce la capacità di trattenere le acque meteoriche, le quali defluendo prettamente in superficie, originano reti di drenaggio irregolare e con marcato

trasporto solido. Le ondulazioni e le forme irregolari sono connesse sia alla presenza di dissesti che a fenomeni di reptazione e plasticizzazione delle coperture eluvio-colluviali e regolitiche.

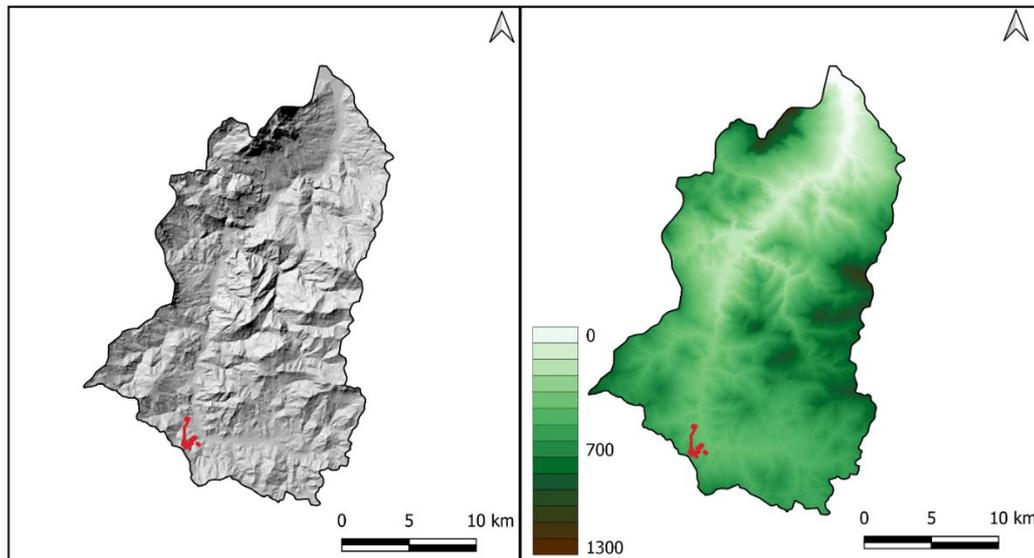


Figura 2 - DTM 10x10 con ubicazione l'area di impianto (a sinistra); Carta delle quote (a destra)

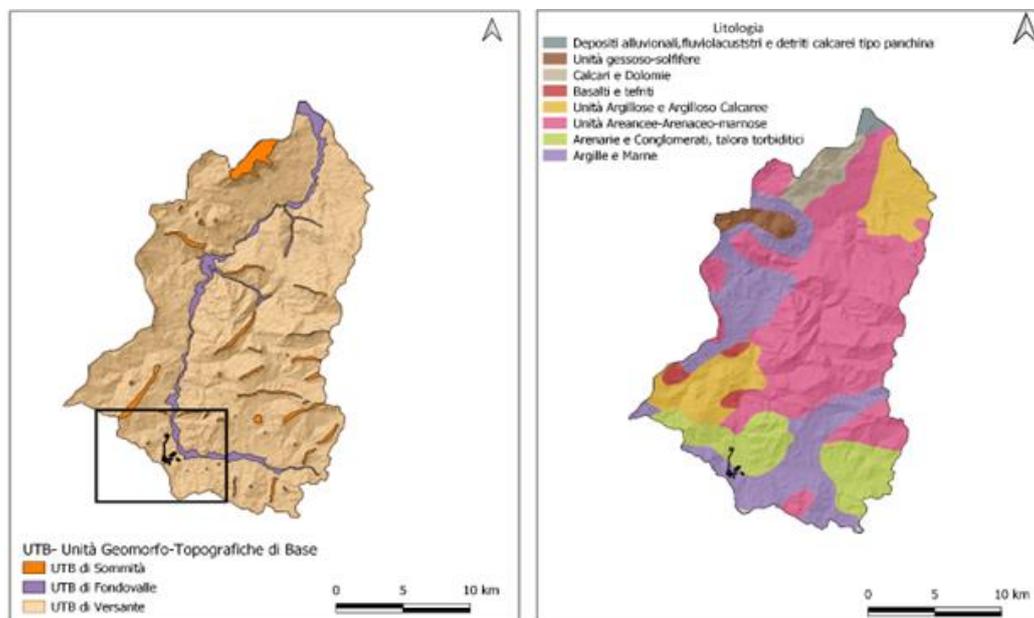


Figura 3 - Unità Geomorfo-Topografiche (a sinistra); Litologia del Bacino del Fiume Torto (a destra)

5.2 Analisi morfologica dei bacini idrografici

Le interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico esistente evidenziate nei capitoli precedenti ricadono interamente nel comune di Castronovo (PA) e riguardano alcuni affluenti del fiume Torto, il quale

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	19 di 56

sfocia nel Mar Tirreno nel comune di Termini Imaese nella città metropolitana di Palermo. In Figura 4 è riportata la rappresentazione dei bacini idrografici individuati, con sezione di chiusura immediatamente a valle delle interferenze in esame, in riferimento al modello digitale del terreno 10m x 10m prodotto all'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) nell'ambito del progetto Tinality.

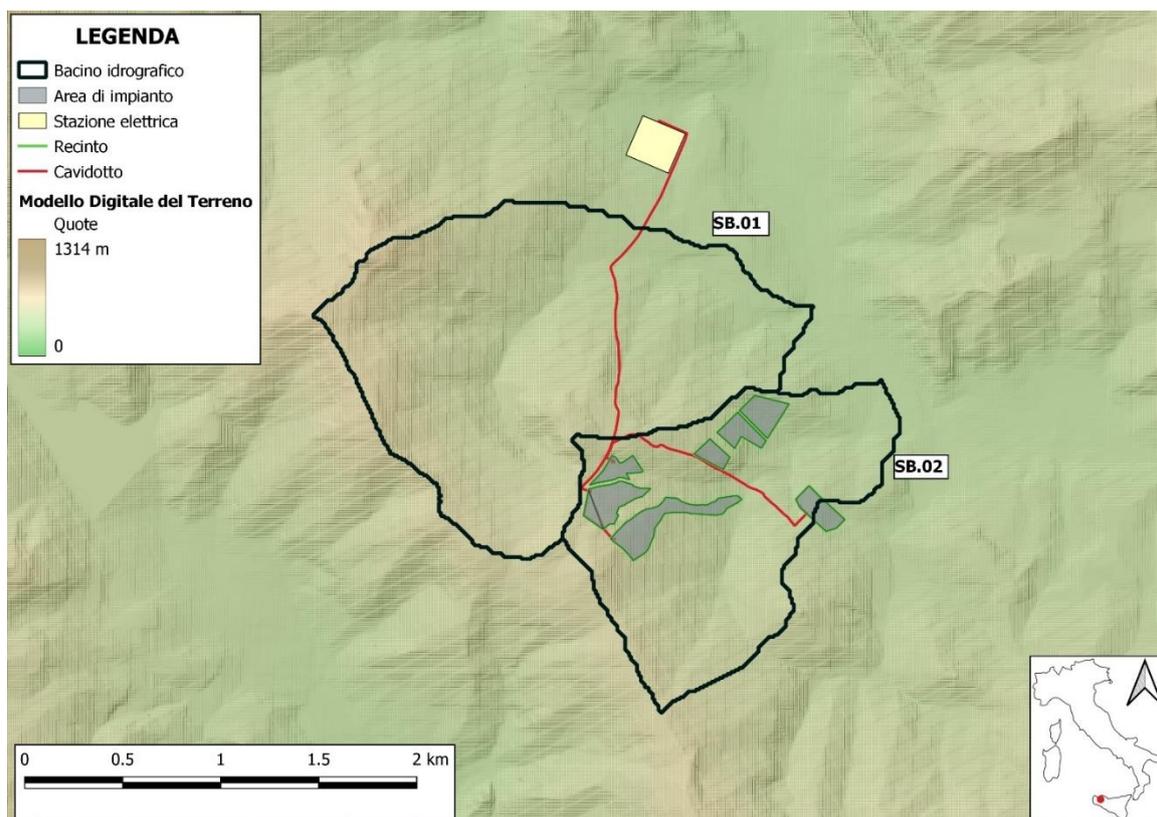


Figura 4 - Inquadramento dei bacini idrografici riguardanti le opere di progetto su modello digitale del terreno

Inoltre, è stato individuato un ulteriore bacino di dimensioni più modeste dal modello digitale del terreno 1m x 1m rilasciato dal Ministero della transizione ecologica (MiTE). Esso è rappresentato nella seguente figura.

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	20 di 56

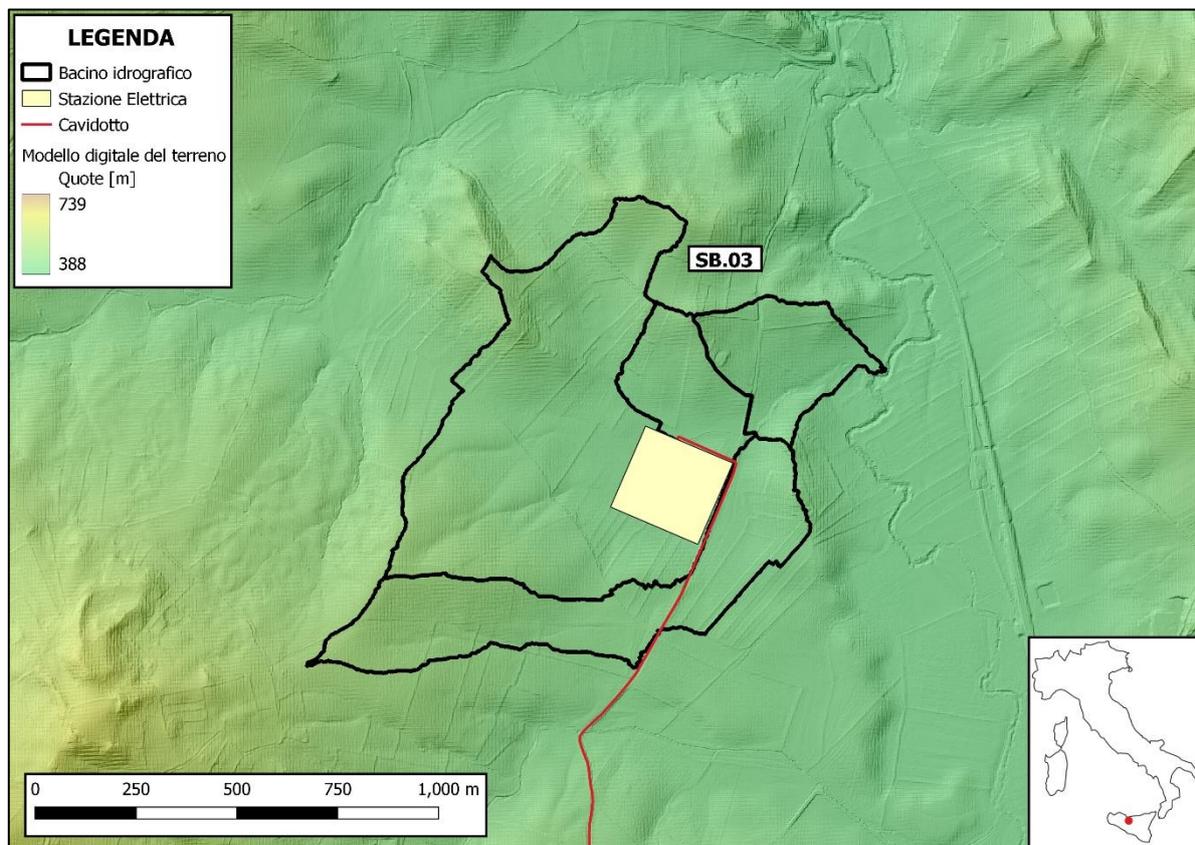


Figura 5 - Inquadramento del bacino idrografico SB.03 riguardante le opere di progetto su modello digitale del terreno

Una possibile schematizzazione del territorio consiste nella determinazione dei sottobacini con sezione di chiusura in prossimità di ognuna delle interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico, determinando così la portata transitante per le sezioni di interesse. Tale modellazione risulta poco efficiente per problemi sostanziali:

- I sottobacini individuati sono di modeste dimensioni, alcuni al di sotto di 1 km², per cui le portate al colmo di piena o gli eventi di precipitazione valutati potrebbero sottostimare la reale entità delle sollecitazioni ricercate;
- Un'analisi dettagliata delle aree soggette ad inondazione è più realistica se si prende in considerazione una porzione di territorio più ampia rispetto ai singoli sottobacini, in modo da valutare nel complesso le interazioni tra il reticolo idrografico e le strutture presenti sul territorio, come strade, edifici ecc.;

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	21 di 56

- La valutazione della portata al colmo in prossimità delle intersezioni con il reticolo idrografico risulterebbe una “forzatura” dei valori ricercati durante la simulazione, quando in realtà è uno dei parametri su cui si vuole investigare.

A seguito di tale considerazione, si procede con la determinazione, attraverso il DTM a disposizione, dei bacini idrografici. Essi sono indicati con il prefisso SB e sono rappresentati nella figura precedente. La loro sezione di chiusura è posta nei pressi delle confluenze con il F. Torto e ciascuno dei tre bacini presenta un’unica interferenza al proprio interno.

Le aree adibite all’installazione del campo fotovoltaico ricadono in una porzione di territorio di scarsa acclività, con quote variabili da un minimo di 420 m ed un massimo di 560 m. Il territorio presenta variazioni di pendenza non eccessivamente rilevanti. Per tale ragione, si ipotizza che i deflussi che si generano in prossimità delle intersezioni tra gli alvei e il cavidotto a 36 kV interrato, seppur relativi a eventi con tempo di ritorno di 200 anni, siano di modesta entità.

