

REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI PALERMO
COMUNE DI MONREALE
LOCALITÀ PIETRALUNGA

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 16,09 MWp E POTENZA NOMINALE PARI A 15,64 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE A - RELAZIONI GENERALI

Elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA

Nome file stampa:

FV.MNR02.PD.A.06.pdf

Codifica Regionale:

RS12REL0007A0

Scala:

XX

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

FV.MNR02.PD.A.06

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY FINANCE S.p.A.

Piazza San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 15773121007



E-WAY FINANCE S.p.A.
P.zza San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
C.F./P.Iva 15773121007

Progettista:

E-WAY FINANCE S.p.A.

Piazza San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 15773121007



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV.MNR02.PD.A.06	00	04/2022	D. Genco/A. Castelluccio	A.Bottone	A.Bottone

E-WAY FINANCE S.p.A.
www.ewayfinance.it

Sede legale
Piazza San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
tel. +39 0694414500

Sede operativa
Via Provinciale, 5
84044 ALBANELLA (SA)
tel. +39 0828984561

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	2 di 99

INDICE

1	PREMESSA.....	12
2	INTRODUZIONE	13
3	METODO DI ANALISI	15
4	LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI	16
4.1	Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell’A.d.B.	16
4.1.1	Inquadramento rispetto al reticolo idrografico	16
4.1.2	Inquadramento rispetto al clima	17
4.2	Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia	17
4.2.1	Compatibilità degli interventi rispetto al P.A.I.....	17
4.2.2	Compatibilità degli interventi rispetto le Norme di Attuazione	Errore. Il segnalibro non è definito.
4.3	Interferenze tra le opere di progetto ed il reticolo idrografico.....	20
4.3.1	Aree adibite all’istallazione del campo fotovoltaico	20
4.3.2	Viabilità a servizio del campo fotovoltaico	20
4.3.3	Tracciato del cavidotto a 36 kV interrato per il collegamento del campo fotovoltaico alla stazione di trasformazione.....	21
5	ANALISI MORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI	24
5.1	Inquadramento geomorfologico	24
5.2	Analisi morfologica dei bacini idrografici	26
6	ANALISI IDROLOGICA.....	30
6.1	Generalità del progetto VAPI per la regione Sicilia.....	30
6.2	Analisi idrologica del progetto VAPI per la regione Sicilia.....	30
6.2.1	Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica in Sicilia	31
6.3	Calcolo delle precipitazioni di progetto	35
6.4	Modellazione idrologica in HEC-HMS	36
6.4.1	SCS-CN Loss Method	37
6.4.2	SCS – Unit Hydrograph.....	41

6.4.3	Frequency Storm.....	43
6.4.4	Metodo Muskingum	43

7 RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA 45

7.1	Bacino SB.01	45
-----	--------------------	----

7.2	Bacino SB.02	52
-----	--------------------	----

7.3	Bacino SB.03	58
-----	--------------------	----

7.4	Bacino SB.04	74
-----	--------------------	----

7.5	Bacino SB.05	86
-----	--------------------	----

8 CONCLUSIONI..... 99



RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	4 di 99

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento delle opere areali su cartografia C.T.R. in relazione al reticolo idrografico e rispettive interferenze.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2: Stralcio del foglio N°162 Corleone con ubicazione dell'area di progetto.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3: Inquadramento dei bacini idrografici riguardanti le opere di progetto su modello digitale del terreno.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 4: Inquadramento dei sotto-bacini idrografici riguardanti le opere di progetto sulla mappa dell'Uso del Suolo 2012 fino al Livello III secondo progetto Corine Land Cover.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 5: Sottozone omogenee.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 6: Carta delle iso-n.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 7: Carta delle iso-a.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 8: Rapporto tra Precipitazione totale e precipitazione cumulata al variare del parametro CN.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 9: Idrogramma istantaneo unitario (IUH).....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 10: Esempio di ietogramma Chicago.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 11: Schematizzazione del volume immagazzinato tra due sezioni di un'asta fluviale secondo metodo Muskingum.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 12: Bacino SB.01 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno e alla modellazione in HEC-HMS.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 13: Bacino SB.01 in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000 (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2012 secondo progetto CLC al III livello (b).....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 14: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.1.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 15: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.2.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 16: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.01.3.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 17: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.4.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 18: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.5.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 19: Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.01.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 20: Bacino SB.02 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno e alla modellazione in HEC-HMS.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 21: Bacino SB.02 in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000 (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2012 secondo progetto CLC al III livello (b).....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 22: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.02.1.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 23: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.02.2.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 24: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.02.3.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 25: Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.02.....</i>	<i>57</i>

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	6 di 99

Figura 26: Bacino SB.03 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno e alla modellazione in HEC-HMS 58

Figura 27: Bacino SB.03 in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000 (a) e alla mappa dell’Uso del Suolo del 2012 secondo progetto CLC al III livello (b)..... 59

Figura 28: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.1..... 64

Figura 29: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.2..... 64

Figura 30: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.3..... 65

Figura 31: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.4..... 65

Figura 32: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.5..... 66

Figura 33: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.6..... 66

Figura 34: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.7..... 67

Figura 35: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.8..... 67

Figura 36: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.9..... 68

Figura 37: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.10..... 68

Figura 38: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.11..... 69

Figura 39: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.12..... 69

Figura 40: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.13..... 70

Figura 41: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.14..... 70

Figura 42: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.15..... 71

Figura 43: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.16..... 71

Figura 44: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.17..... 72

Figura 45: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.18..... 72

Figura 46: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.19..... 73

Figura 47: Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.03 73

Figura 48: Bacino SB.04 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno e alla modellazione in HEC-HMS 74

Figura 49: Bacino SB.04 in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000 (a) e alla mappa dell’Uso del Suolo del 2012 secondo progetto CLC al III livello (b)..... 75

Figura 50: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.1..... 78

Figura 51: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.2..... 79

Figura 52: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.3..... 79

Figura 53: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.4..... 80

Figura 54: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.5..... 80

Figura 55: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.6..... 81

Figura 56: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.7..... 81

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	7 di 99

Figura 57: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.8..... 82

Figura 58: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.9..... 82

Figura 59: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.10..... 83

Figura 60: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.11..... 83

Figura 61: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.12..... 84

Figura 62: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.13..... 84

Figura 63: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.14..... 85

Figura 64: Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.04 85

Figura 65: Bacino SB.05 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno e alla modellazione in HEC-HMS 86

Figura 66: Bacino SB.05 in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000 (a) e alla mappa dell’Uso del Suolo del 2012 secondo progetto CLC al III livello (b)..... 87

Figura 67: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.1..... 91

Figura 68: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.2..... 92

Figura 69: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.3..... 92

Figura 70: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.4..... 93

Figura 71: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.5..... 93

Figura 72: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.6..... 94

Figura 73: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.7..... 94

Figura 74: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.8..... 95

Figura 75: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.9..... 95

Figura 76: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.10..... 96

Figura 77: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.11..... 96

Figura 78: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.12..... 97

Figura 79: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.13..... 97

Figura 80: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.14..... 98

Figura 81: Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.05 98



RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	8 di 99

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Coordinate delle aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico in coordinate WGS 84 UTM fuso 33</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 2: Interferenze tra le aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico e il reticolo idrografico esistente</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 3: Interferenze tra il tracciato del cavidotto MT interrato e il reticolo idrografico esistente</i>	<i>21</i>
<i>Tabella 4: Caratteristiche principali dei bacini di interesse.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabella 5: Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per l'area pluviometrica omogenea SZO A in riferimento ai sotto-bacini del caso studio</i>	<i>35</i>
<i>Tabella 6: Classificazione del tipo idrologico del suolo in base alla litologia del territorio secondo N.R.C.S.</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 7: Tipo di copertura ed uso del suolo</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 8: Classe AMC in riferimento all'altezza di pioggia cumulata nei cinque giorni precedenti all'evento</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 9: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.1</i>	<i>46</i>
<i>Tabella 10: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.2</i>	<i>47</i>
<i>Tabella 11: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.3</i>	<i>47</i>
<i>Tabella 12: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.4</i>	<i>47</i>
<i>Tabella 13: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.5</i>	<i>47</i>
<i>Tabella 14: Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.01 e relativi sotto-bacini</i>	<i>48</i>
<i>Tabella 15: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.1</i>	<i>53</i>
<i>Tabella 16: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.2</i>	<i>53</i>
<i>Tabella 17: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.3</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 18: Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.02 e relativi sotto-bacini</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 19: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.1</i>	<i>59</i>
<i>Tabella 20: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.2</i>	<i>59</i>
<i>Tabella 21: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.3</i>	<i>60</i>
<i>Tabella 22: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.4</i>	<i>60</i>
<i>Tabella 23: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.5</i>	<i>60</i>
<i>Tabella 24: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.6</i>	<i>60</i>
<i>Tabella 25: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.7</i>	<i>60</i>
<i>Tabella 26: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.8</i>	<i>60</i>
<i>Tabella 27: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.9</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 28: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.10</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 29: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.11</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 30: : Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.12</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 31: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.13</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 32: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.14</i>	<i>61</i>

<i>Tabella 33: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.15</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 34: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.16</i>	<i>62</i>
<i>Tabella 35: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.17</i>	<i>62</i>
<i>Tabella 36: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.18</i>	<i>62</i>
<i>Tabella 37: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.19</i>	<i>62</i>
<i>Tabella 38: Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.03 e relativi sotto-bacini</i>	<i>63</i>
<i>Tabella 39: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.1</i>	<i>75</i>
<i>Tabella 40: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.2</i>	<i>75</i>
<i>Tabella 41: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.3</i>	<i>75</i>
<i>Tabella 42: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.4</i>	<i>76</i>
<i>Tabella 43: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.5</i>	<i>76</i>
<i>Tabella 44: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.6</i>	<i>76</i>
<i>Tabella 45: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.7</i>	<i>76</i>
<i>Tabella 46: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.8</i>	<i>76</i>
<i>Tabella 47: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.9</i>	<i>76</i>
<i>Tabella 48: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.10</i>	<i>76</i>
<i>Tabella 49: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.11</i>	<i>76</i>
<i>Tabella 50: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.12</i>	<i>77</i>
<i>Tabella 51: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.13</i>	<i>77</i>
<i>Tabella 52: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.14</i>	<i>77</i>
<i>Tabella 53: Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.04 e relativi sotto-bacini</i>	<i>77</i>
<i>Tabella 54: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.1</i>	<i>87</i>
<i>Tabella 55: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.2</i>	<i>87</i>
<i>Tabella 56: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.3</i>	<i>88</i>
<i>Tabella 57: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.4</i>	<i>88</i>
<i>Tabella 58: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.5</i>	<i>88</i>
<i>Tabella 59: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.6</i>	<i>88</i>
<i>Tabella 60: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.7</i>	<i>88</i>
<i>Tabella 61: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.8</i>	<i>88</i>
<i>Tabella 62: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.9</i>	<i>89</i>
<i>Tabella 63: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.10</i>	<i>89</i>
<i>Tabella 64: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.11</i>	<i>89</i>
<i>Tabella 65: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.12</i>	<i>89</i>
<i>Tabella 66: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.13</i>	<i>89</i>
<i>Tabella 67: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.14</i>	<i>90</i>



RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	11 di 99

Tabella 68: Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.05 e relativi sotto-bacini 90

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, denominato "Pietralunga", sito in agro di Monreale (PA).