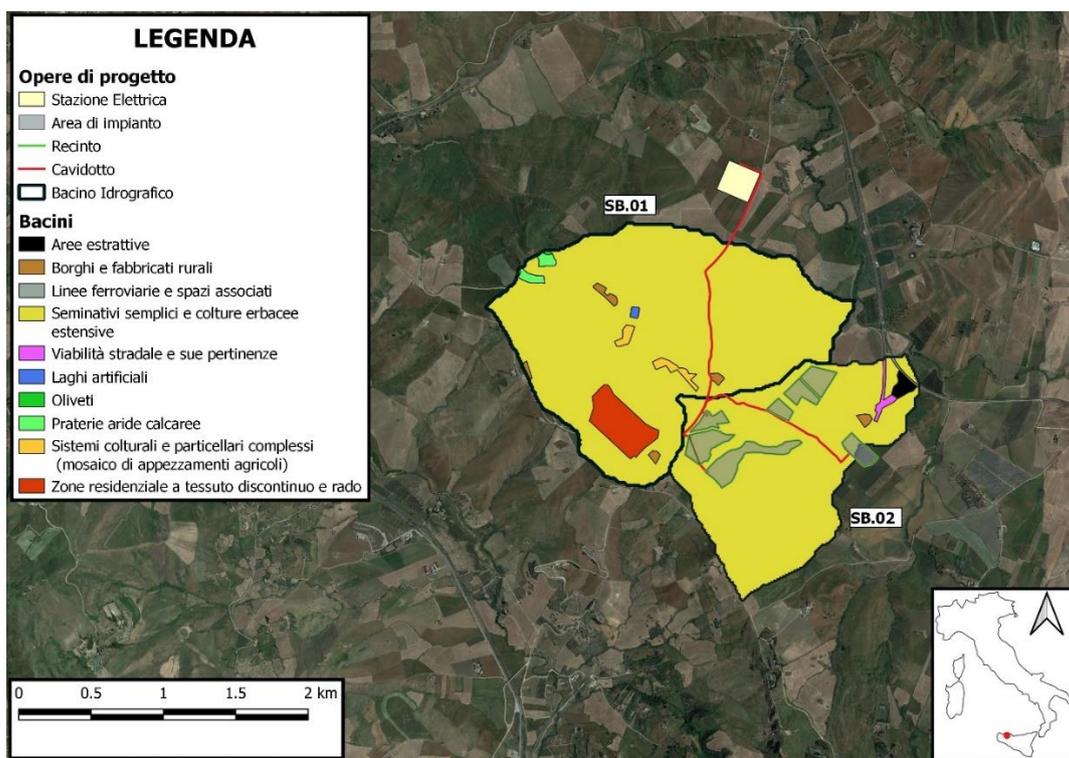


Figura 6 - Inquadramento dei sotto-bacini SB.01 ed SB.02 idrografici sulla mappa dell’Uso del Suolo 2008 in scala 1:10000 secondo progetto Corine Land Cover

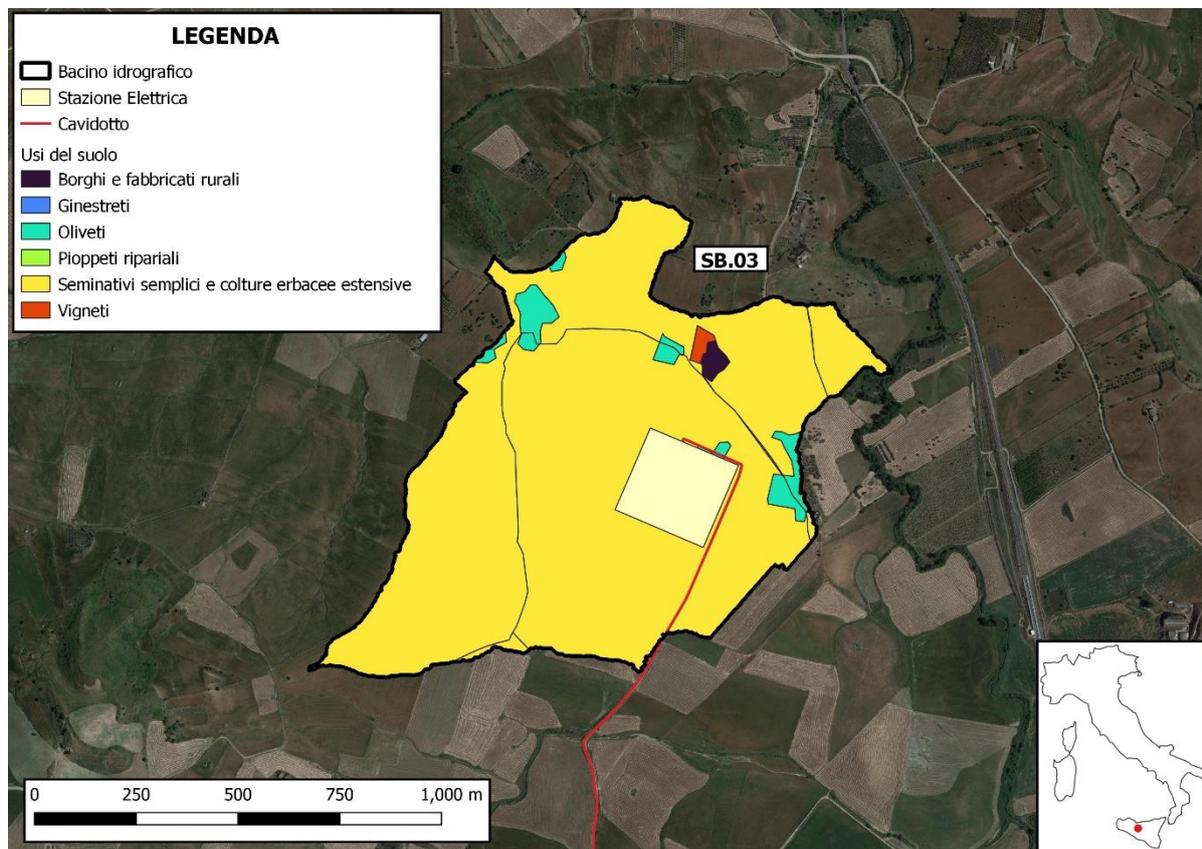


Figura 7 - Inquadramento del sotto-bacino idrografico SB.03 sulla mappa dell'Uso del Suolo 2008 in scala 1:10000 secondo progetto Corine Land Cover

Le figure precedenti riportano i bacini rispetto la Carta dell'Uso del Suolo del 2008 redatte secondo progetto Corine Land Cover (CLC) a scala 1:10000, reperibile sul sito web del Sitr della regione Sicilia. Gran parte dell'area è interessata da seminativi semplici e colture erbacee estensive. Le zone più antropizzate sono interessate da aree residenziali a tessuto discontinuo e rado, aree estrattive, linee ferroviarie e strade. Esse sono però di modesta estensione e prevalentemente l'area è interessata da usi agricoli. La tabella che segue riporta le caratteristiche principali dei tre sottobacini.

Tabella 3 – Caratteristiche principali dei bacini di interesse

ID	L [km]	A [km ²]	$p_{media,bacino}$ [%]	t_c [h]	$q_{max,bacino}$ [m]	$q_{min,bacino}$ [m]	$p_{media,asta}$ [%]
SB.01	4.82	2.693	0.16	1.89	643.3	409.5	0.09
SB.02	2.89	1.64	0.07	1.13	595.5	413.9	0.07
SB.03	2.52	0.62	0.13	1.31	524.8	402.4	0.07

6 ANALISI IDROLOGICA

6.1 Generalità del progetto VAPI per la regione Sicilia

A seguito di uno studio morfologico, i metodi finalizzati all'analisi idrologica del sito in esame devono essere individuati in base alle peculiarità del bacino e del relativo reticolo idrografico. L'analisi idrologica ha lo scopo di valutare le portate al colmo di piena e corrispettivi volumi che interessano il bacino imbrifero e anche tutti gli elementi del territorio soggetti all'evento con prefissato tempo di ritorno.

Il D.P.C.M. 29.09.1998, in materia di difesa del suolo, stabilisce che:

“Ove possibile è consigliabile che si traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, dalle elaborazioni eseguite dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (S.I.M.N.), oppure dai rapporti tecnici del progetto VAPI messo a disposizione dal Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.), del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.)”.

Il progetto speciale VAPI elaborato dal G.N.D.C.I. del C.N.R. e patrocinato della protezione Civile, si propone di fornire una guida tecnica sulla valutazione delle piene, destinata a tutti gli operatori del settore dell'Ingegneria idraulica e della difesa del suolo, basata su moderne e affidabili metodologie di analisi regionale.

Il presente studio idrologico è stato condotto rifacendosi al progetto VAPI per la regione Sicilia (a cura Cannarozzo et al., 1993), le cui procedure adottate e i calcoli effettuati sono descritti nei paragrafi successivi. Le altezze di precipitazione derivanti da curve di possibilità pluviometrica, dedotte secondo le direttive del progetto VAPI, sono utilizzate in seguito come forzanti metereologiche nel software HEC-HMS al fine della determinazione degli idrogrammi relativi all'evento bi-centenario nelle sezioni di interesse.

6.2 Analisi idrologica del progetto VAPI per la regione Sicilia

L'analisi idrologica dell'area in esame è stata condotta utilizzando il metodo VAPI elaborato dal G.N.C.D.I. del C.N.R., nell'ambito dell'analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata, e per diversi tempi di ritorno. L'analisi regionale è un metodo indiretto per la stima della portata in sezioni fluviali di cui non sono reperibili osservazioni o nel caso in cui si disponga di campioni esigui. L'analisi si basa generalmente sul concetto di distribuzione invariante del campione indice: si identifica un gruppo di m bacini idrografici “idrologicamente simili”, ognuno con il proprio campione di osservazioni. Per l'area m -esima il generico valore X_i viene diviso per il valore indice X_{idx} e aggregando tutti il campione si ottiene il campione

standardizzato del gruppo omogeneo. La distribuzione di probabilità di quest'ultimo è la stessa per tutti i siti del gruppo omogeneo, di conseguenza la variabile X_i del sito m relativo a prefissato tempo di ritorno T è pari al prodotto della variabile standardizzata relativa al tempo T , coefficiente di crescita K_T , per il valore indice X_{idx} .

6.2.1 Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica in Sicilia

I dati pluviometrici utilizzati sono gestiti dal compartimento di Palermo del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (S.I.M.N.), la cui rete pluviometrica al 1981 risultava composta da 172 stazioni di misura delle piogge con almeno 10 anni di osservazione.

Per i massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata, è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (Two Component Extreme Values), utilizzata per rappresentare la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo di tempo, da una variabile casuale distribuita secondo l'unione di due leggi esponenziali. In diverse sedi tale metodo ha già dimostrato una buona adattabilità alle serie storiche delle massime altezze di pioggia di una qualsiasi durata. È stata eseguita una suddivisione della regione in zone e sottozone omogenee in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere. L'estensione della validità di tale suddivisione all'interpretazione delle piogge di durata inferiore a quella giornaliera è stata poi condotta e verificata sulla scorta delle informazioni fornite dai dati delle precipitazioni di durata inferiore al giorno, registrate alle stazioni pluviografiche.

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata all'interno della sottozona pluviometrica omogenea identificata, è univocamente determinata la relazione tra tempo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T :

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{\frac{1}{\theta_*}} e^{-\frac{\eta k}{\theta_*}})} \quad (1)$$

Essendo il data-base disponibile per le precipitazioni di durata da 1 a 24 ore sufficientemente esteso, è stata identificata una dipendenza unica per tutta la Sicilia dei parametri di forma dalla durata, del tipo:

$$\theta_*(d) = 1.95 + 0.0284 d \quad (2)$$

$$\Lambda_*(d) = 0.175 d^{0.301} \quad (3)$$

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	25 di 56

Al secondo livello di regionalizzazione, la Sicilia è stata suddivisa in 3 sottozone omogenee (SZO), indicate con le sigle SZO A, SZO B e SZO C ed illustrate in Figura 8. Il Bacino del fiume Torto è interamente compreso nella SZO A.

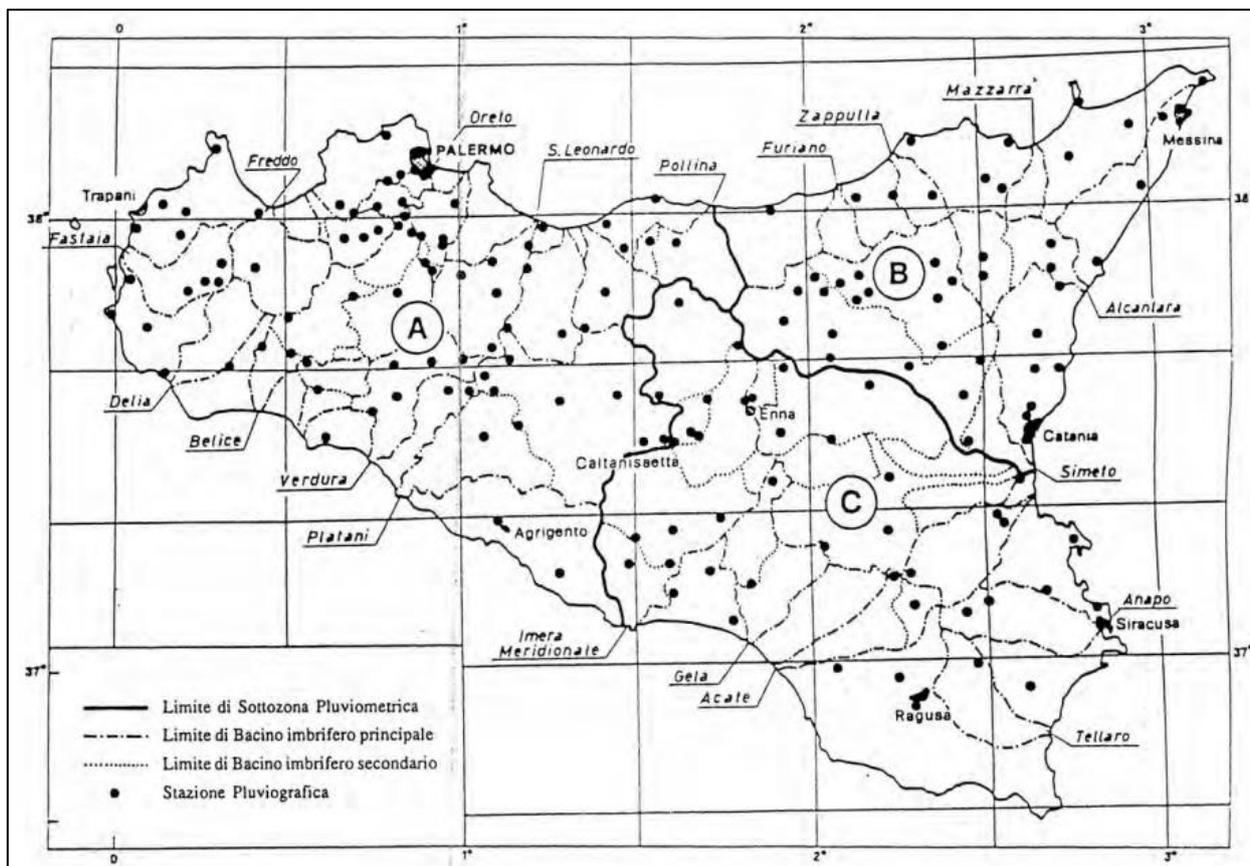


Figura 8 - Sottozone omogenee

Per ciascuna sottozona è stata individuata un'espressione che correla il parametro di scala A_1 con la durata.

Per la SZO A vale:

$$A_1 = 14.55 d^{0.2419} \quad (4)$$

Dal punto di vista pratico è preferibile la forma inversa dell'espressione (1) per la quale, fissato un periodo di ritorno T , si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T . Per la distribuzione TCEV tale espressione non è analiticamente ottenibile. Generalmente la relazione tra K_T ed il periodo di ritorno è data in forma tabellare o viene esplicitata da espressioni approssimate. Per la SZO A è possibile fare uso della formula approssimata:

$$K_T(d) = 0.5391 - 0.001635 d + (0.0002212 d^2 + 0.00117 d + 0.9966) \log(T) \quad (5)$$

Essa risulta valida per $T \geq 10$ anni. L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si ottiene moltiplicando l'equazione (5) per la legge di variazione della media μ del modello TCEV con la durata t , ovvero:

$$h_T(d) = K_T(d)\mu(t) \quad (6)$$

Dal confronto tra la media teorica μ e quella campionaria m_c si è osservato che, per ciascuna durata, i due indicatori possono essere considerati coincidenti. In questo modo il terzo livello di regionalizzazione può essere svincolato dalla procedura gerarchica in quanto il valore della media campionaria può essere aggiornato indipendentemente dalle fasi precedenti. Per durate superiori all'ora, la media $m[h(d)]$ relativa alle cinque durate studiate varia con la durata stessa secondo il seguente legame di tipo monomio:

$$m[h(d)] = ad^n \quad (7)$$

Tale legame consente di definire la curva di probabilità pluviometrica noti i parametri a ed n . I valori di a ed n sono desumibili dalla cartografia prodotta dal VAPI (Figura 9 e Figura 10), la quale riporta le curve ad n (iso- n) ed a costanti (iso- a).

Per durate comprese tra 30 e 60 minuti è valida per l'intera Sicilia un'espressione monomia del tipo:

$$m[h(d)] = 0,208 m[h(60)]d^{0.368} \quad (8)$$

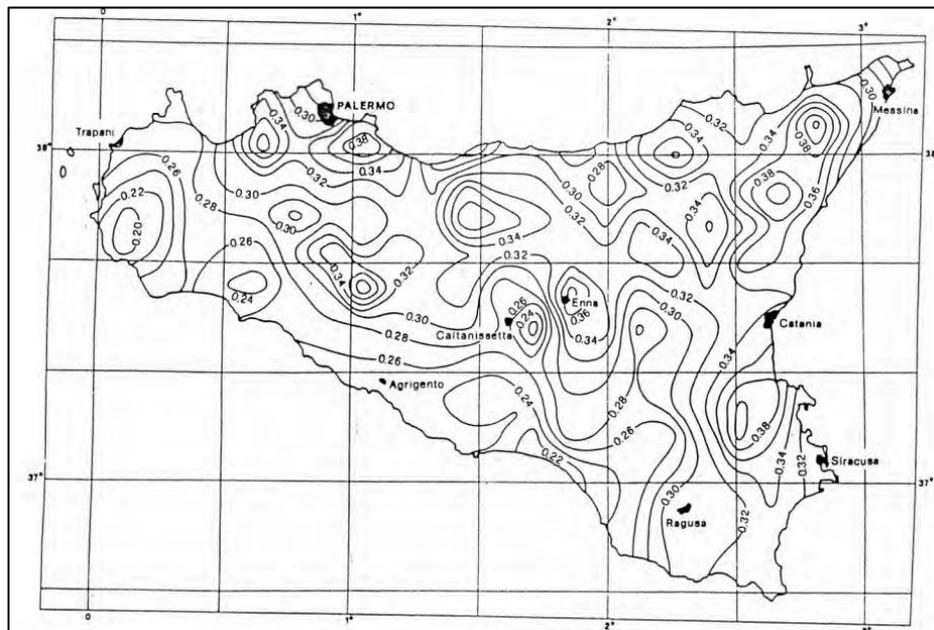


Figura 9 - Carta delle iso-n

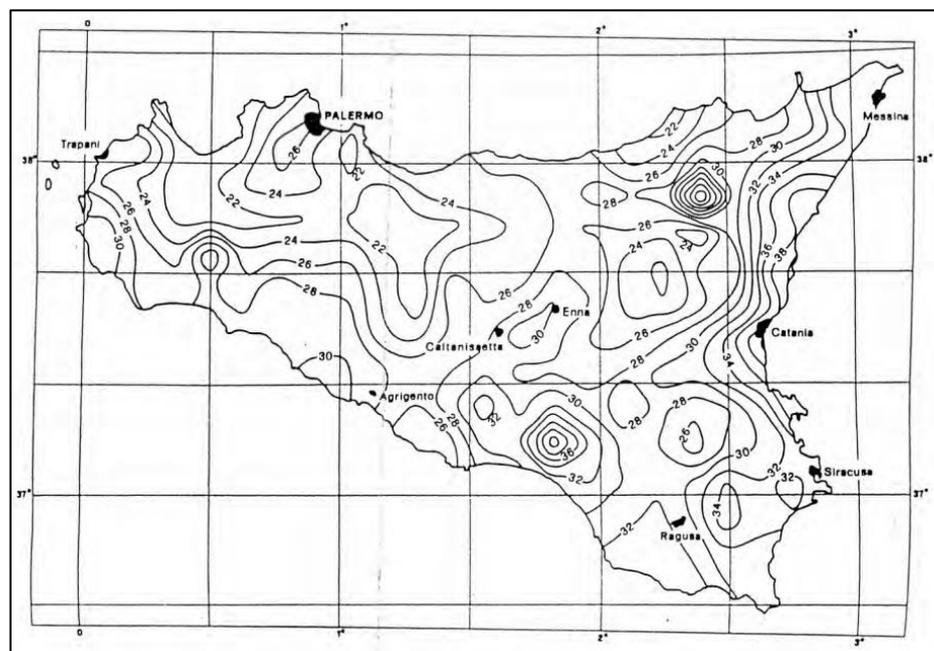


Figura 10 - Carta delle iso-a

6.3 Calcolo delle precipitazioni di progetto

In accordo ai procedimenti descritti nei paragrafi precedenti sono state stimate le precipitazioni di progetto in riferimento al valore del periodo di ritorno pari a 200 anni, in accordo alla definizione di sicurezza idraulica dell'A.d.B. di competenza.

I bacini del caso in esame ricadono all'interno della SZO A, così come le opere di progetto. La Tabella seguente riporta i parametri necessari al fine della determinazione dell'altezza massima di precipitazione.

ID	a	n	t _c [h]	M[h(t _c)] [mm]
SB.01	22	0.320	1.89	26.97
SB.02	22	0.322	1.13	22.91
SB.03	22	0.322	1.31	20.34

La stima del valore medio di precipitazione massima $m[h(t_c)]$, in riferimento ad un evento pari alla durata del tempo di corrivazione del bacino, è stata condotta secondo le relazioni (7) e (8) seguendo le specifiche prima citate. Attraverso la moltiplicazione di quest'ultimi con il coefficiente di crescita K_T relativo ad un valore del tempo di ritorno pari a 200 anni, secondo l'equazione (5), sono state stimate le relative altezze massime di precipitazione per ogni bacino del caso studio.

Le stime attraverso curve di possibilità pluviometrica conducono ad altezze massime di precipitazione di tipo puntuale; inoltre, il calcolo di tali parametri è condotto secondo le ipotesi di precipitazione costante durante tutta la durata dell'evento e uniforme su tutta l'area di interesse. Al fine di tener conto delle condizioni ideali secondo le quali sono stimate le altezze di pioggia, quest'ultime vengono ulteriormente moltiplicate per un fattore di riduzione areale, ARF, dipendente dalla durata d , in ore, e dall'area A , in km², e stimato secondo formula di Koutosyiannis:

$$ARF(A, d) = \max(0.25, 1 - 0.048 A^{0.36-0.01 \ln A} d^{-0.35}) \quad (9)$$

Infine, attraverso modellazione idrologica nel software HEC-HMS, sono stati stimati gli idrogrammi di piena in riferimento all'evento di precipitazione derivante dalle curve di possibilità pluviometriche per un tempo di ritorno pari a 200 anni e di durata pari al tempo di corrivazione stimato attraverso formula di Mockus, per ogni bacino del caso studio.

6.4 Modellazione idrologica in HEC-HMS

La stima degli idrogrammi di piena in regime di moto vario è stata condotta attraverso il software HEC-HMS, il quale è programmato per la simulazione dei processi di trasformazione afflussi-deflussi dei bacini idrografici, comprendendo al suo interno una serie di modelli teorici e/o empirici per lo scopo prima citato.

Nel caso in esame, la stima degli idrogrammi dei deflussi superficiali attraverso il software è stata condotta utilizzando i seguenti modelli:

- Le perdite idrologiche sono state modellate usando il modello SCS (Soil Conservation Service)-CN (Curve Number)
- La trasformazione degli afflussi in deflussi è avvenuta attraverso il modello SCS-Unit Hydrograph;
- La schematizzazione della forzante meteorologica è avvenuta mediante il modello Frequency Storm, ovvero dando come input di calcolo le curve di possibilità pluviometrica, stimate precedentemente secondo le direttive VAPI;
- La modellazione della propagazione dell'onda di piena lungo un'asta fluviale è avvenuta attraverso il metodo Muskingum.

La determinazione dei bacini idrografici SB.01 ed SB.02 e delle relative caratteristiche geomorfologiche necessarie per la stima dei deflussi di piena di progetto è stata basata su un modello digitale del terreno di risoluzione 10m x 10m, reperibile dal sito dell'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) nella sezione dedicata al progetto TINITALY. Il bacino SB.03 è stato determinato e caratterizzato a partire da un DTM 1m x 1m, messo a disposizione dal Ministero della Transizione Ecologica.

6.4.1 SCS-CN Loss Method

La porzione del reticolo idrografico intersecato dalle opere di progetto non è interessata da un sistema di monitoraggio. Attraverso lo studio idrologico condotto secondo il rapporto VAPI possono essere stimate le portate al colmo di piena in riferimento ad un valore del tempo di ritorno pari a 200 anni e ad una specifica sezione del reticolo idrografico. Tuttavia, non è determinato l'idrogramma dell'evento, utilizzabile come condizione iniziale per la modellazione della propagazione dell'onda. Una valida soluzione consiste nella determinazione di un idrogramma sintetico triangolare, di cui la portata al picco può essere determinata così come specificato nel progetto VAPI e con durata pari al doppio del tempo di ritardo, anche se tale semplificazione si discosta sensibilmente dalla realtà. Inoltre, in mancanza di osservazioni riguardanti il reticolo idrografico in esame, non è possibile effettuare una fase di calibrazione del modello idrologico.

Nel presente elaborato, alla luce delle problematiche sorte nella modellazione idraulica, la condizione iniziale è costituita da uno ietogramma sintetico costante costituito dalle sole piogge efficaci, ovvero dalle acque che costituiscono il solo deflusso superficiale, che contribuiscono alla formazione dell'onda di piena. La separazione dell'altezza di pioggia efficace dalla pioggia totale è stata eseguita secondo l'ipotesi di depurazione dalle perdite idrologiche di tipo percentuale in base al coefficiente di deflusso φ , caratteristico dell'evento nella sua totalità, ed è pari al rapporto tra la precipitazione efficace (o netta) e la precipitazione totale, in termini di volume o di altezze di pioggia.

$$\varphi = \frac{P_e}{P} \quad (10)$$

La stima del coefficiente di deflusso è stata condotta secondo il metodo CN (Curve Number) del SCS (Soil Conservation Service), ovvero una procedura atta alla trasformazione della pioggia lorda durante un dato evento ricadente in un bacino imbrifero in deflusso superficiale.

Il coefficiente di deflusso φ è direttamente proporzionale alla percentuale impermeabilizzata dell'area analizzata, la quale non è influenzata sensibilmente dalla presenza del cavidotto a 36 kV interrato, essendo un'opera lineare. Tuttavia, l'installazione del campo fotovoltaico sul territorio di interesse comporta variazioni sensibili sulla percentuale di superficie scoperta e/o impermeabilizzata, rispetto alle condizioni ante-operam.

Per le ragioni illustrate, sono stati stimati i valori del coefficiente di deflusso in riferimento sia alle condizioni ante-operam che post-operam, in modo da effettuare due simulazioni, basate sullo stesso modello geometrico ma con input pluviometrici delle precipitazioni nette differenziati in base alla condizione antecedente o precedente all'installazione dell'impianto.

Il modello, concentrato nello spazio e nel tempo, si basa sulla semplificazione concettuale del modello idrologico: la formulazione operata è derivante dall'equazione di bilancio fra i valori cumulati nel tempo dei termini di afflusso e deflusso. Si assume come ipotesi iniziale che lungo la durata dell'evento in esame la relazione (11) di proporzionalità rimanga invariata.

$$\frac{F}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (11)$$

Nella relazione riportata F è rappresentativo delle perdite effettive generate durante l'evento, S è il volume specifico di saturazione del terreno, P_e è la precipitazione netta cumulata, P è la precipitazione lorda cumulata, I_a rappresenta le perdite iniziali dovute all'intercettazione, infiltrazione e saturazione delle

depressioni superficiali, il tutto in mm. Assumendo F pari alla differenza tra P e P_e , è valida la relazione (12), per $P > I_a$.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (12)$$

Il volume specifico di saturazione del terreno S è stimato secondo la seguente relazione:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (13)$$

mentre, in linea generale, il valore delle perdite iniziali I_a è assunto pari al 20 % di S . Il parametro CN è una variabile adimensionale che varia tra 100 (deflusso superficiale costituito dalla totalità del volume di precipitazione) e 0 (volume d'acqua infiltrato pari al totale volume di precipitazione). La Figura 11 riporta la relazione tra la precipitazione cumulata lorda e la precipitazione netta cumulata, al variare del parametro CN .

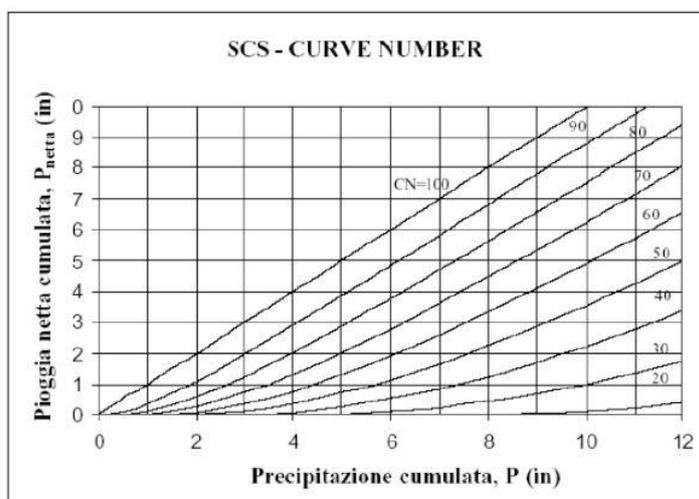


Figura 11 - Rapporto tra Precipitazione totale e precipitazione cumulata al variare del parametro CN

Il parametro CN varia in funzione di 4 classificazioni:

- classificazione della possibilità di infiltrazione del suolo, legata alla natura litologica dello stesso;
- uso del suolo e trattamento della superficie;
- condizioni iniziali di saturazione dei suoli;
- stagioni di riposo o della vegetazione.

Tabella 4 - Classificazione del tipo idrologico del suolo in base alla litologia del territorio secondo N.R.C.S.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Nel 1972 la N.R.C.S. (Natural Resources Conservation Service), nota precedentemente come Soil Conservation Service, ha suddiviso il suolo, secondo la capacità di assorbimento, in quattro classi, riportate nella tabella seguente.

La stima del parametro *CN* è stata condotta secondo le mappe dell'uso del suolo e della litologia (si fa riferimento all'elaborato *FV.CST01.PD.A.02.2- "Carta Geologica"*), in accordo con la Tabella 4. Come detto nei capitoli precedenti, per i vari aspetti del presente elaborato inerenti all'uso del suolo, si è fatto riferimento alla classificazione del Corine Land Cover, nello specifico per la zona in esame, la classificazione del 2006 aggiornata al 2008; nel caso specifico della stima del parametro *CN* si è fatto riferimento alle carte in scala 1:10000 disposte dal SITR della Regione Sicilia sul proprio portale web. A seguito della determinazione del parametro *CN*, il valore relativo ai bacini del caso studio risulta da una media pesata delle singole aree omogenee, con peso la superficie occupata.

Tabella 5 - Tipo di copertura ed uso del suolo

TIPO DI COPERTURA E USO DEL SUOLO	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
senza trattamento di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
TERRENO DA PASCOLO				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
PRATERIE				
buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSE O FORESTATI				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (Impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (Imp. 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
Impermeabilità media				
%	77	85	90	92
65	61	75	83	87
38	57	72	81	86
30	54	70	80	85
25	51	68	79	84
PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI, TETTI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Le condizioni di saturazione del terreno sono di fondamentale importanza per la corretta valutazione del coefficiente di deflusso, poiché a parità di precipitazione, le diverse condizioni del terreno incidono sulla risposta del bacino e sulla portata al colmo di piena. Il metodo *CN* tiene conto dello stato di saturazione del terreno attraverso le condizioni di umidità del terreno antecedenti all'inizio dell'evento, *AMC* (Antecedent Moisture Condition); a tal proposito l'S.C.S. individua tre classi in relazione al valore assunto dell'altezza di pioggia caduta nei cinque giorni antecedenti all'evento di pioggia, la cui attribuzione è basata secondo i valori riportati nella tabella seguente.