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 16,09 MWp e una potenza nominale di 15,64 MW ed è costituito dalle seguenti sezioni principali:

- 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 mono-assiale (tracker);
- Una stazione di conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station" per ogni sottocampo dell'impianto;
- Una Cabina di Raccolta e Misura a 36 kV;
- Linee elettriche a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione delle Power Station con la Cabina di Raccolta e Misura;
- Una linea elettrica a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la Stazione Elettrica in fase autorizzativa "Monreale 3" 36/220 kV;

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way Finance S.p.A., avente sede legale in Piazza San Lorenzo in Lucina, 4 - 00186 Roma (RM), P.IVA 15773121007.

2 INTRODUZIONE

Il presente elaborato ha come scopo l'analisi della compatibilità idrologica e idraulica (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.07 – “Relazione idraulica”*) delle opere di progetto, 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.

Ai fini dello studio sono state individuate le interferenze tra soluzione progettuale d'impianto e il reticolo idrografico, utilizzando come fonti ufficiali la C.T.R. alla scala 1:10000 della regione Sicilia e la cartografia I.G.M. (Istituto Geografico Militare) alla scala 1:25000.

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 (*FV.MNR02.PD.A.07 – “Relazione idraulica”*).

Nel seguito sono illustrate le opere che insistono sulle aste del reticolo idrografico e le modalità di ripristino della sicurezza idraulica. La Figura 1 riporta l'inquadramento delle opere su cartografia C.T.R. e in relazione al reticolo idrografico ed alle relative interferenze (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.08 – “Interferenze con reticolo idrografico da carte CTR, IGM e Ortofoto”*).

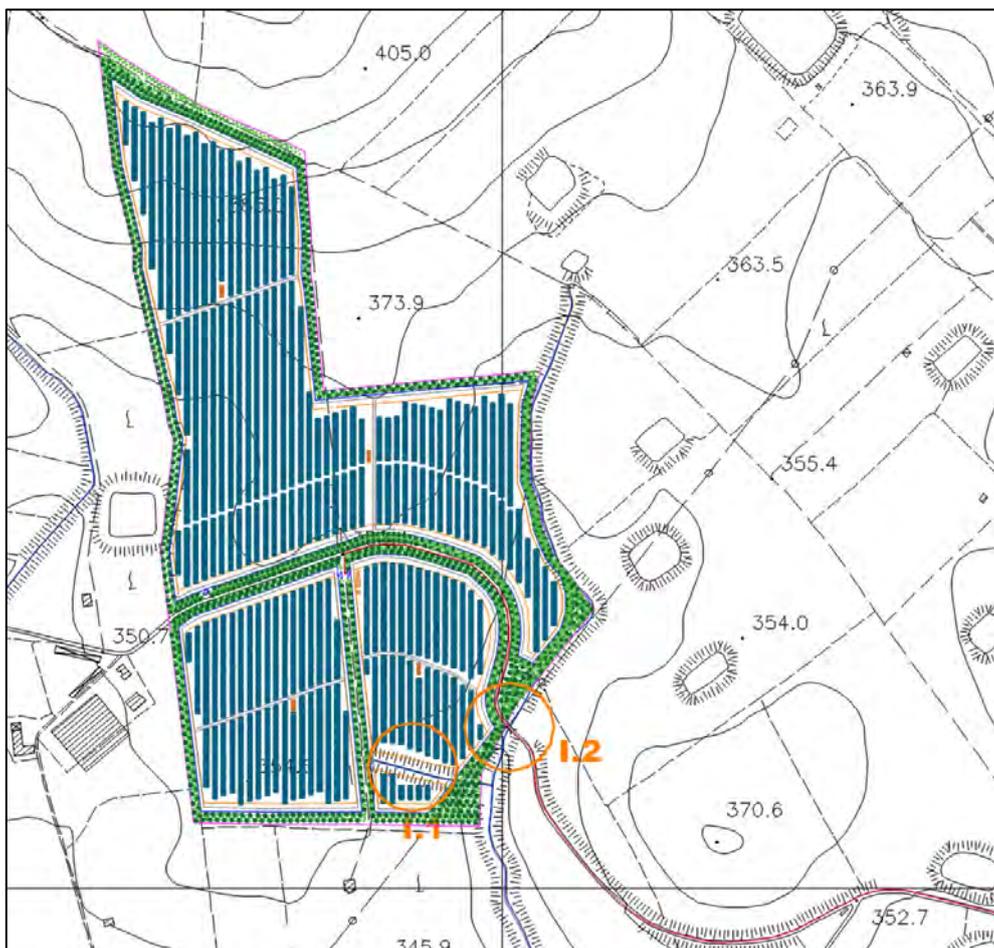


Figura 1: Inquadramento delle opere areali su cartografia C.T.R. in relazione al reticolo idrografico e rispettive interferenze

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'AdB (Autorità di Bacino) del Distretto idrografico della Sicilia.

L'area di progetto ricade interamente nel Bacino del fiume Belice. All'interno dell'area di studio è presente un denso reticolo idrografico: le opere di progetto sono interessate da numerosi affluenti del torrente Fosso della Patria, il quale confluisce nel torrente Vallone di Malvello. Quest'ultimo è il maggiore affluente di sinistra del fiume Belice Destro, uno dei tre principali affluenti del fiume Belice, da cui il bacino prende il suo nome. Gli altri due affluenti più importanti sono il Fiume Belice Sinistro e il Torrente Senore.

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

Il reticolo idrografico insistente sull'area di studio è stato identificato attraverso la cartografia C.T.R. alla scala 1:10000 (fornita dal SIT della regione) e la cartografia I.G.M. alla 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 del territorio del comune di Monreale (PA): nello specifico, le aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico sono situate a Sud dei confini col comune di San Cipirello (PA); il tracciato del cavidotto a 36 kV interrato si sviluppa in direzione Nord-Est, mantenendosi sempre all'interno dei confini del comune di Monreale.

L'area di studio ricade interamente all'interno del bacino del Fiume Belice che è il più esteso della Sicilia Occidentale. Il Fiume Belice ha vita perenne ed uno sviluppo idrografico completo. Ad una cospicua zona sorgentizia, ubicata a Sud dei Monti di Palermo e a Sud-Ovest della Rocca Busambra, segue un tratto giovanile ripido, a forte pendenza, con alveo prevalentemente roccioso. Il tratto giovanile corrisponde in grosso modo con le aste fluviali dei Fiumi Belice Destro e Belice Sinistro. A valle della confluenza tra i due fiumi, il Fiume Belice si modella tra versanti argillosi e carbonatici ed attenua la sua pendenza fino ad assumere il carattere di un fiume con decorso lento che si snoda in ampi meandri. Esso sfocia nel Mar Mediterraneo presso il comune di Castelvetro (TP).

Le opere di progetto sono situate sulla destra idraulica del Torrente Fosso della Patria, il quale confluisce nel torrente Vallone di Malvello, a sua volta confluyente nel fiume Belice Destro che trae la propria origine nella zona settentrionale del bacino, nel circondario dei comuni di S. Cristina Gela (PA) e Piana degli Albanesi (PA), dalle falde della Moarda.

Il bacino del Fiume Belice Destro si estende per circa 263 km², interessando il territorio delle province di Palermo e Trapani. Nella zona settentrionale del bacino, nella stretta tra i monti Kumena e Maganoce, è stata costruita una diga che forma l'invaso di Piana degli Albanesi. A valle del lago artificiale, il corso prosegue sotto il nome di Fiume Grande e, dopo aver ricevuto gli apporti di alcuni piccoli affluenti, prende il nome di Fiume Pietralunga. In questo tratto il fiume riceve il contributo di diversi affluenti, il più importante dei quali prende il nome di Fosso della Patria. Il fiume assume la denominazione definitiva di Belice Destro a valle della confluenza con il Vallone di Malvello, suo principale affluente di sinistra (e lungo circa 285 m).

In particolare, è possibile osservare il reticolo interessante le opere di progetto nell'elaborato FV.MNR02.PD.A.08 – "Interferenze con reticolo idrografico da carte CTR, IGM e Ortofoto".

4.1.2 Inquadramento rispetto al clima

Il P.A.I. ha individuato le caratteristiche climatiche che contraddistinguono il bacino idrografico del fiume Belice, 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 mostra un andamento piuttosto regolare. Il bacino presenta una vasta estensione territoriale, ragione per cui i dati medi relativi all'intero bacino sono puramente indicativi poiché le condizioni locali variano notevolmente a seconda della zona di bacino presa in considerazione. Per quanto riguarda le medie stagionali, esse hanno valori nella norma se si calcola l'escursione tra la temperatura media diurna e quella media notturna. Sono forti le differenze che si ricavano confrontando la temperatura massima diurna con quella minima notturna riferite al medesimo mese. Facendo riferimento al periodo compreso tra il 1965 e il 1994, nei mesi più caldi la temperatura media è pari a circa 25,7°C e si raggiungono massime superiori a 40°C; al contrario, nel mese più freddo la temperatura raggiunge valori minimi anche inferiori allo 0°. La temperatura media annua dell'intero territorio in esame è pari a 16,8 °C.