Tabella 6 - Classe AMC in riferimento all'altezza di pioggia cumulata nei cinque giorni precedenti all'evento

Classe <i>AMC</i>	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Per condizioni antecedenti all'evento molto umide, classe III, o molto asciutte, classe I, è possibile derivare i relativi valori del parametro *CN* in base al valore in condizioni medie, ovvero classe II, i cui valori sono quelli riportati nella tabella precedente, secondo le seguenti relazioni.

$$CN(I) = \frac{4.2 CN(II)}{10 - 0.058 CN(II)} \quad (14)$$

$$CN(III) = \frac{23 CN(II)}{10 + 0.13 CN(II)} \quad (15)$$

Per quanto riguarda la valutazione della sicurezza idraulica del sito in esame, una scelta plausibile sarebbe quella di considerare il terreno nelle peggiori condizioni di umidità, ottenendo così un valore del coefficiente di deflusso più elevato, in maniera cautelativa. Tuttavia, un evento con tempo di ritorno pari a 200 anni ha già insito nella propria definizione una bassa probabilità di accadimento, se a ciò si aggiunge la condizione peggiore di saturazione per il terreno su cui insiste, la probabilità di accadimento di un evento di tale portata diminuisce ancora di più, portando ad una determinazione delle fasce di allagamento sovrastimate. Per tali motivi si ritiene opportuno considerare il valore del parametro CN relativo alle condizioni medie di saturazione del suolo.

Dalle relazioni (13) e (12) sono determinati rispettivamente il volume specifico di saturazione del terreno, S , e la precipitazione netta cumulata, P_e ; il rapporto tra quest'ultimo e la precipitazione totale è pari al coefficiente di deflusso, secondo le ipotesi che tale parametro sia costante su tutta l'area del bacino e lungo tutta la durata dell'evento.

6.4.2 SCS – Unit Hydrograph

La stima della portata di deflusso al colmo di piena è condotta secondo il modello empirico-parametrico dell'idrogramma istantaneo unitario (IUH).

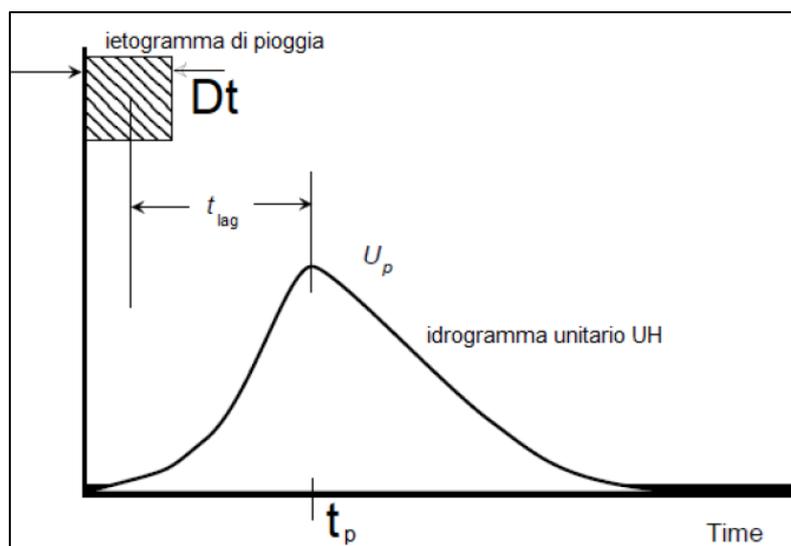


Figura 12 - Idrogramma istantaneo unitario (IUH)

Il valore di picco dell'*SCS-IUH* è calcolato secondo la relazione:

$$U_P = C \frac{A}{T_P} \quad (16)$$

dove A è l'area del bacino, C è una costante di conversione (tipicamente assunta pari a 2.08), T_P è il tempo di picco dell'idrogramma *SCS-IUH*, stimato secondo la seguente relazione.

$$T_P = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \quad (17)$$

In cui Δt equivale alla durata di precipitazione, t_{lag} è il tempo di ritardo del bacino, definito come la differenza tra il centro di massa dello ietogramma e il tempo di picco dell'*SCS-IUH*. Il tempo di ritardo, o lag time, è stimato come il 60 % del tempo di corrivazione, il quale, nel presente elaborato, è stato valutato con la formula di Mockus, riportata nella relazione (18).

$$t_c = \frac{l^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1.14 Y^{0.5}} \quad (18)$$

Nell'equazione (18) il tempo di corrivazione è restituito in ore, l è la lunghezza dell'asta principale (in piedi), S è lo stesso parametro della relazione (13), Y è la pendenza media del bacino in percentuale.

Ogni sotto-bacino SB è stato suddiviso in più sub-aree al fine di stimare gli idrogrammi di piena in diverse sezioni di interesse dell'area studio; per tali sub-bacini il tempo di corrivazione è valutato come nella relazione (18), mentre per i bacini principali tale parametro è valutato come somma dei tempi di corrivazione delle diverse zone che lo compongono, o che ne caratterizzano il percorso principale.

6.4.3 Frequency Storm

Attraverso il modello Frequency Storm il software genera uno ietogramma, di diverse forme, a partire dalle curve di possibilità pluviometrica per dato tempo di ritorno. Lo ietogramma è costituito secondo una procedura semi-empirica, secondo la quale il massimo della pioggia si verifica in un dato istante della durata (nel presente elaborato si ipotizza un picco delle precipitazioni al 50 % della durata); si procede infine con la determinazione di uno ietogramma Chicago, come riportato in Figura 13.

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	36 di 56

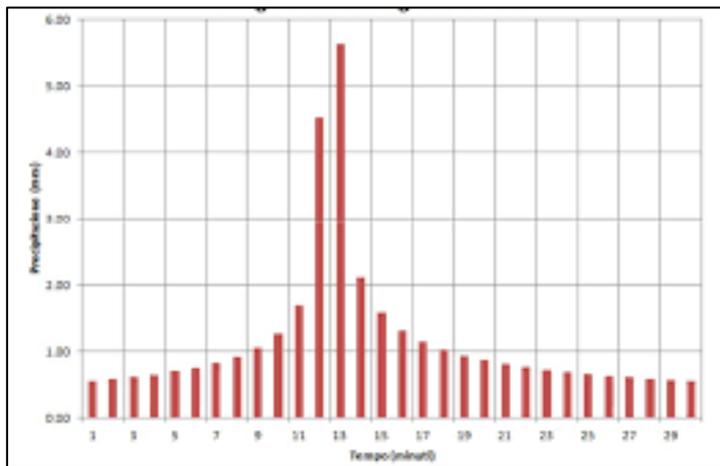


Figura 13 - Esempio di ietogramma Chicago

6.4.4 Metodo Muskingum

Il metodo Muskingum è un modello concentrato sviluppato negli Stati Uniti per la valutazione della propagazione dell'onda di piena lungo un'asta fluviale. Considerando due sezioni di un corso d'acqua, indicando con I la portata entrante nella sezione di monte e con Q quella uscente dalla sezione di valle, il volume immagazzinato tra le due, indicato con S , è schematizzato come la somma del volume di un prisma e di un cuneo (Figura 14), secondo la relazione (19).

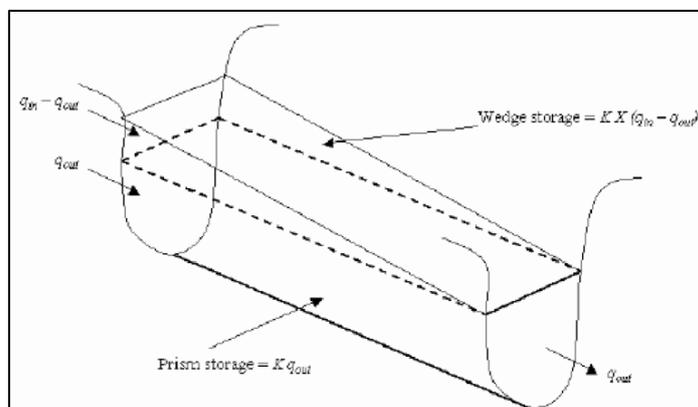


Figura 14 - Schematizzazione del volume immagazzinato tra due sezioni di un'asta fluviale secondo metodo Muskingum

$$S = KQ + KX(I - Q) \quad (19)$$

Il parametro K rappresenta il tempo medio che impiega l'onda di piena per transitare dalla sezione di monte verso quella di valle, X è un parametro indicativo dell'attenuazione dell'onda, nello specifico dell'abbassamento del cuneo.

Nel presente elaborato il parametro K è stato stimato come rapporto della lunghezza dell'asta fluviale presa in considerazione e la velocità del flusso, assunta in maniera cautelativa pari a 1.5 m s^{-1} ; il parametro X è



RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE

FV.CST01.PD.A.06

REVISIONE n.

00

DATA REVISIONE

06/22

PAGINA

37 di 56

assunto pari a 0 per tutti i casi, ovvero non considerando l'attenuazione dell'onda di piena, a vantaggio di sicurezza.

Nel seguito sono discussi i risultati dell'analisi idrologica per ogni bacino analizzato.

7 RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA

7.1 Bacino SB.01

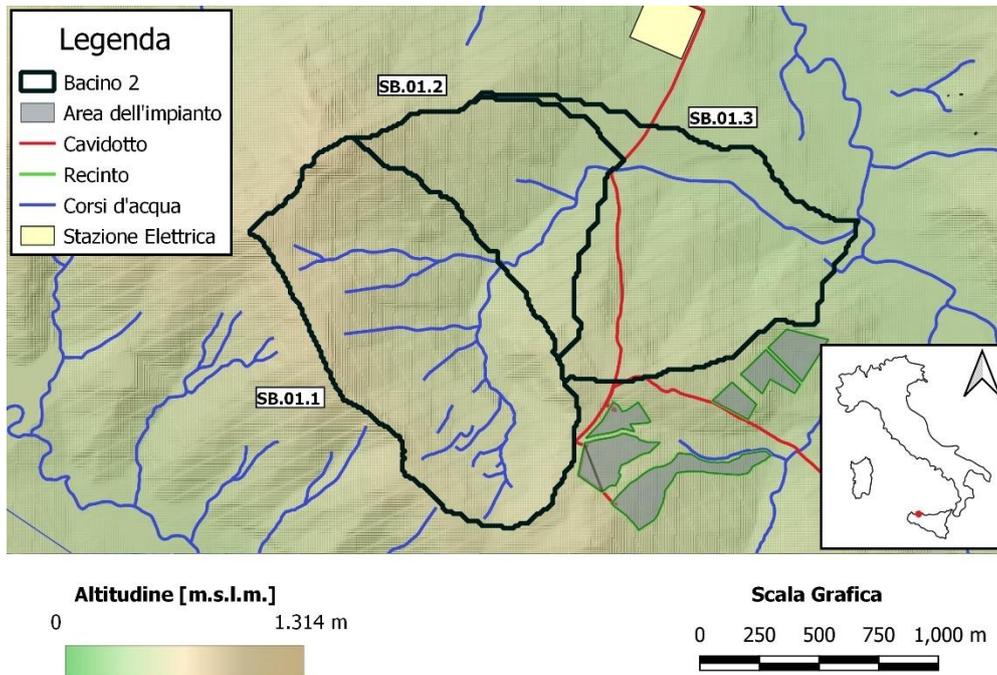


Figura 15 - Bacino SB.01 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno

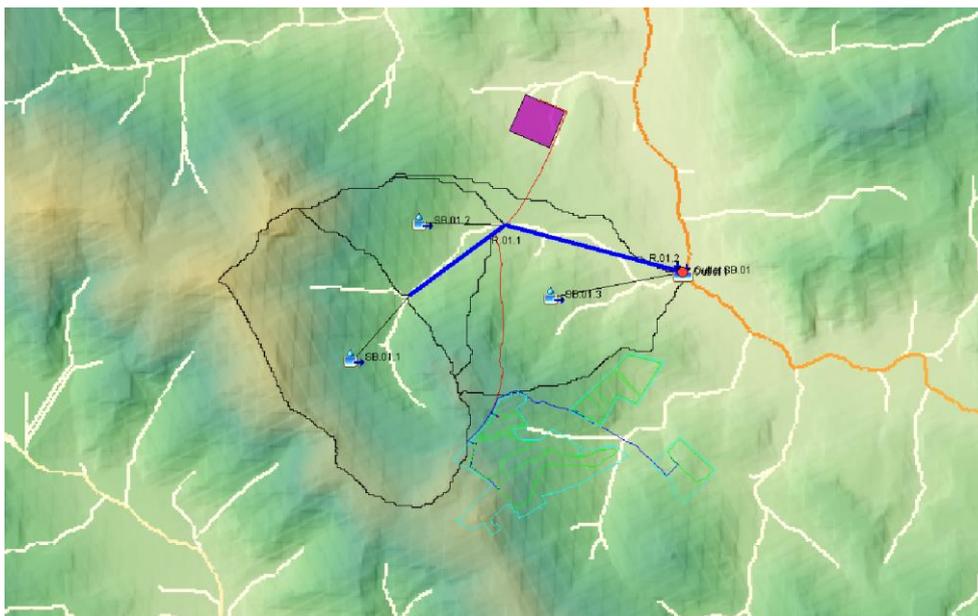


Figura 16 - Modellazione in HEC-HMS del bacino SB.01

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	39 di 56

Il Bacino SB.01, riportato in Figura 17, comprende al suo interno l'interferenza I.IDR.01. L'area in esame riguarda un affluente del fiume Torto ed è caratterizzata da una densità di drenaggio pari a 2.53 km^{-1} . La sezione di chiusura è situata in corrispondenza della confluenza dell'asta principale col fiume Torto. Inoltre, l'asta principale scorre alla destra idraulica del fiume Torto. La scelta del posizionamento della sezione di chiusura a monte dell'affluenza delle aste fluviali è stata dettata dalle difficoltà presenti nella modellazione idrologica e idraulica di tali elementi d'incrocio; tale considerazione può essere applicata a tutti i bacini del caso studio. Il bacino è stato suddiviso in 3 sotto-bacini, al fine di valutare gli idrogrammi di piena sia a monte che a valle delle interferenze in esame.

La stima del parametro CN è stata condotta sovrapponendo la mappa della litologia del suolo (si fa riferimento all'elaborato "FV.CST01.PD.A.02.2 – Carta Geologica") alla carta dell'Uso del Suolo alla scala 1:10000 della regione Sicilia aggiornata al 2008 ed elaborata dal progetto Corine Land Cover. I valori del parametro CN sono riportati nelle seguenti tabelle.