Per quanto riguarda la piovosità, riferendosi al periodo 1965-1994, il valore medio annuo è pari a circa 617,80 mm. Nell'anno più piovoso si sono registrati 948 mm di pioggia; al contrario, nell'anno meno piovoso, si sono registrati 200,8 mm di pioggia. In generale, i giorni più piovosi nell'arco di un intero anno ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale ottobre-febbraio. Le precipitazioni diventano di scarsa entità nel periodo compreso tra maggio e settembre. In definitiva, i caratteri pluviometrici delineano un clima di tipo temperato-mediterraneo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale e invernale e quasi assenti nel periodo estivo. Ciò è coerente col clima della Sicilia che è per l'appunto mediterraneo, e cioè caratterizzato da estati calde o molto calde e inverni miti e piovosi.

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 interferiscono con un corso d'acqua del reticolo idrografico: il lotto è attraversato trasversalmente da un corso d'acqua, il quale confluisce in un affluente del Vallone di Malvello alla destra idraulica. La Tabella 1 riporta le caratteristiche geografiche principali dell'area adibita all'installazione del campo fotovoltaico. La Tabella 2 riporta l'interferenza citata precedentemente.

Tabella 1: Coordinate delle aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico in coordinate WGS 84 UTM fuso 33

UTM WGS 84		Quota	Area
E [m]	N [m]	[m s.l.m.]	[km2]
342796	4195425	365	0,27

Tabella 2: Interferenze tra le aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico e il reticolo idrografico esistente

Interferenza	Tipologia d'alveo	Denominazione	Opera interferente	Area di tutela interessata
--------------	-------------------	---------------	--------------------	----------------------------

I.1	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente di Vallone di Malvello	Campo Fotovoltaico	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
-----	---	----------------------------------	--------------------	---

Per le modalità di gestione delle suddette interferenze si rimanda all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.07 – "Relazione Idraulica"*.

4.3.2 Viabilità a servizio del campo fotovoltaico

Si prevede una viabilità al servizio del campo fotovoltaico principalmente basata su tratti di strada esistenti e/o da adeguare, gli unici tratti di nuova realizzazione riguardano la viabilità interna al sito, i quali interferiscono con il reticolo idrografico negli stessi punti di interesse riportati nella Tabella 3. Si suppone che la viabilità esistente sia già stata sottoposta ad indagini riguardanti la sicurezza idraulica, essendo stata

riscontrata la presenza di opportune opere di smaltimento delle acque durante lo svolgimento di sopralluoghi in sito.

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 riscontrate delle interferenze, riportate nella tabella seguente.

Tabella 3: 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.2	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente di Vallone di Malvello	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.3	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente del Vallone di Malvello	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.4	Impluvio rinvenuto da ortofoto e spralluogo in sito	Impluvio privo di denominazione	Cavidotto	-
I.5	Impluvio rinvenuto da ortofoto e spralluogo in sito	Impluvio privo di denominazione	Cavidotto	-
I.6	Impluvio rinvenuto da ortofoto e spralluogo in sito	Impluvio privo di denominazione	Cavidotto	-
I.7	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.8	Impluvio rinvenuto da ortofoto e spralluogo in sito	Impluvio privo di denominazione	Cavidotto	-

I.9	Corso d'acqua rinvenuto da carta I.G.M. 1:25000	Affluente di Fosso Arcivocale	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.10	Impluvio rinvenuto da ortofoto e spralluogo in sito	Impluvio privo di denominazione	Cavidotto	-
I.11	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Fosso Arcivocale	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia e tutelato ai sensi dell'D.Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici
I.12	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente di Fosso Arcivocale	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.13	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente di Fosso di Palastagna	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.14	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente di Fosso di Palastagna	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.15	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.16	Corso d'acqua rinvenuto da carta I.G.M. 1:25000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.17	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.18	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente di Vallone dell'Aquila	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

I.19	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Vallone dell'Aquila	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia e tutelato ai sensi dell'D.Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici
I.20	Corso d'acqua rinvenuto da carta I.G.M. 1:25000	Affluente di Vallone dell'Aquila	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.21	Impluvio rinvenuto da ortofoto e spralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	-
I.22	Impluvio rinvenuto da ortofoto e spralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	-
I.23	Impluvio rinvenuto da ortofoto e spralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	-
I.24	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.25	Impluvio rinvenuto da ortofoto e spralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	-
I.26	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

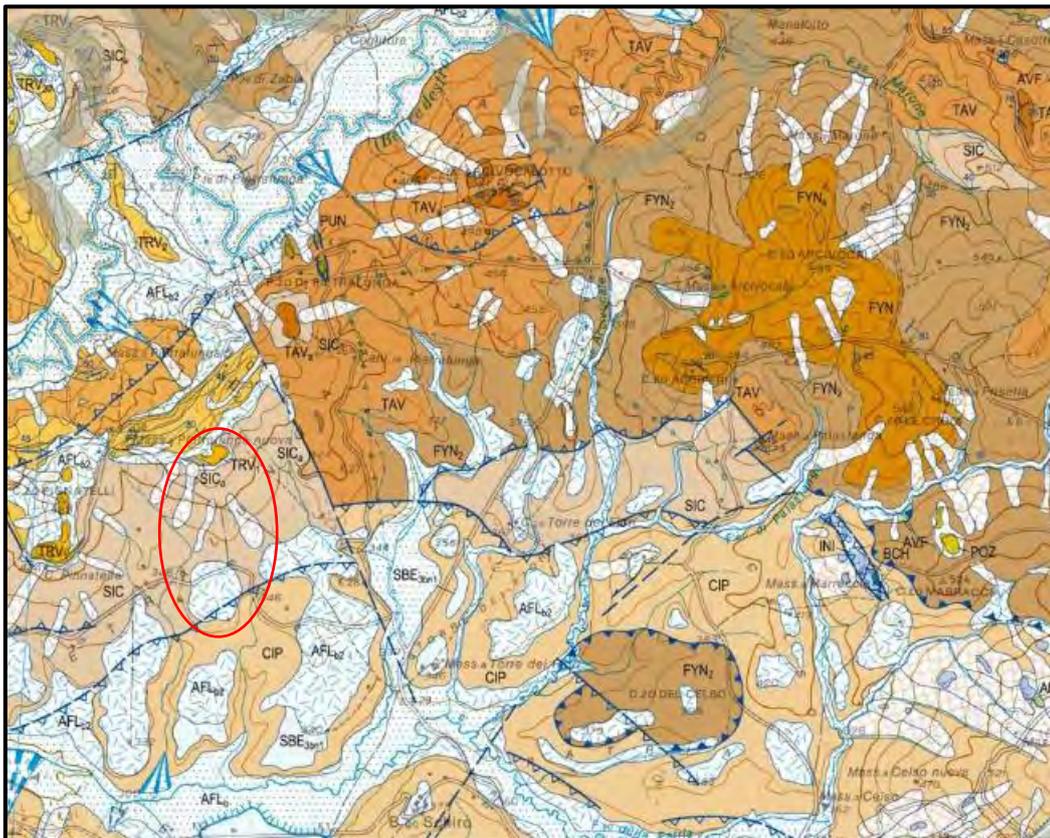
Non tutte le interferenze sopra citate sono state riscontrate durante i sopralluoghi in sito, le dovute considerazioni e le modalità di gestione delle suddette interferenze sono riportate nell'elaborato *FV.MNRO2.PD.A.07 – "Relazione idraulica"*.

5 ANALISI MORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI

5.1 Inquadramento geomorfologico

L'area interessata dall'impianto fotovoltaico, comprensiva sia delle opere areali che lineari, si inquadra in un settore appartenente all'edificio della catena Siculo-Maghrebide, formatasi a seguito del processo di collisione del blocco sardo-corso con il margine africano. Tale porzione di territorio è caratterizzata da successioni sedimentarie meso-cenozoiche appartenenti a diversi domini paleogeografici, impilati in una serie di falde tettoniche.

Nell'ambito del Progetto CARG, in Sicilia Occidentale sono state individuate e cartografate sette unità stratigrafico-strutturali (U.S.S.) per le successioni meso-cenozoiche affioranti e sepolte. In particolare, l'area oggetto di studio è situata a cavallo tra l'Unità S.S. Trapanese e le successioni deformate dell'Unità S.S. del Flysh Numidico, entrambe sigillate dai depositi miocenici di avanfossa. L'unità S.S. Trapanese-Saccenese rappresenta un dominio di sedimentazione carbonatica seguita da una fase di sedimentazione pelagica. L'unità S.S. del Flysh Numidico rappresenta un dominio di sedimentazione bacinale, sviluppatosi come copertura alle unità meso-cenozoiche Panormidi e Imeresi. Il dominio Numidico e Trapanese è stato interessato dalla tettonica appenninica a partire dalla fine dell'Oligocene. Essa è responsabile dell'attuale assetto geomorfologico e strutturale. Infatti, con la tettonica appenninica si è avuta la progressiva deformazione dei domini paleogeografici pre-Miocenici e la contemporanea messa in posto delle unità torbiditiche-bacinali. Successivamente, le unità flyschoidi numidiche, scollate dal loro substrato oceanico, furono interessate da un notevole trasporto tettonico, accavallandosi sulle unità di piattaforma Trapanesi a seguito della fase collisionale Miocenica. A questa fase è associato un trend deformativo con pieghe orientate principalmente NNW-SSE e a vergenza SO, a cui si sovrappongono sistemi di pieghe della successiva fase deformativa ad orientazione principale E-W/NE-SSW. Quest'ultimi agiscono da piani di scollamento preferenziali per il trasporto tettonico della pila di sedimenti carbonatici e silicoclastici delle U.S.S. presenti. A quest'ultima fase deformativa è associata la messa in posto delle unità terrigene sintettoniche, riferibili a bacini di *thrust-top*, anch'essi deformati. I depositi sintettonici di copertura alle U.S.S. hanno un trend di messa in posto (NNW-SSE, E-W) correlabile alle strutture tettoniche compressive presenti nell'area. L'area di progetto si colloca in area cartografata e riportata nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Progetto CARG) e ricade nel Foglio N°162 – CORLEONE, riportato in Figura 2.