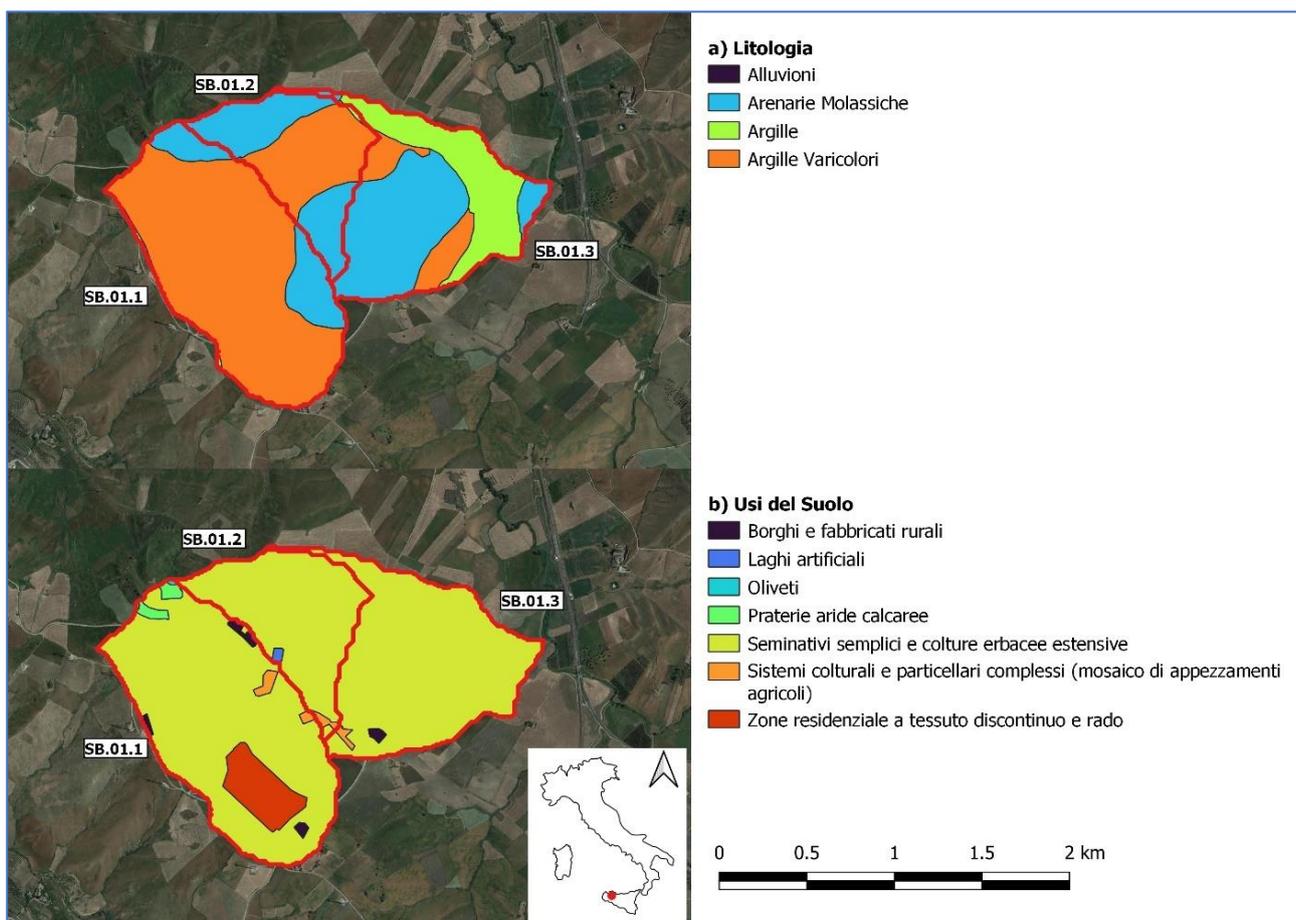


Figura 17 - Bacino SB.01 in riferimento alla mappa geolitologica (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2008 secondo progetto CLC a alla scala 1:10000 (b)

Tabella 7 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.1

<i>ID</i>	<i>Tipo Suolo</i>	<i>Uso del suolo</i>	<i>CN</i>	<i>A [m²]</i>	<i>Percentuale Area [%]</i>
1	tra A e B	Oliveti	56	1521	0.1226
2	tra A e B	Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)	68	4553	0.3671
3	tra A e B	Praterie aride calcaree	44	10543	0.8500
4	tra A e B	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	67	154835	12.4834
5	tra B e C	Zone residenziale a tessuto discontinuo e rado	75	122777	9.8988
6	tra B e C	Borghi e fabbricati rurali	89	15731	1.2683
7	tra B e C	Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)	73	10386	0.8373
8	tra B e C	Praterie aride calcaree	65	9811	0.7910
9	tra B e C	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	75	902263	72.7442
10	D	Borghi e fabbricati rurali	93	727	0.0586
11	D	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	81	7177	0.5786

Tabella 8 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.2

<i>ID</i>	<i>Tipo Suolo</i>	<i>Uso del suolo</i>	<i>CN</i>	<i>A [m²]</i>	<i>Percentuale Area [%]</i>
1	tra A e B	Oliveti	56	44	0.0080
2	tra A e B	Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)	68	6859	1.2664
3	tra A e B	Praterie aride calcaree	44	3	0.0006
4	tra A e B	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	67	262807	48.5200
5	tra B e C	Borghi e fabbricati rurali	89	329	0.0608
6	tra B e C	Laghi artificiali	100	4111	0.7590
7	tra B e C	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	75	263604	48.6672
8	D	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	81	3888	0.7179

Tabella 9 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.3

<i>ID</i>	<i>Tipo Suolo</i>	<i>Uso del suolo</i>	<i>CN</i>	<i>A [m²]</i>	<i>Percentuale Area [%]</i>
1	A	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	62	121	0.0133
2	tra A e B	Borghi e fabbricati rurali	84	5345	0.5866
3	tra A e B	Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)	68	6049	0.6639
4	tra A e B	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	67	462256	50.7325
5	tra B e C	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	75	120403	13.2142
6	D	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	81	316990	34.7896

La stima del parametro *CN* per i sotto-bacini in esame e per il totale bacino SB.01 è stata effettuata attraverso una media pesata dei parametri delle diverse zone, utilizzando come peso la percentuale d'area occupata rispetto all'area totale.

In seguito alla determinazione dei parametri per la separazione delle piogge efficaci dalle precipitazioni totali, si procede con la stima del tempo di corrivazione secondo formula di Mockus, relazione (18), e di conseguenza del tempo di ritardo, lag time. Infine, si procede, secondo le direttive VAPI descritte nel Capitolo 6.2, con la stima dell'altezza di precipitazione da curve di possibilità pluviometrica per tempo di ritorno pari a 200 anni e di durata pari al tempo di corrivazione.

I valori delle altezze di precipitazioni ottenute sono stati moltiplicati per il coefficiente di riduzione areale K_A ottenuto dalla relazione (5), variabile per ogni sub-bacino dell'area in esame e dipendente dalla durata dell'evento, in tal caso il tempo di corrivazione. La tabella seguente riporta i parametri per la costituzione dello ietogramma di progetto.

Tabella 10 - Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.01 e relativi sotto-bacini

	<i>A [km²]</i>	<i>CN</i>	<i>L principale [km]</i>	<i>P. media</i>	<i>t. corriv. [h]</i>	<i>t. ritardo [h]</i>	K_A	$h(tc)_{200 \times K_A}$
SB.01	2.69	73	4.82	0.16	1.89	1.13	0.95	72.34
SB.01.1	1.24	74	1.46	0.20	0.50	0.30	0.93	45.05
SB.01.2	0.54	71	1.40	0.16	0.58	0.35	0.95	48.59
SB.01.3	0.91	73	1.96	0.13	0.81	0.49	0.95	55.18

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	42 di 56

In conclusione, avendo come input un evento di precipitazione per valore bi-centenario del tempo di ritorno e di durata pari al tempo di corrivazione del bacino totale con tali caratteristiche, e schematizzando il modello idrologico come descritto nel paragrafo 6.4, si ottengono i relativi idrogrammi di piena alle sezioni di chiusura dei sotto-bacini SB.01.1, SB.01.2, SB.01.3 riportati in Figura 18, Figura 19, Figura 20.

L'idrogramma totale presso la sezione di chiusura del bacino SB.01 totale, dato dal contributo di entrambi i sotto-bacini, è riportato nella Figura 21.

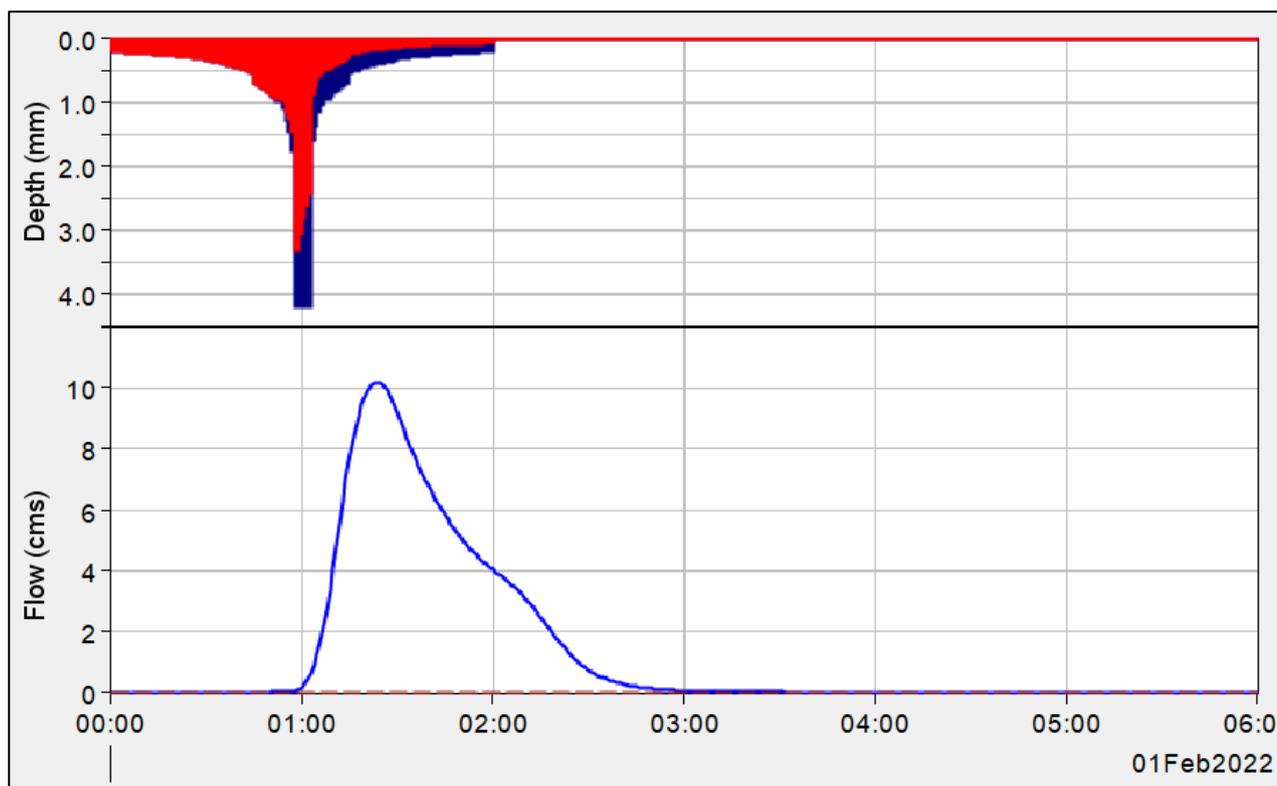


Figura 18 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.1

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	43 di 56

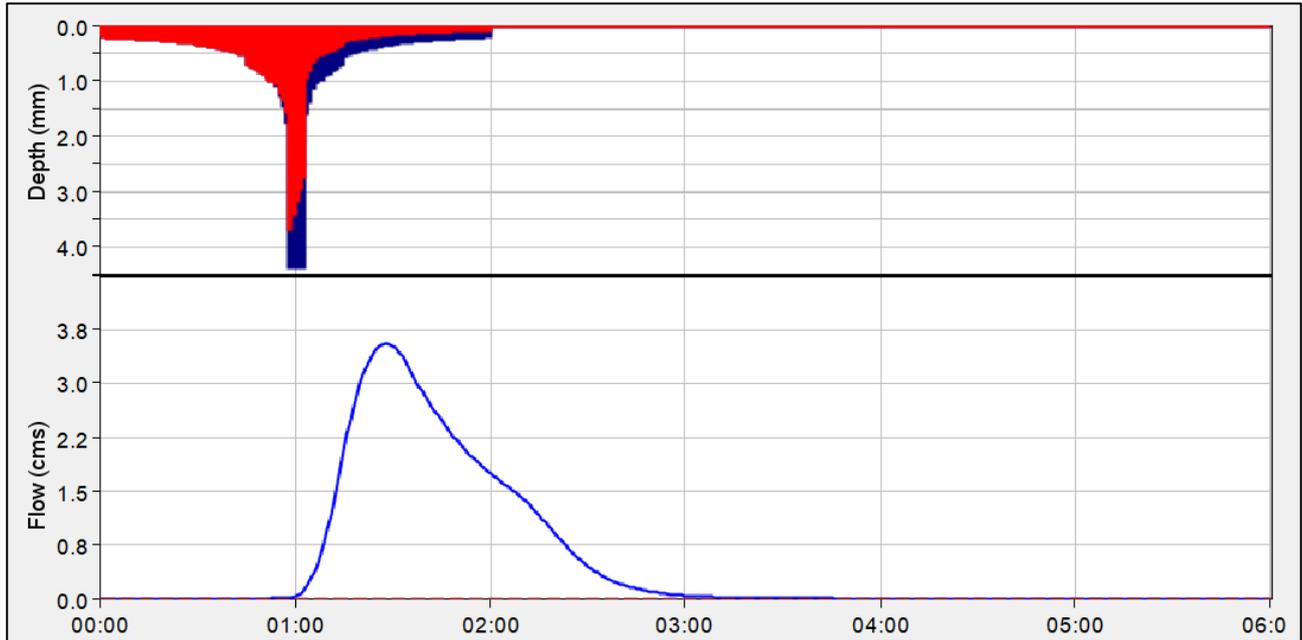


Figura 19 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.2

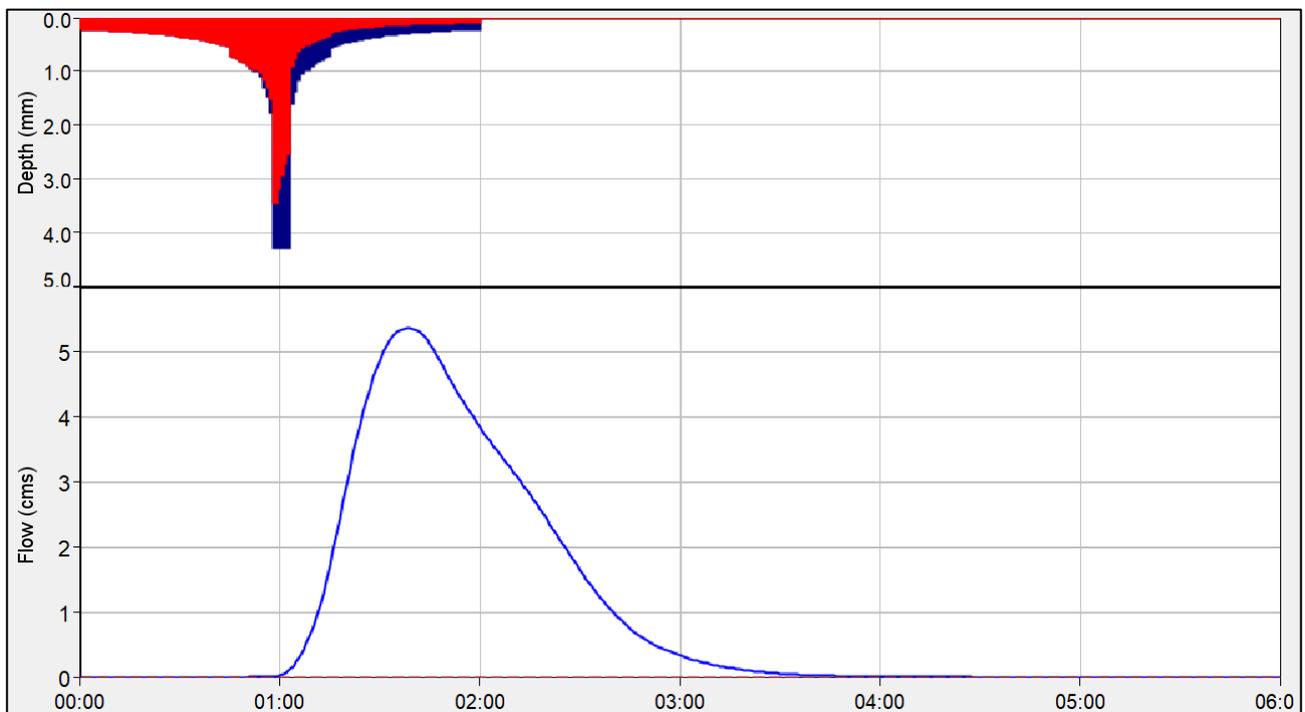


Figura 20 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.3

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	44 di 56

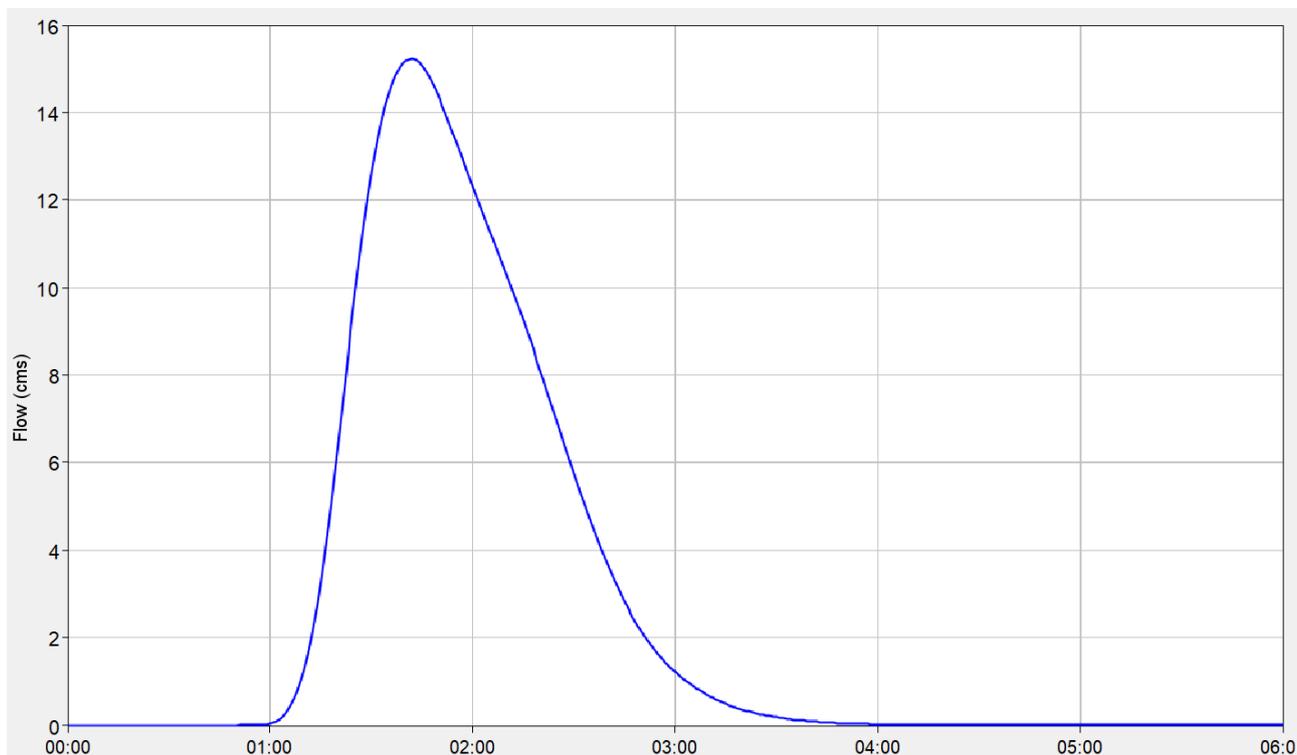


Figura 21 - Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.01

7.2 Bacino SB.02

Il bacino SB.02, riportato in Figura 22, comprende al suo interno l'interferenza I.IDR.02, riguarda un affluente del fiume Torto e la relativa sezione di chiusura è situata presso l'affluenza del corso d'acqua prima citato.

Il bacino è stato diviso in tre sotto-bacini, SB.02.1, SB.02.2 ed SB.02.3 al fine di valutare l'idrogramma di piena sia a monte che a valle dell'interferenza in esame.

La stima del parametro CN è stata condotta sovrapponendo la mappa della litologia del suolo (si fa riferimento all'elaborato CARTA GEOLOGICA) alla carta dell'Uso del Suolo alla scala 1:10000 della regione Sicilia aggiornata al 2008 ed elaborata dal progetto Corine Land Cover. I valori del parametro CN sono riportati nelle tabelle illustrate nel seguito.

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	45 di 56

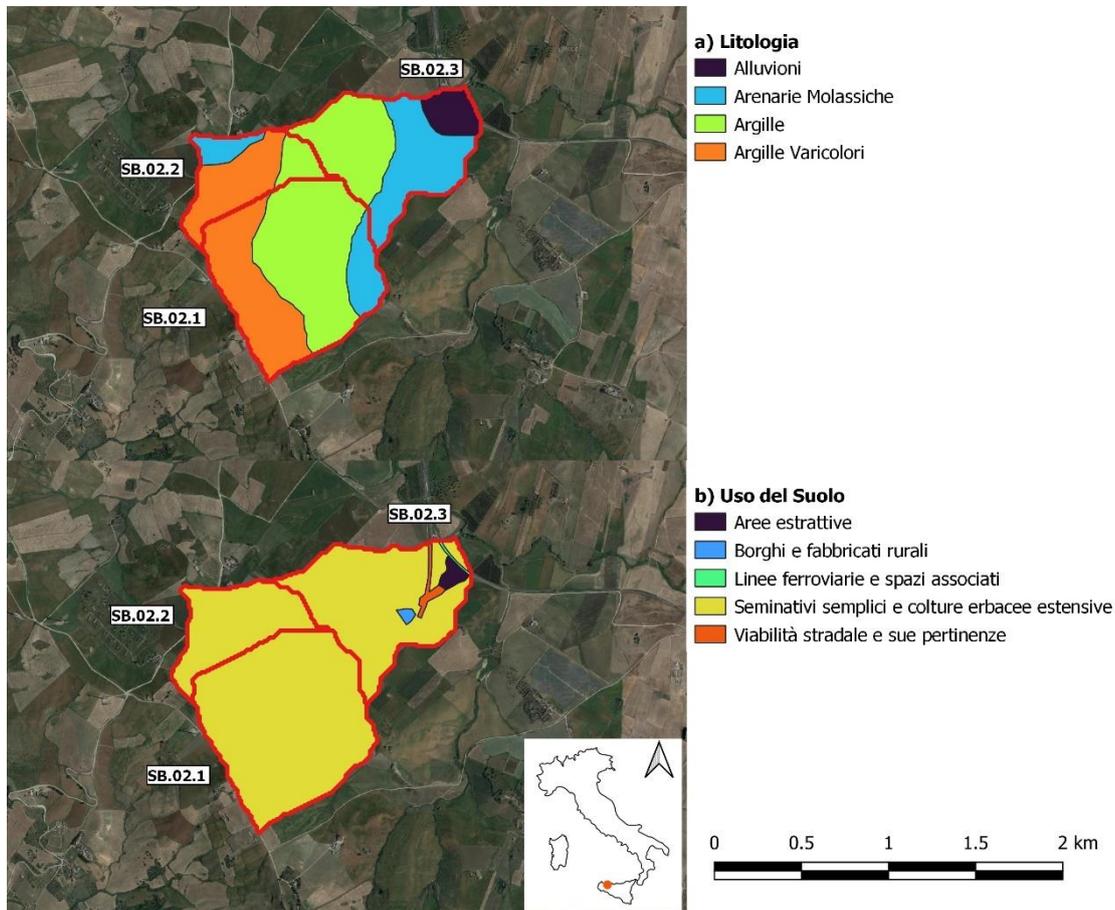


Figura 22 - Bacino SB.02 in riferimento alla mappa geolitologica (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2008 secondo progetto CLC a alla scala 1:10000 (b)

Tabella 11 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.1

ID	Tipo Suolo	Uso del Suolo	CN	Area [m ²]	Percentuale Area [%]
1	tra A e B	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	67	85392	10.5161
2	tra B e C	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	75	297344	36.6180
3	D	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	81	429279	52.8659

Tabella 12 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.2

<i>ID</i>	<i>Tipo Suolo</i>	<i>Uso del Suolo</i>	<i>CN</i>	<i>Area [m²]</i>	<i>Percentuale Area [%]</i>
1	tra A e B	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	67	46175.235	16.5783
2	tra B e C	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	75	177372.54	63.6822
3	D	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	81	54979.701	19.7394

Tabella 13 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.3

<i>ID</i>	<i>Tipo Suolo</i>	<i>Uso del Suolo</i>	<i>CN</i>	<i>Area</i>	<i>Percentuale Area [%]</i>
1	A	Aree estrattive	61	16518	3.0028
2	A	Linee ferroviarie e spazi associati	76	3531	0.6419
3	A	Viabilità stradale e sue pertinenze	98	4443	0.8076
4	A	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	62	48005	8.7266
5	tra A e B	Aree estrattive	66	601	0.1092
6	tra A e B	Borghi e fabbricati rurali	84	5856	1.0645
7	tra A e B	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	67	229949	41.8016
8	tra B e C	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	75	1363	0.2477
9	D	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	81	229612	41.7404
10	tra A e B	Viabilità stradale e sue pertinenze	98	10218	1.8576

La stima del parametro *CN* per i sotto-bacini in esame e per il totale bacino SB.02 è stata effettuata attraverso una media pesata dei parametri delle diverse zone, utilizzando come peso la percentuale d'area occupata rispetto all'area totale.

In seguito alla determinazione dei parametri per la separazione delle piogge efficaci dalle precipitazioni totali, si procede con la stima del tempo di corrivazione secondo formula di Mockus, relazione (18), e di

conseguenza del tempo di ritardo, lag time. Infine, si procede secondo direttive VAPI descritte nel Capitolo 6.2, con la stima dell'altezza di precipitazione da curve di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno pari a 200 anni e di durata pari al tempo di corrivazione.

I valori delle altezze di precipitazione ottenuti sono stati moltiplicati per il coefficiente di riduzione areale K_A da relazione (5), variabile per ogni sub-bacino dell'area in esame e dipendente dalla durata dell'evento, in tal caso il tempo di corrivazione. La tabella seguente riporta i parametri per la costituzione dello ietogramma di progetto.

Tabella 14 - Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.02 e relativi sotto-bacini

	<i>A [km²]</i>	<i>CN</i>	<i>L principale [km]</i>	<i>P. media</i>	<i>t. corriv. [h]</i>	<i>t. ritardo [h]</i>	<i>K_A</i>	<i>h(tc)₂₀₀ × K_A</i>
SB.02	1.64	76	2.89	0.15	1.13	0.68	0.95	61.37
SB.02.1	0.81	77	1.41	0.17	0.47	0.28	0.94	44.37
SB.02.2	0.28	75	1.17	0.15	0.47	0.28	0.96	45.11
SB.02.3	0.55	73	1.47	0.12	0.66	0.40	0.96	51.33

In conclusione, avendo come input un evento di precipitazione per valore bi-centenario del tempo di ritorno e di durata pari al tempo di corrivazione del bacino totale con tali caratteristiche, e schematizzando il modello idrologico come descritto nel paragrafo 6.4, si ottengono i relativi idrogrammi di piena alle sezioni di chiusura dei sotto-bacini SB.02.1, SB.02.2, SB.02.3 riportati in Figura 23, Figura 24, Figura 25.

L'idrogramma totale presso la sezione di chiusura del bacino SB.02, dato dal contributo di entrambi i sotto-bacini, è riportato nella Figura 26.