SUCCESSIONE DELLA PIATTAFORMA CARBONATICA E CARBONATICO-PELAGICA TRAPANESE

- MARNE DI SAN CIPIRELLO**
 CIP Argille, marne argillose e sabbiose grigio-azzurrognole con foraminiferi planctonici (biozone MMI 6, MMI 7, MMI 8 (pars) e a *Neogloboquadrina acostaensis*) e con nannofossili calcarei (biozone MNN 6a e MNN 7a e a *Miryllitha convallis*). Spessore massimo 180 m. Limite inferiore graduale su CCR, netto e discordante (onlap) su AMM, BCH, INI. Ambiente pelagico ed emipelagico.
 SERRAVALLIANO - TORTONIANO INFERIORE
-
- FORMAZIONE CASTELLANA SICULA**
 SIC₄ Argille giallo-rossastre e peliti sabbiose con rari foraminiferi planctonici (biozone a *Neogloboquadrina praetlantica* e a *Neogloboquadrina acostaensis*) e frequenti foraminiferi bentonici (*Ammonia inflata*, *Elphidium* spp.), con intercalazioni di arenarie e microconglomerati fangosostenuti generalmente sterili (SIC₃). Spessori 20-250 m. Limite inferiore discordante ed erosivo su AVF, CIP, FYN, TAV, EPI ed RCM. Ambiente di piattaforma esterna e scarpata.
 SERRAVALLIANO SUPERIORE - TORTONIANO INFERIORE
-
- SISTEMA DI CAPO PLAIA**
 AFL Depositi di frana (AFL₁₁), detriti di falda attuali ed accumuli di materiali eterometrici di spessore variabile (AFL₁₃), fluviali di fondovalle (AFL₁), colluviali (AFL₁₂), detriti (AFL₁). Limite inferiore, una superficie di erosione post-glaciale incisa sui terreni più antichi; limite superiore, attuale superficie topografica marcata da suoli. E' databile all'intervallo temporale compreso tra la fine dell'espansione glaciale (15 ka) e l'attuale.
 PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE

Figura 2: Stralcio del foglio N°162 Corleone con ubicazione dell'area di progetto

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 Monreale (PA) e riguardano alcuni affluenti del torrente Fosso della Patria, il quale confluisce nel torrente Vallone di Malvello (affluente del Belice destro presso la sinistra idraulica) ed alcuni corsi d'acqua affluenti del Vallone stesso.

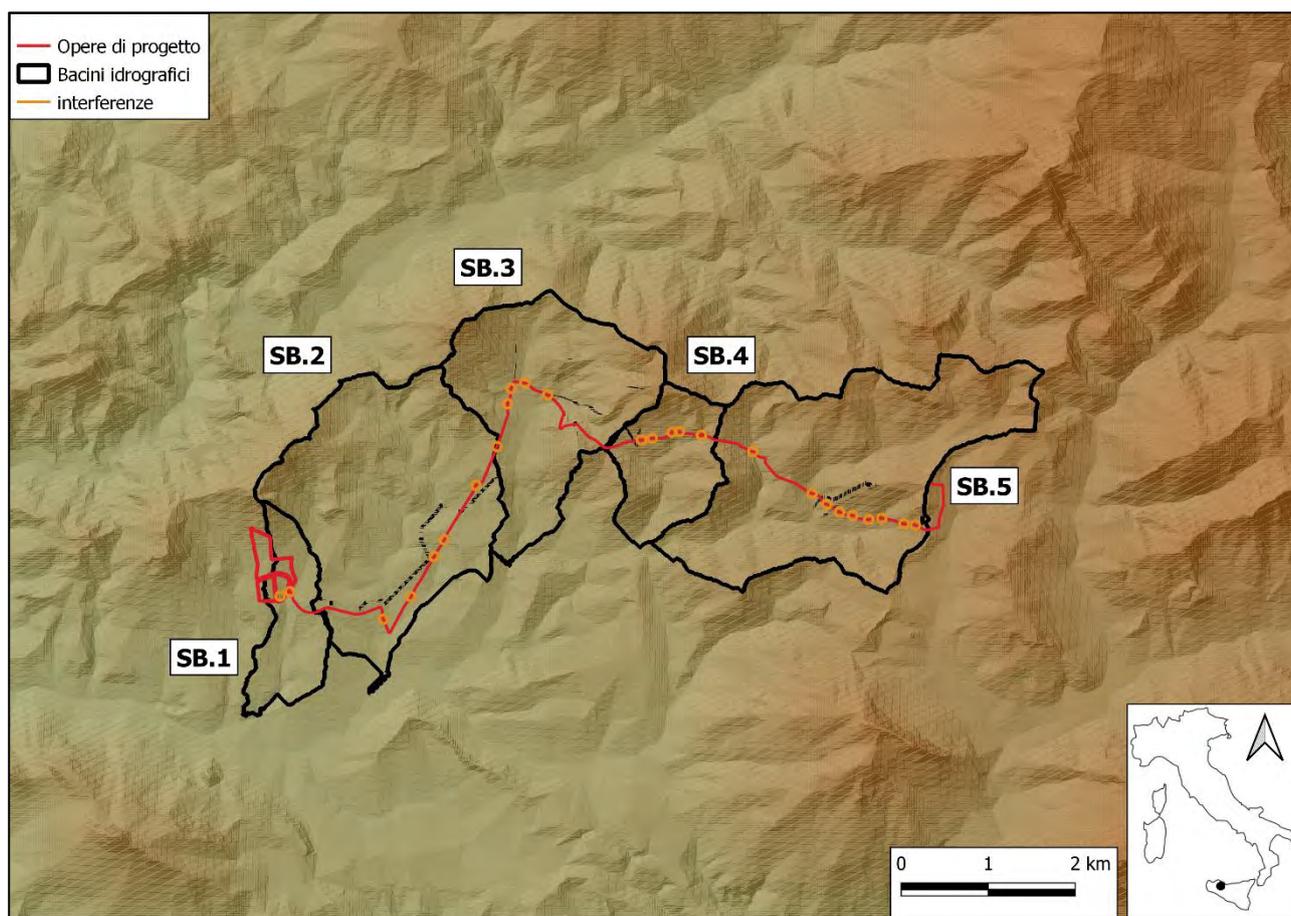


Figura 3: Inquadramento dei bacini idrografici riguardanti le opere di progetto su modello digitale del terreno

La Figura 3 riporta la rappresentazione dei bacini idrografici individuati, con sezione di chiusura a valle delle interferenze in esame, in riferimento al modello digitale del terreno 10m x 10m reperibile dal sito dell'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) attraverso progetto TINITALY.

Una possibile schematizzazione del territorio prevede la 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 tre 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.;
- 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 tali considerazioni si procede con la determinazione, attraverso il modello digitale del terreno a disposizione, dei bacini idrografici, i quali riportano il prefisso SB, riportati in Figura precedente, con sezione di chiusura presso la confluenza del corso d'acqua in esame in uno di maggiore entità, e comprendendo più interferenze al proprio interno.

Le aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico ricadono in una porzione di territorio molto poco acclive, con quote variabili da un massimo di 400 ad un minimo di 350 m s.l.m., un territorio con variazioni di pendenza non eccessivamente anguste. Per tale motivo si suppone che i deflussi generati in prossimità delle intersezioni delle opere di progetto con il reticolo idrografico, seppur relativi a eventi con tempo di ritorno di 200 anni, siano di modesta entità. Simili considerazioni possono essere condotte anche per il tracciato del cavidotto a 36 kV interrato.

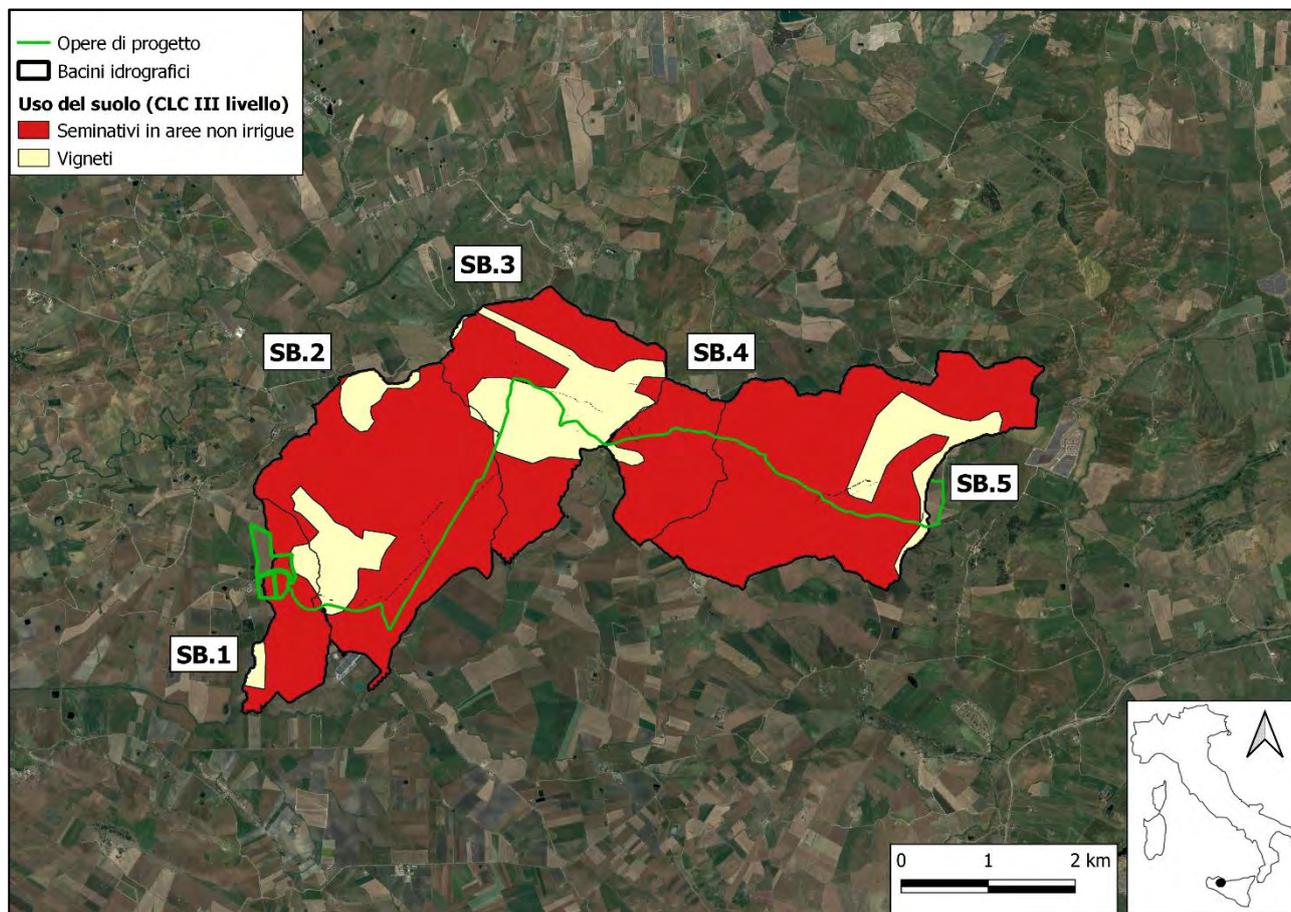


Figura 4: Inquadramento dei sotto-bacini idrografici riguardanti le opere di progetto sulla mappa dell'Uso del Suolo 2012 fino al Livello III secondo progetto Corine Land Cover