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	48 di 56

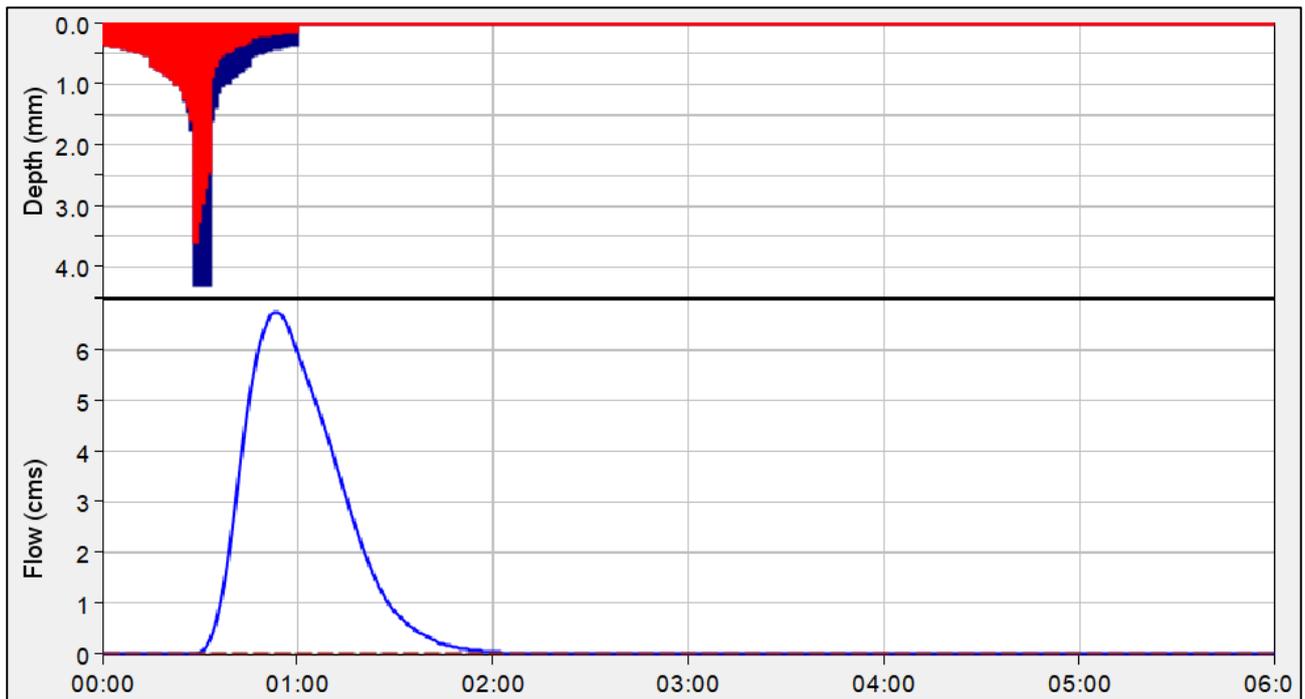


Figura 23 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.02.1

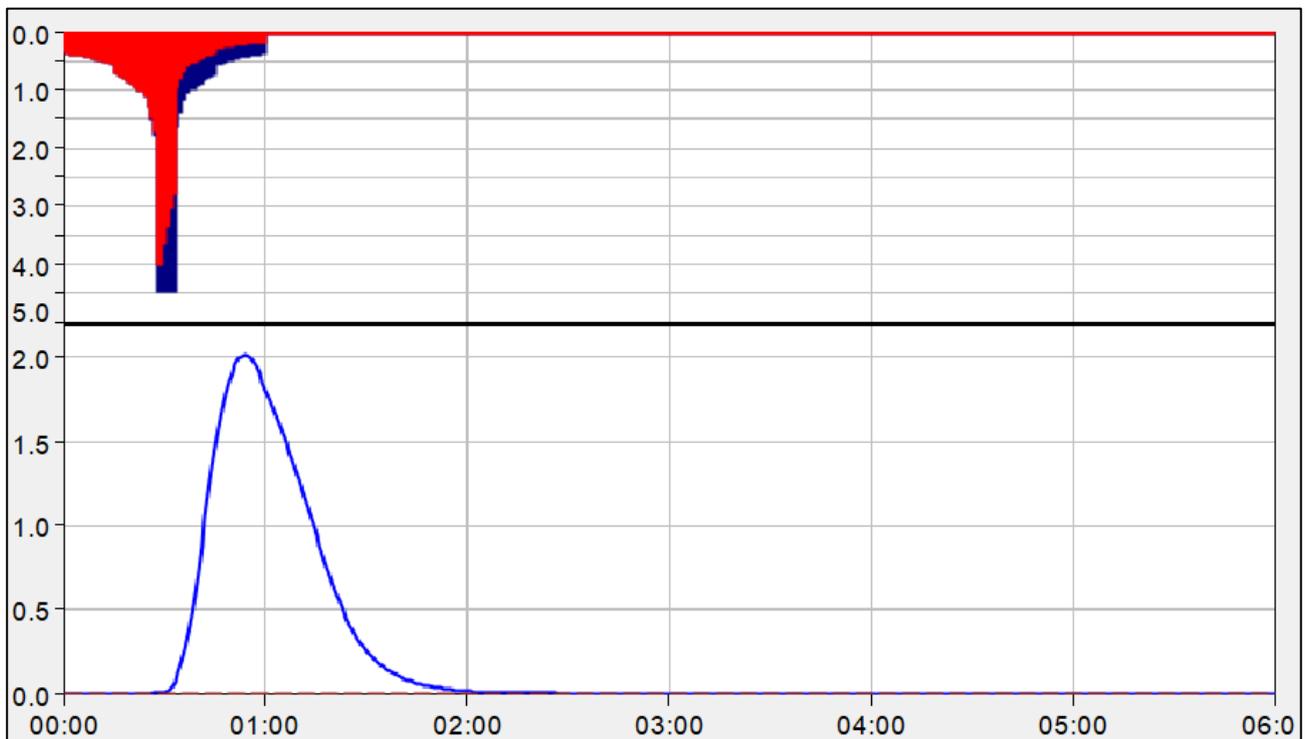


Figura 24 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.02.2

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	49 di 56

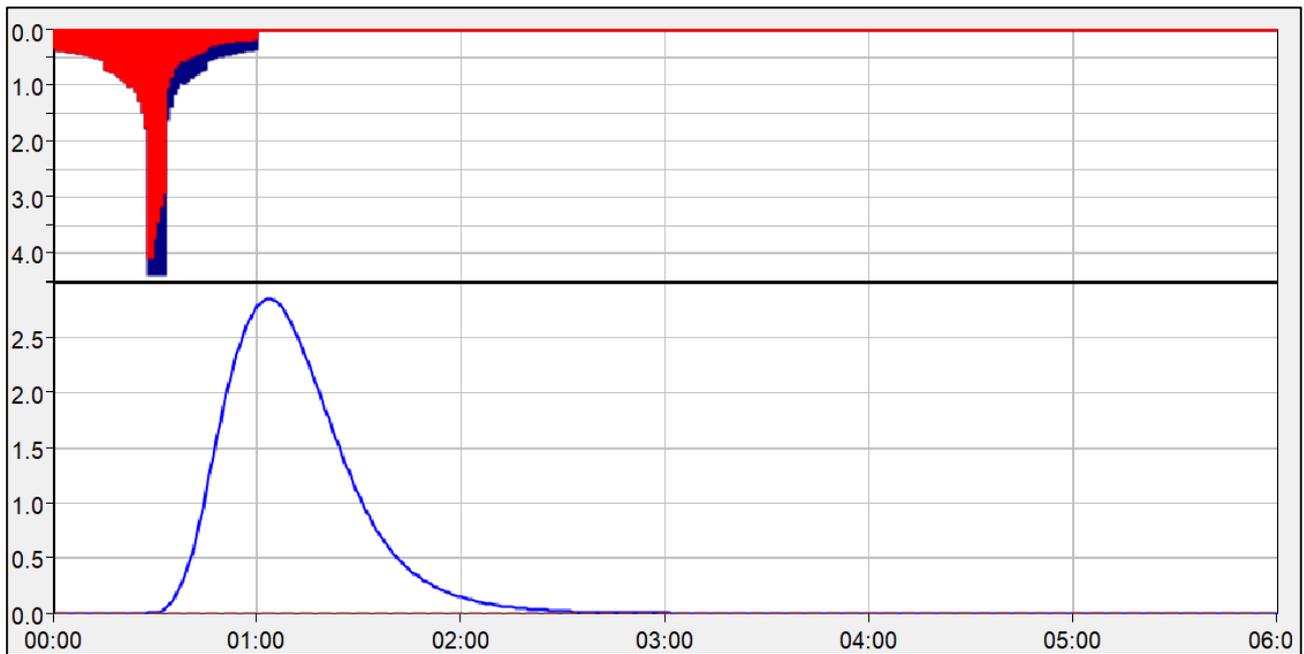


Figura 25 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.02.3

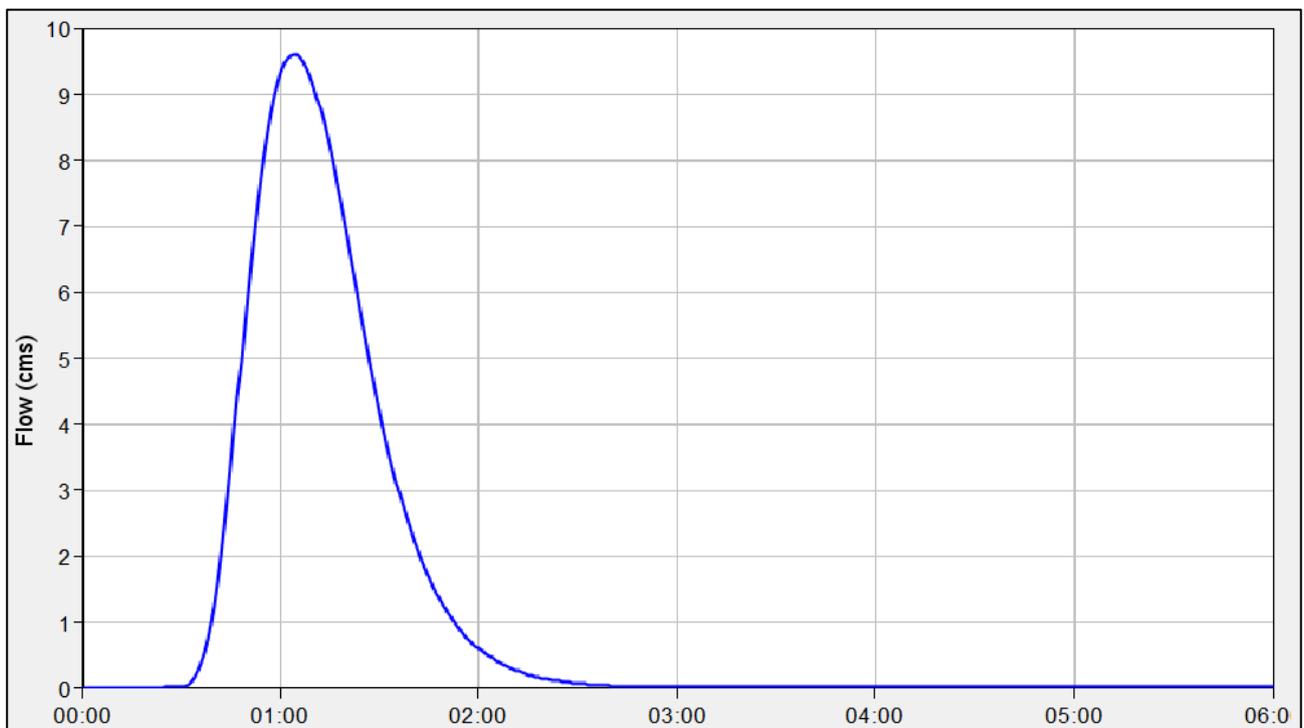


Figura 26 – Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.02

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	50 di 56

7.3 Bacino SB.03

Il bacino SB.03, riportato in Figura 27, comprende al suo interno l'interferenza I.IDR.03, riguarda un affluente secondario del fiume Torto e la relativa sezione di chiusura è situata presso l'affluenza del corso d'acqua prima citato.

Il bacino è stato diviso in quattro sotto-bacini, SB.03.1, SB.03.2, SB.03.3 ed SB.03.4 al fine di valutare l'idrogramma di piena sia a monte che a valle dell'interferenza in esame.

La stima del parametro CN è stata condotta sovrapponendo la mappa della litologia del suolo (si fa riferimento all'elaborato "FV.CST01.PD.A.02.2 – Carta Geologica") alla carta dell'Uso del Suolo alla scala 1:10000 della regione Sicilia aggiornata al 2008 ed elaborata dal progetto Corine Land Cover. I valori del parametro CN sono riportati nelle tabelle illustrate nel seguito.

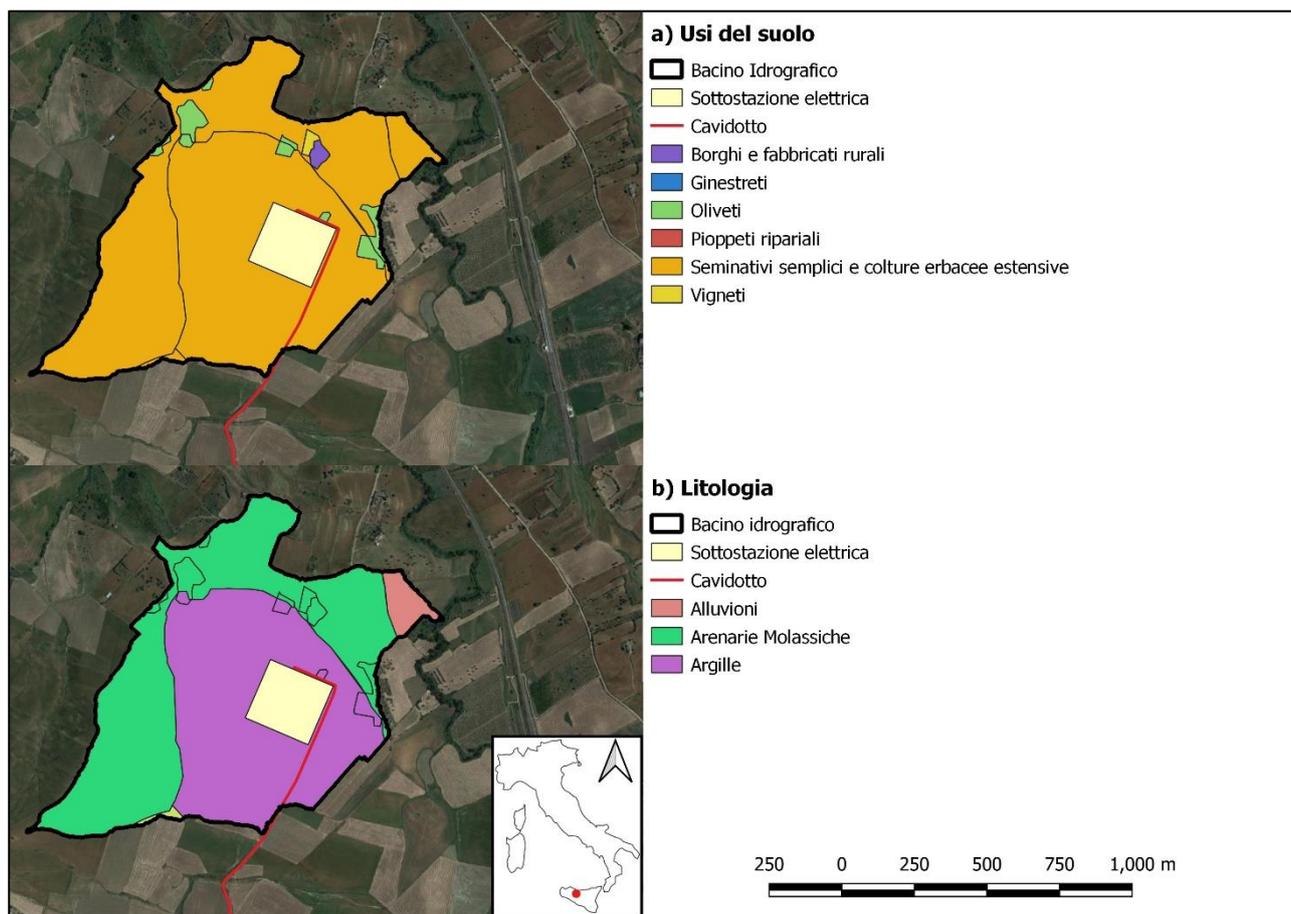


Figura 27 - Bacino SB.03 in riferimento alla mappa geolitologica (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2008 secondo progetto CLC a alla scala 1:10000 (b)

Tabella 15 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.1

<i>ID</i>	<i>Tipo Suolo</i>	<i>Uso del suolo</i>	<i>CN</i>	<i>Area [m²]</i>	<i>Percentuale Area [%]</i>
1	tra A e B	Oliveti	56	11714	5.340
2	tra A e B	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	67	207612	94.637
3	tra A e B	Ginestreti	53	52	0.024

Tabella 16 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.2

<i>ID</i>	<i>Tipo Suolo</i>	<i>Uso del suolo</i>	<i>CN</i>	<i>Area [m²]</i>	<i>Percentuale Area [%]</i>
1	tra A e B	Oliveti	56	4147	1.831
2	tra A e B	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	67	88177	38.938
3	tra B e C	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	75	3376	1.491
4	D	Oliveti	83	4972	2.196
5	D	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	81	125783	55.544

Tabella 17 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.3

<i>ID</i>	<i>Tipo Suolo</i>	<i>Uso del suolo</i>	<i>CN</i>	<i>Area [m²]</i>	<i>Percentuale Area [%]</i>
1	tra A e B	Borghi e fabbricati rurali	84	2475	3.187
2	tra A e B	Vigneti	61	2502	3.222
3	tra A e B	Oliveti	56	1061	1.366
4	tra A e B	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	67	17292	22.266
5	D	Oliveti	83	4723	6.082
6	D	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	81	49607	63.877

Tabella 18 - Parametri CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.4

<i>ID</i>	<i>Tipo Suolo</i>	<i>Uso del suolo</i>	<i>CN</i>	<i>Area [m²]</i>	<i>Percentuale Area [%]</i>
1	A	21121	62	23940	25.511
2	A	31163	35	123	0.131
3	tra A e B	1122	84	1719	1.832
4	tra A e B	221	61	433	0.462

5	tra A e B	223	56	1589	1.694
6	tra A e B	21121	67	66002	70.333
7	D	21121	81	35	0.037

La stima del parametro CN per i sotto-bacini in esame e per il totale bacino SB.03 è stata effettuata attraverso una media pesata dei parametri delle diverse zone, utilizzando come peso la percentuale d'area occupata rispetto all'area totale.

In seguito alla determinazione dei parametri per la separazione delle piogge efficaci dalle precipitazioni totali, si procede con la stima del tempo di corrivazione secondo formula di Mockus, relazione (18), e di conseguenza del tempo di ritardo, lag time. Infine, si procede, secondo direttive VAPI descritte nel Capitolo 6.2, con la stima dell'altezza di precipitazione da curve di possibilità pluviometrica per tempo di ritorno pari a 200 anni e di durata pari al tempo di corrivazione.