La Figura 4 riporta la mappa dell'Uso del Suolo del 2012, redatta secondo progetto Corine Land Cover (CLC) fino al III Livello, reperibile dal Geoportale Nazionale; la totalità delle aree ricadente all'interno dei bacini idrografici di interesse è classificata come "Seminativi in aree non irrigue" e "Vigneti".

Le porzioni di territorio interessate da Insediamiento, urbano, industriale o commerciale, non sono interessate dalle opere di progetto, sia per quanto riguarda le aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico che per il tracciato del cavidotto.

La tabella seguente riporta le caratteristiche principali dei sott-bacini di interesse.

Tabella 4: Caratteristiche principali dei bacini di interesse

ID	L [km]	A [km ²]	$p_{\text{media,bacino}}$ [%]	t_c	$q_{\text{max,bacino}}$ [m]	$q_{\text{min,bacino}}$ [m]	$p_{\text{media,asta}}$ [%]
SB.01	4.29	1.37	10.79	1.60	470	300.55	5.51
SB.02	8.68	6.04	10.66	2.76	500	320	2.34
SB.03	7.39	4.17	14.39	2.93	590	350.77	5.30
SB.04	3.92	1.68	43.17	1.05	590	400	10.90
SB.05	8.12	6.62	19.26	2.88	680	410	5.82

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 del G.N.D.C.I. del C.N.R., patrocinato dalla 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 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 anche 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:

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

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

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 5. Il Bacino del fiume Belice è interamente compreso nella SZO A.

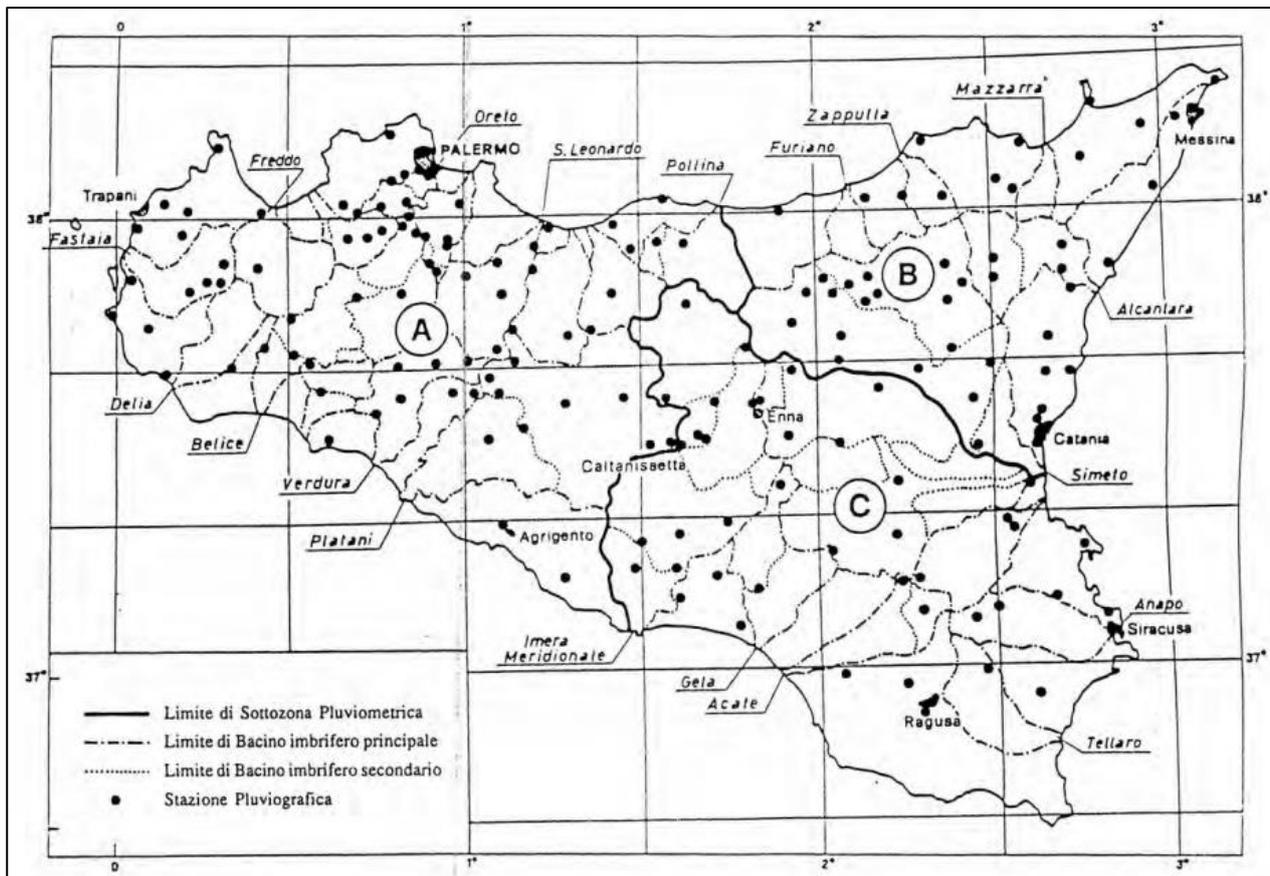


Figura 5: Sottozone omogenee

Per ciascuna sottozona è stata individuata un'espressione che correla il parametro di scala Λ_1 con la durata. Per la SZO A vale:

$$\Lambda_1 = 14.55 d^{0.2419} \quad (4)$$

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 6 e Figura 7), 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:

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

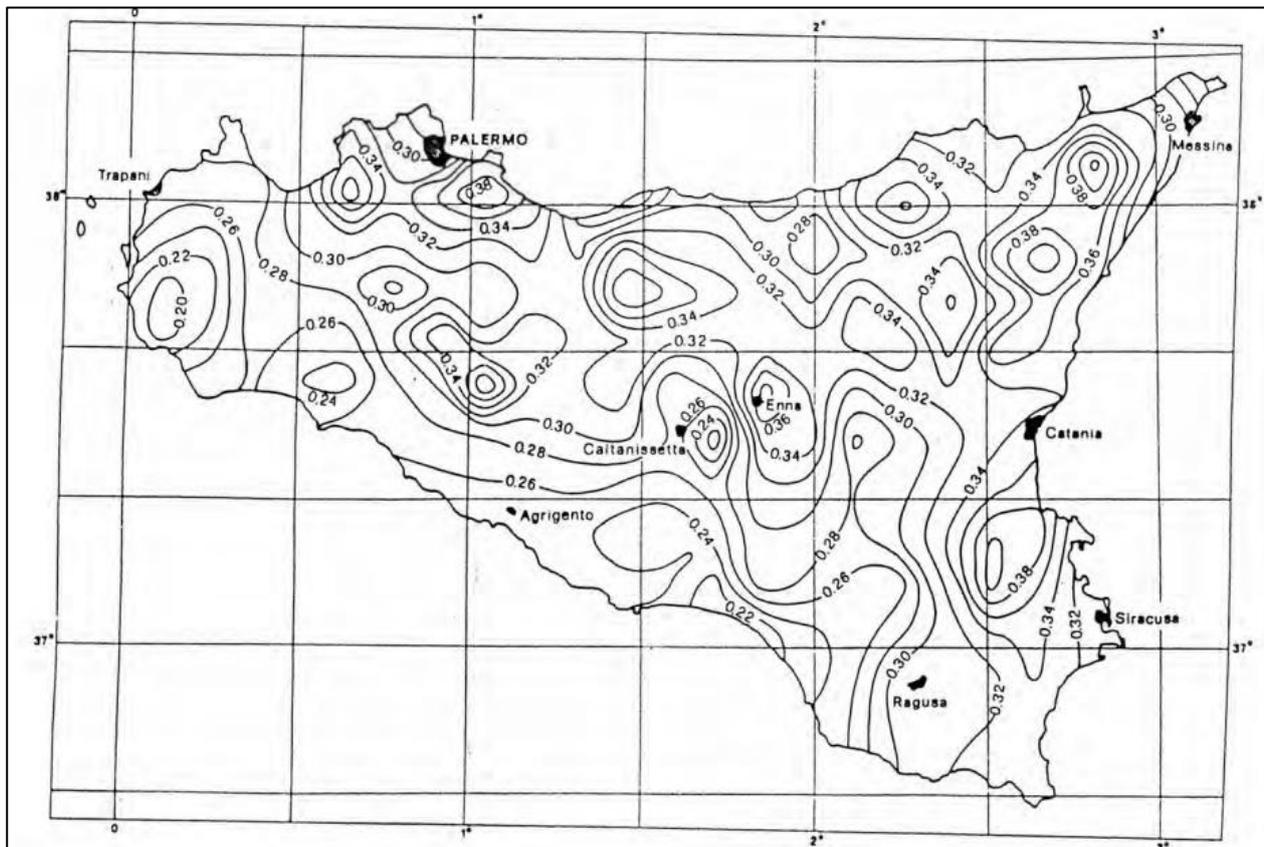


Figura 6: Carta delle iso-n

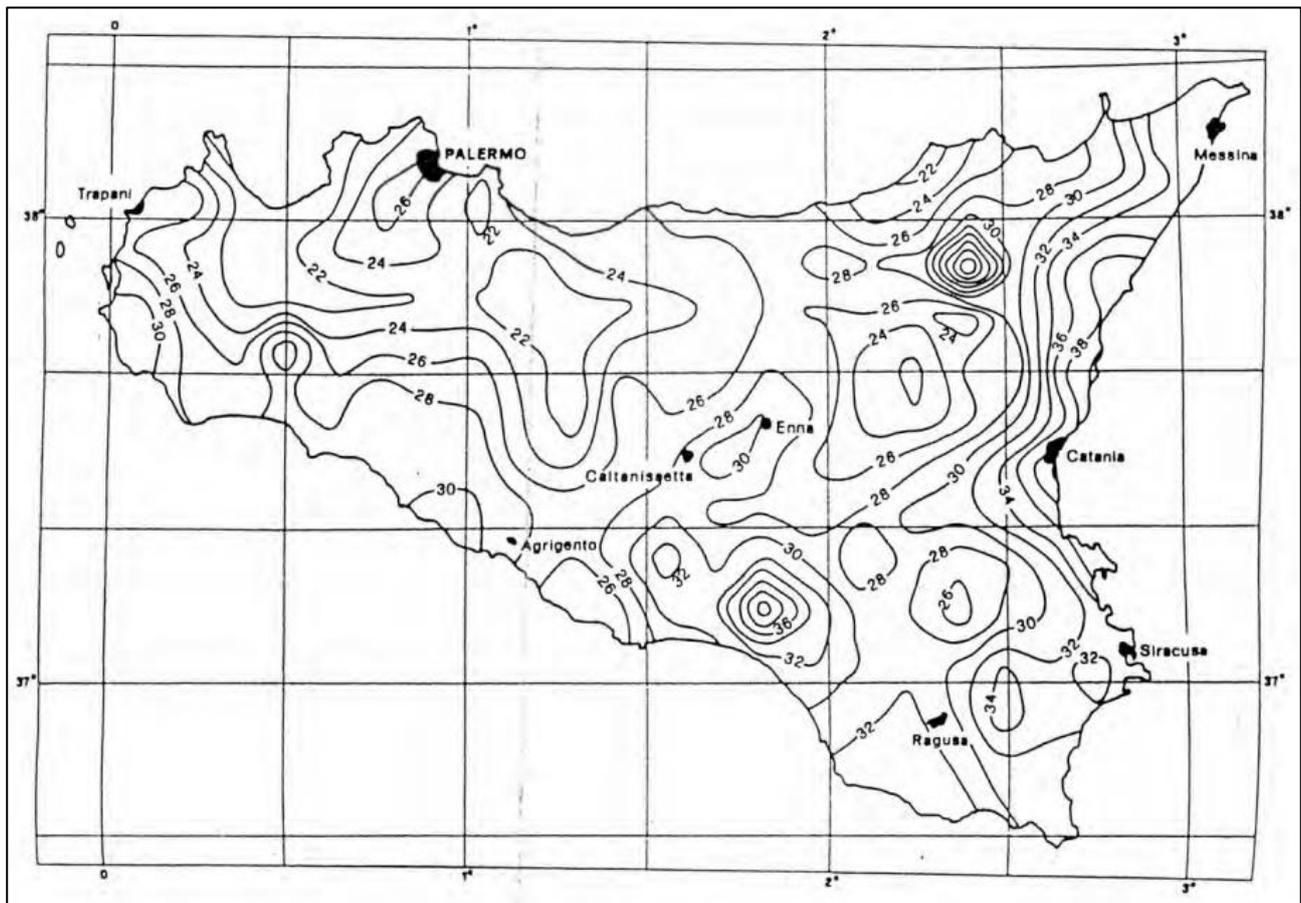


Figura 7: Carta delle iso-a

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, anche le stesse opere di progetto ricadono nella area. La Tabella seguente riporta i parametri necessari al fine della determinazione dell'altezza massima di precipitazione

Tabella 5: Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per l'area pluviometrica omogenea SZO A in riferimento ai sotto-bacini del caso studio

ID	a	n	t_c [h]	$m[h(t_c)]$ [mm]
SB.01	23.63	0.300	1.60	27.20
SB.02	24.00	0.300	2.76	32.55
SB.03	24.25	0.304	2.93	33.61

SB.04	24.00	0.304	1.05	24.39
SB.05	24.00	0.305	2.88	33.14

La stima del valore medio di precipitazione massima $m[h(tc)]$, in riferimento ad un evento pari alla durata del tempo di corrivazione del bacino, è stata condotta secondo le relazioni (7) e (8) a secondo le specifiche prima citate. Attraverso la moltiplicazione di quest'ultimi con il coefficiente di crescita KT relativo ad un valore del tempo di ritorno pari a 200 anni, secondo l'equazione (5), sono stati 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 km^2 , 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 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 idrogramma di piena in regime di moto vario è stata condotta attraverso il software HEC-HMS, il quale è progettato per la simulazione dei processi di trasformazione afflusso-deflusso di 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 software è stata condotta seguendo i seguenti modelli in riferimento agli step di calcolo:

- Schematizzazione delle perdite idrologiche secondo il modello SCS (SoilConservation Service)-CN (Curve Number);
- Schematizzazione della trasformazione afflussi-deflussi secondo il modello SCS-Unit Hydrograph;

- Schematizzazione della forzante meteorologica secondo il modello Frequency Storm, ovvero secondo curve di possibilità pluviometrica, stimate precedentemente secondo direttive VAPI;
- Schematizzazione della propagazione dell'onda di piena lungo un'asta fluviale secondo metodo Muskingum.

La determinazione dei bacini idrografici inerenti al caso studio e delle relative caratteristiche geomorfologiche necessarie per la stima dei deflussi di piena di progetto, è basata su un modello digitale del terreno ibrido, derivante dall'unione di un modello di risoluzione 1m × 1m, reperibile dal Geoportale Nazionale, a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (nuovo Ministero della Transizione Ecologica), e da un modello di risoluzione 10m × 10m reperibile dal sito dell'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) attraverso progetto TINITALY.

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 rapporto VAPI possono essere stimate le portate al colmo di piena in riferimento al valore del tempo di ritorno di 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 un idrogramma 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 su stesso modello geometrico ma con input pluviometrico 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 8 riporta la relazione tra la precipitazione cumulata lorda e la precipitazione netta cumulata, al variare del parametro *CN*.

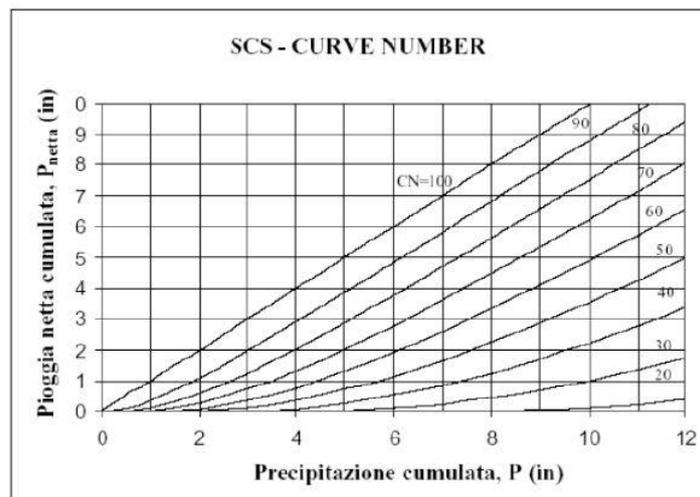


Figura 8: Rapporto tra Precipitazione totale e precipitazione cumulata al variare del parametro *CN*

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 6: 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.MNR02.PD.A.02.2 – "Carta Geologica"*), in accordo con la Tabella 6. 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 2012; nel caso specifico della stima del parametro *CN* si è fatto riferimento al IV livello della legenda. 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 7: 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
	65	61	75	83
	38	57	72	81
	30	54	70	80
	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 precedenti all'evento di pioggia, la cui attribuzione è basata secondo i valori riportati nella tabella seguente.

Tabella 8: Classe AMC in riferimento all'altezza di pioggia cumulata nei cinque giorni precedenti all'evento

Classe AMC	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.

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

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

Dal punto di vista di valutazione della sicurezza idraulica del sito in esame, una scelta plausibile sarebbe quella di considerare il terreno nelle peggior condizione 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).

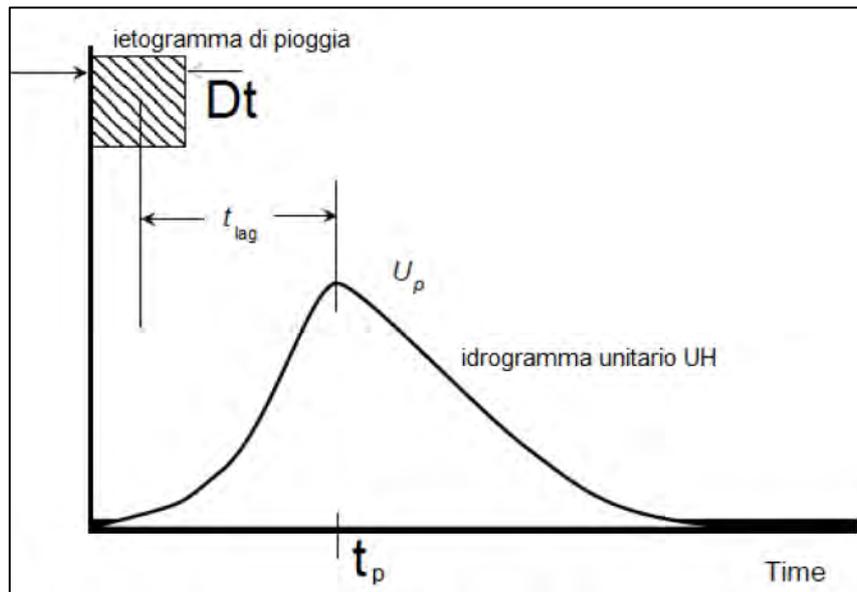


Figura 9: Idrogramma istantaneo unitario (IUH)

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 10.