I valori delle altezze di precipitazioni ottenute sono stati moltiplicati per il coefficiente di riduzione areale K_A da relazione (5), variabile per ogni sub-bacino dell'area in esame e dipendente dalla durata dell'evento, in tal caso il tempo di corrivazione. La tabella seguente riporta i parametri per la costituzione dello ietogramma di progetto.

Tabella 19 - Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.03 e relativi sotto-bacini

	$A [km^2]$	CN	$L_{principale} [km]$	$P. media$	$t. corriv. [h]$	$t. ritardo [h]$	K_A	$h(tc)_{200 \times K_A}$
SB.03	0.62	71	2.52	0.13	1.31	0.78	0.96	65.48
SB.03.1	0.22	66	1.19	0.14	0.61	0.37	0.97	50.48
SB.03.2	0.23	75	1.61	0.12	0.67	0.40	0.97	52.29
SB.03.3	0.08	77	0.70	0.12	0.33	0.20	0.97	39.91
SB.03.4	0.09	66	0.63	0.15	0.36	0.22	0.97	41.43

In conclusione, avendo come input un evento di precipitazione per valore bi-centenario del tempo di ritorno e di durata pari al tempo di corrivazione del bacino totale con tali caratteristiche, e schematizzando il modello idrologico come descritto nel paragrafo 6.4, si ottengono i relativi idrogrammi di piena alle sezioni di chiusura dei sotto-bacini SB.03.1, SB.03.2, SB.03.3 ed SB.03.4 riportati in Figura 28, Figura 29, Figura 30 e Figura 31.

L'idrogramma totale presso la sezione di chiusura del bacino SB.03, dato dal contributo di entrambi i sotto-bacini, è riportato nella Figura 32.

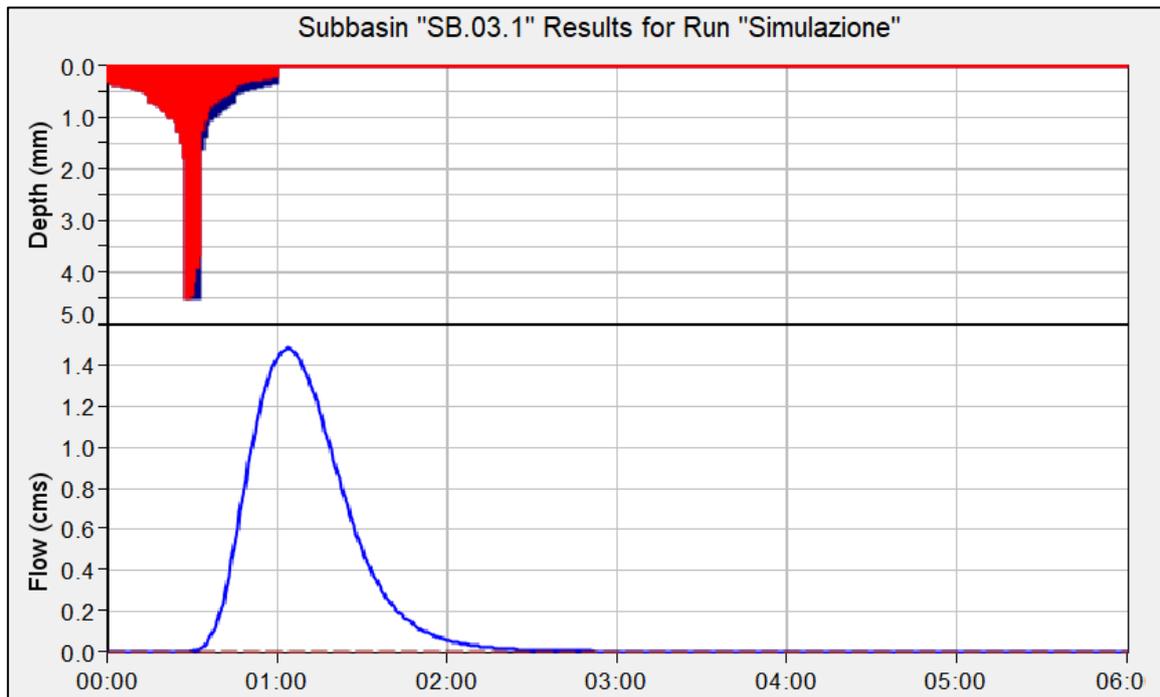


Figura 28 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.03.1

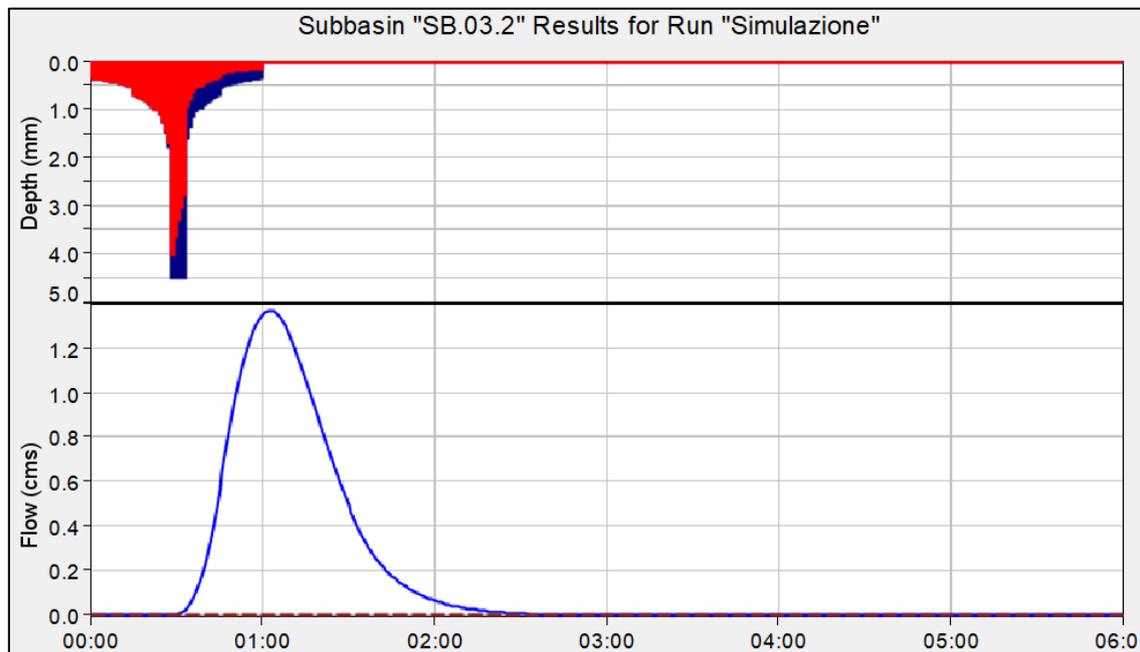


Figura 29 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.03.2

CODICE	FV.CST01.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	54 di 56

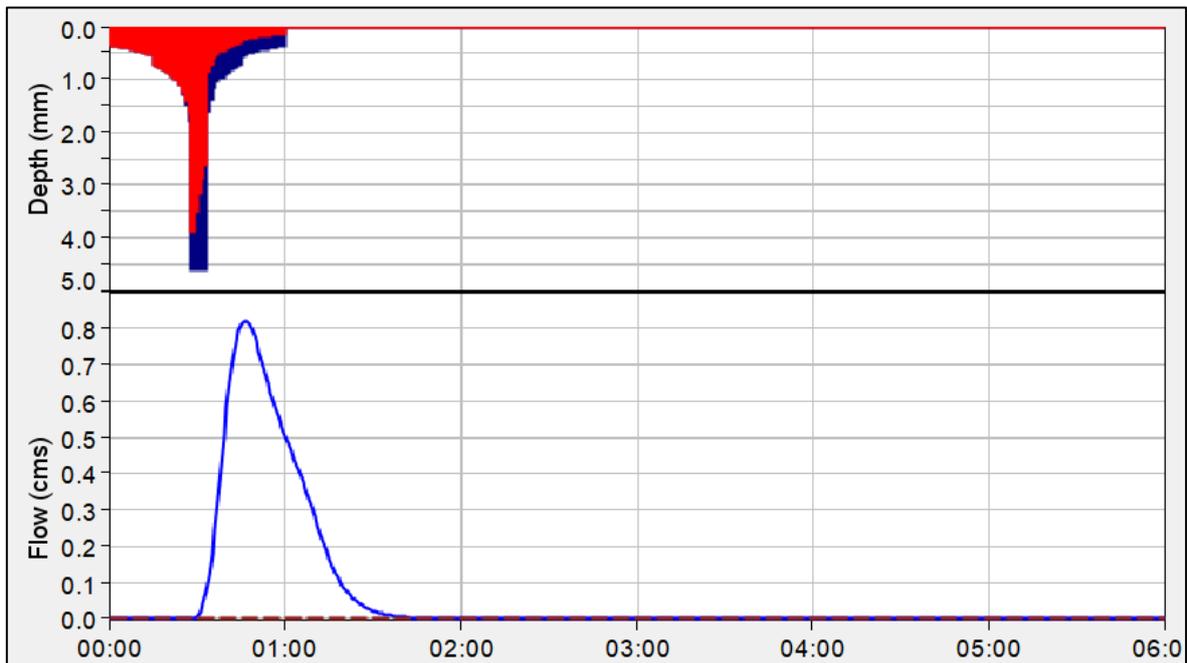


Figura 30 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.03.3

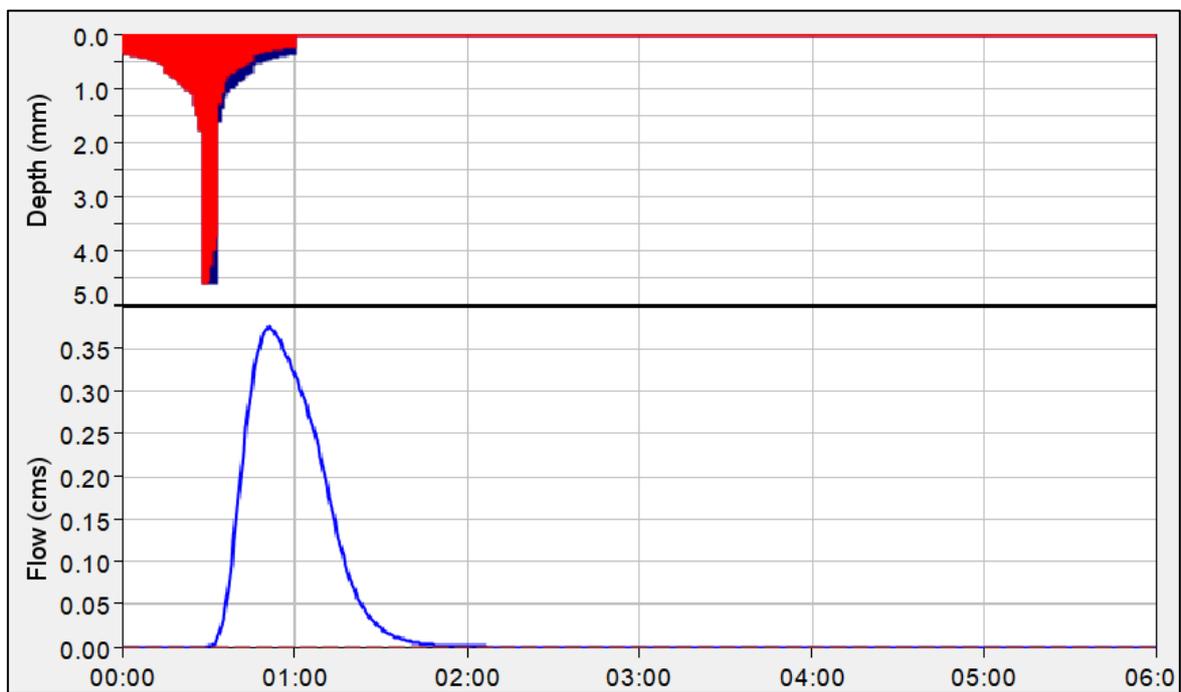


Figura 31 - Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.03.4

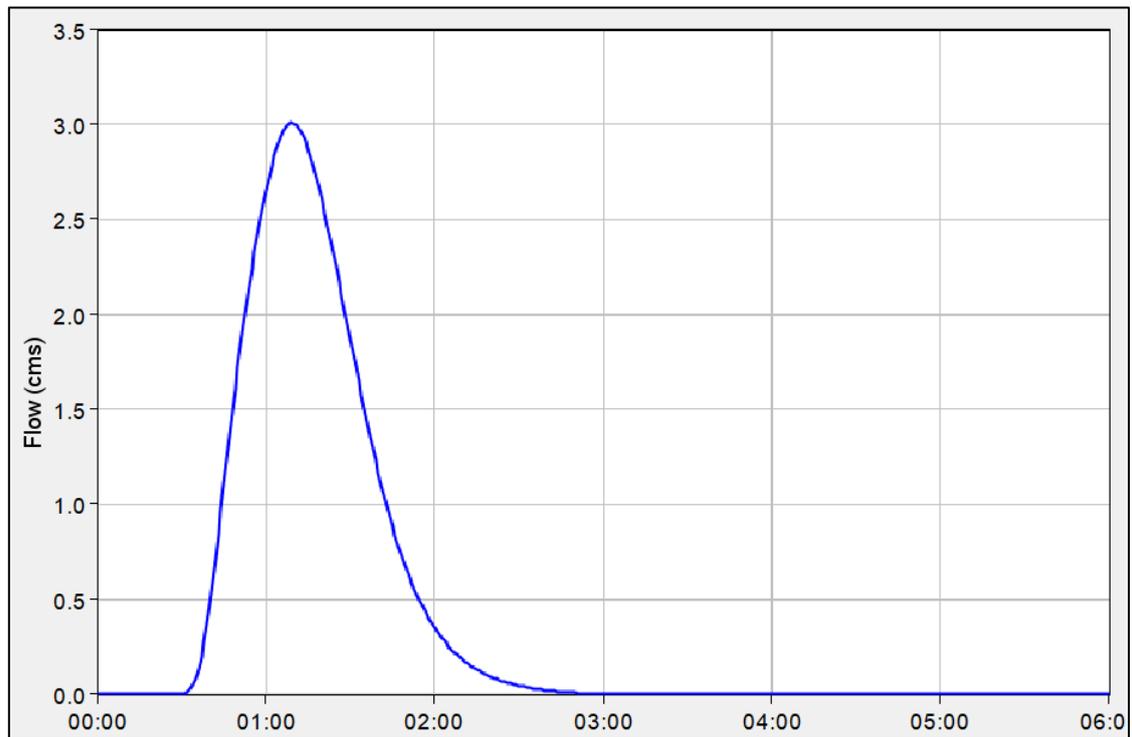


Figura 32 - Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.03

8 RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA

Il risultato del presente elaborato permette di ottenere un quadro relativo all'analisi idrologica delle aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico e del tracciato del cavidotto a 36 kV interrato. In particolare, sono stati delimitati i bacini di interesse nei quali ricadono le interferenze tra le opere di progetto e il reticolo idrografico rilevato da cartografia C.T.R. 1:10000 e sopralluoghi sul posto.

Per tali bacini si è proceduto quindi con l'analisi morfologica e l'individuazione delle caratteristiche idrogeomorfologiche salienti, attraverso le quali sono stati stimati i possibili deflussi generati da eventi relativi al valore del tempo di ritorno pari a 200 anni e di durata pari al tempo di corrivazione, essendo questo l'evento critico per le aste fluviali prive di regolazione dei deflussi.

Gli idrogrammi ottenuti nelle sezioni di chiusura a monte delle intersezioni individuate sono adoperati per lo studio di compatibilità idraulica delle opere di progetto con il reticolo idrografico, al fine di determinare la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica (si rimanda all'elaborato FV.CST01.PD.A.07 – "Relazione Idraulica").