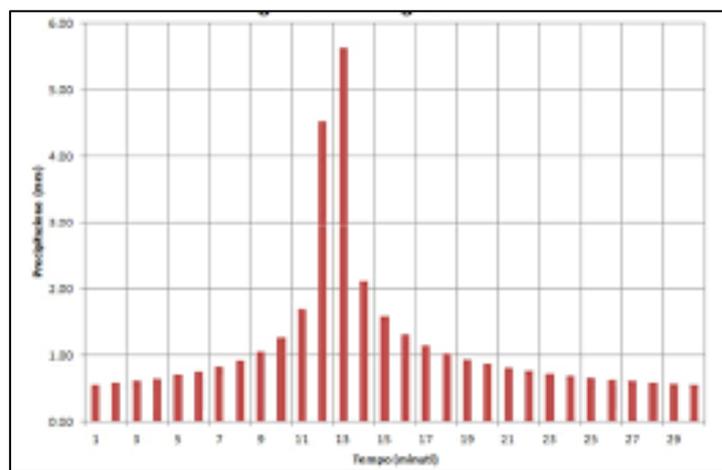


Figura 10: Esempio di ietogramma Chicago

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 11, secondo la relazione (19).

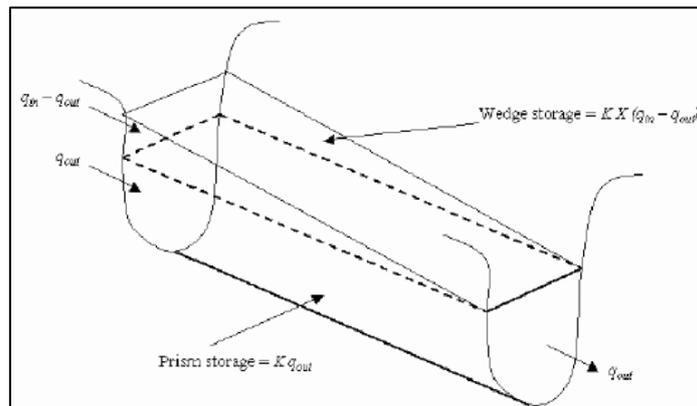


Figura 11: Schematizzazione del volume immagazzinato tra due sezioni di un'asta fluviale secondo metodo Muskingum

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

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 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

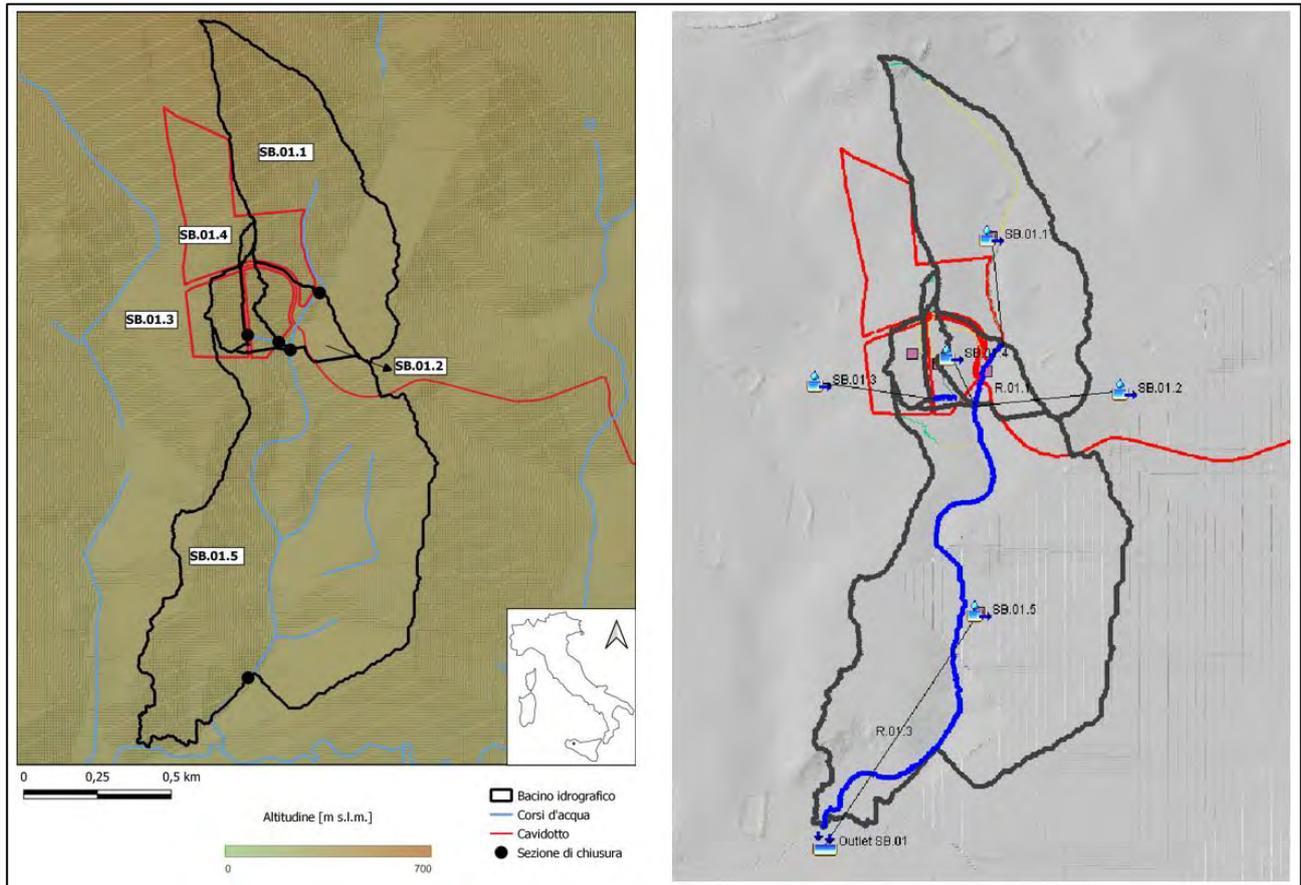


Figura 12: Bacino SB.01 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno e alla modellazione in HEC-HMS

Il bacino SB.01, riportato in Figura 12, comprende al suo interno le interferenze I.1 ed I.2. L'area in esame riguarda due affluenti del Vallone di Malvello, la relativa sezione di chiusura è situata in corrispondenza dell'affluenza del corso d'acqua maggiore nel Vallone citato dalla destra idraulica. 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 5 sotto-bacini, al fine di valutare gli idrogrammi di piena sia a monte, per la determinazione delle condizioni al contorno della simulazione bidimensionale in HEC-RAS (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNRO2.PD.A.07 – "Relazione Idraulica"*), che a valle delle interferenze in esame.

La stima del parametro CN è stata condotta in base alla litologia del suolo (si fa riferimento all'elaborato FV.MNR02.PD.A.02.2 – “Carta Geologica”), e alla carta dell’Uso del Suolo del 2012, secondo progetto Corine Land Cover fino al III Livello, reperibile dal Geoportale Nazionale (Figura 13). I valori del parametro CN sono riportati nelle seguenti Tabelle.

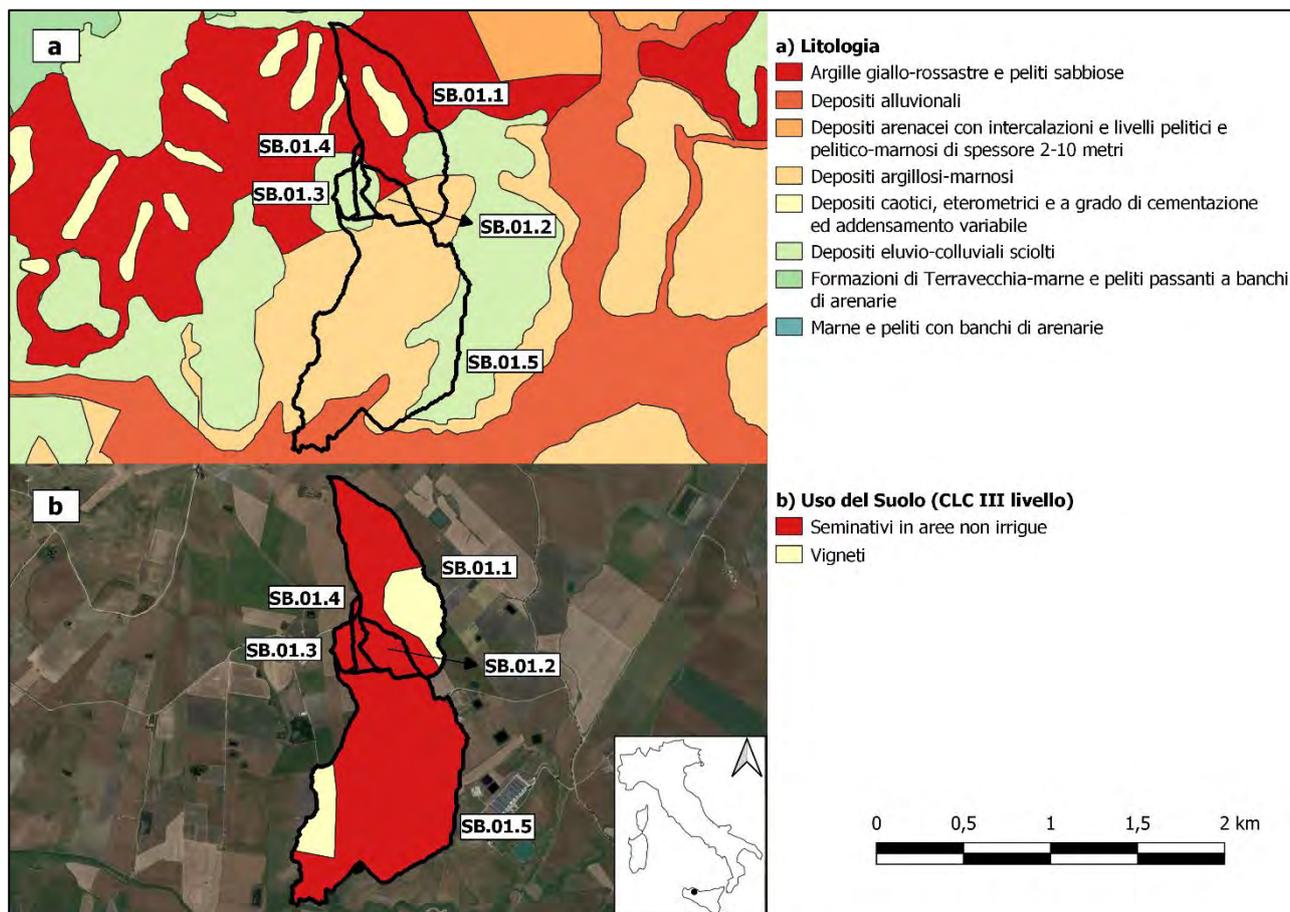


Figura 13: Bacino SB.01 in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000 (a) e alla mappa dell’Uso del Suolo del 2012 secondo progetto CLC al III livello (b)

Tabella 9: Parametro CN in relazione all’uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.1

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	D	81	48.13
2	Vigneti	B	66	14.93
3	Seminativi in aree non irrigue	A	62	11.00
4	Vigneti	D	83	10.14
5	Seminativi in aree non irrigue	D	81	7.16
6	Vigneti	D	83	5.19
7	Vigneti	A	45	2.69
8	Seminativi in aree non irrigue	B	71	0.75

Tabella 10: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.2

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	D	81	54.39
2	Seminativi in aree non irrigue	D	81	19.66
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	25.95

Tabella 11: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.3

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	D	81	67.29
2	Vigneti	D	83	9.13
3	Vigneti	D	83	0.07
4	Seminativi in aree non irrigue	B	71	9.15
5	Vigneti	B	66	0.19
6	Seminativi in aree non irrigue	B	71	14.16
7	Vigneti	B	66	0.00

Tabella 12: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.4

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	B	81	91.68
2	Seminativi in aree non irrigue	D	83	8.32

Tabella 13: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.01.5

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	B	81	95.93
2	Seminativi in aree non irrigue	B	81	3.76
3	Seminativi in aree non irrigue	B	81	0.31

La stima del parametro CN in riferimento ai sotto-bacini in esame e per il totale bacino SB.01, è stata effettuata attraverso una media pesata, secondo l'area occupata rispetto al totale, dei parametri delle diverse zone.

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, o 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 valore del tempo di ritorno pari a 200 anni e di durata pari al tempo di corrivazione.

I valori delle altezze di precipitazione ottenute sono stati moltiplicati per il coefficiente di riduzione areale ARF [Koutosyiannis, 1997], variabile per ogni sotto-bacino dell'area di interesse e dipendente dalla durata dell'evento. La Tabella seguente riporta i parametri per la determinazione dello ietogramma di progetto.

Tabella 14: Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.01 e relativi sotto-bacini

	A [km ²]	CN	L principale [km]	P. media	t. corriv. [h]	t. ritardo [h]	ARF(A,tc)	h ₂₀₀ (t _c)×ARF [mm]
SB.01	1.37	78	4.29	0.10	1.60	0.96	0.95	73.60
SB.01.1	0.37	76	1.43	0.13	0.58	0.35	0.96	53.21
SB.01.2	0.06	78	0.45	0.13	0.21	0.13	0.97	36.06
SB.01.3	0.88	79	0.55	0.06	0.35	0.21	0.93	42.37
SB.01.4	0.03	72	0.54	0.08	0.37	0.22	0.98	45.30
SB.01.5	0.02	81	2.41	0.11	0.81	0.49	0.99	61.25

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, di tali caratteristiche, e schematizzando il modello idrologico così come descritto nel paragrafo 6.4, si ottengono i relativi idrogrammi di piena presso le sezioni di chiusura di tutti i sotto-bacini, riportati dalla Figura 14 alla Figura 18.

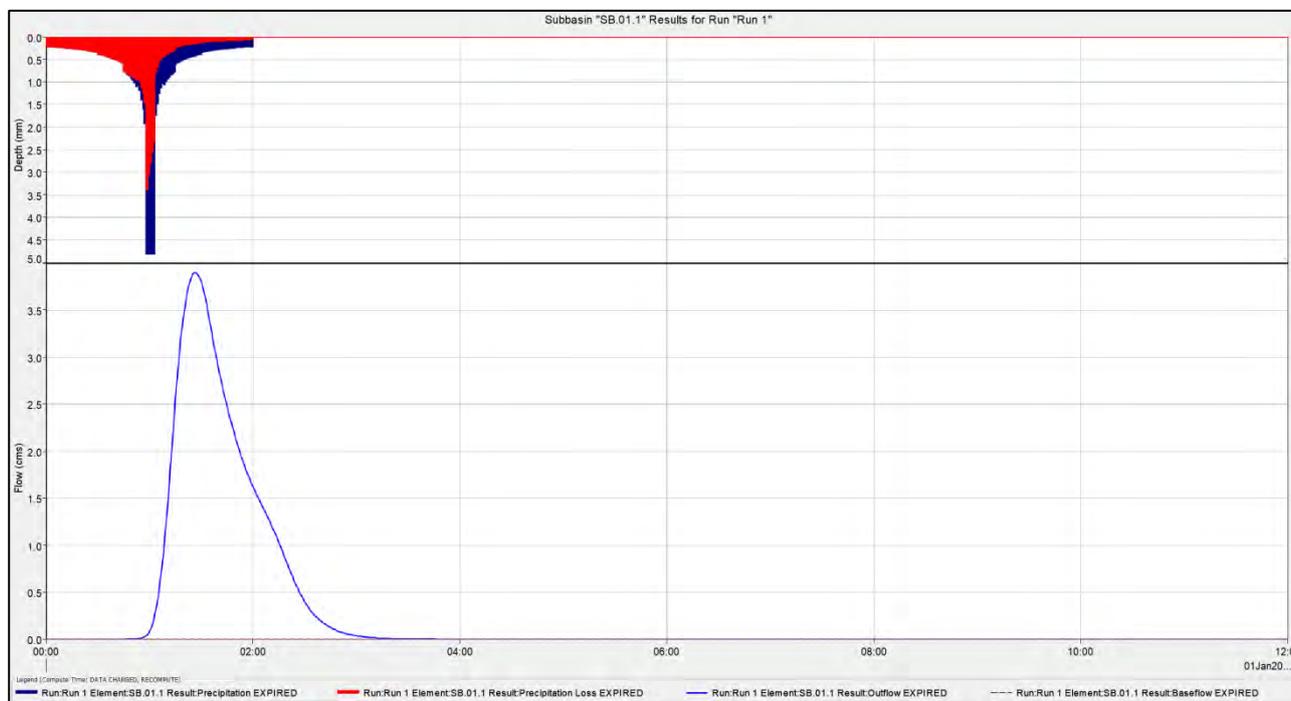


Figura 14: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.1

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	49 di 99

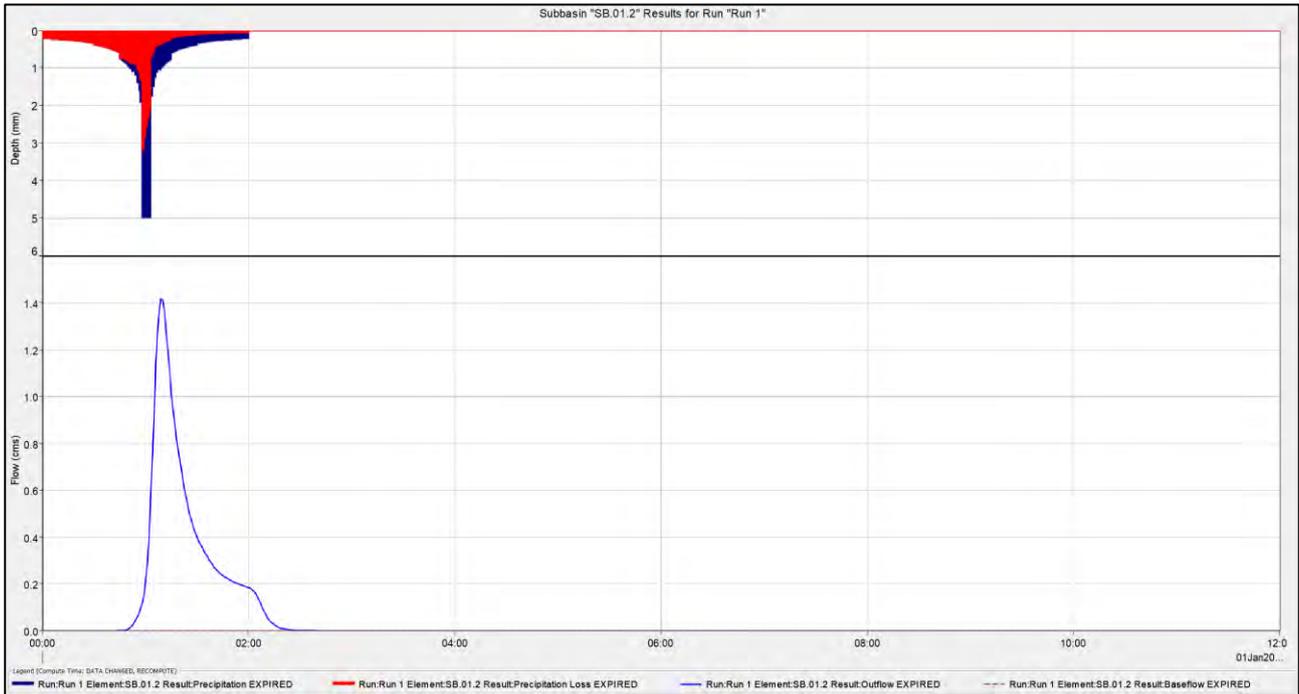


Figura 15: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.2



Figura 16: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.01.3

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	50 di 99



Figura 17: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.4

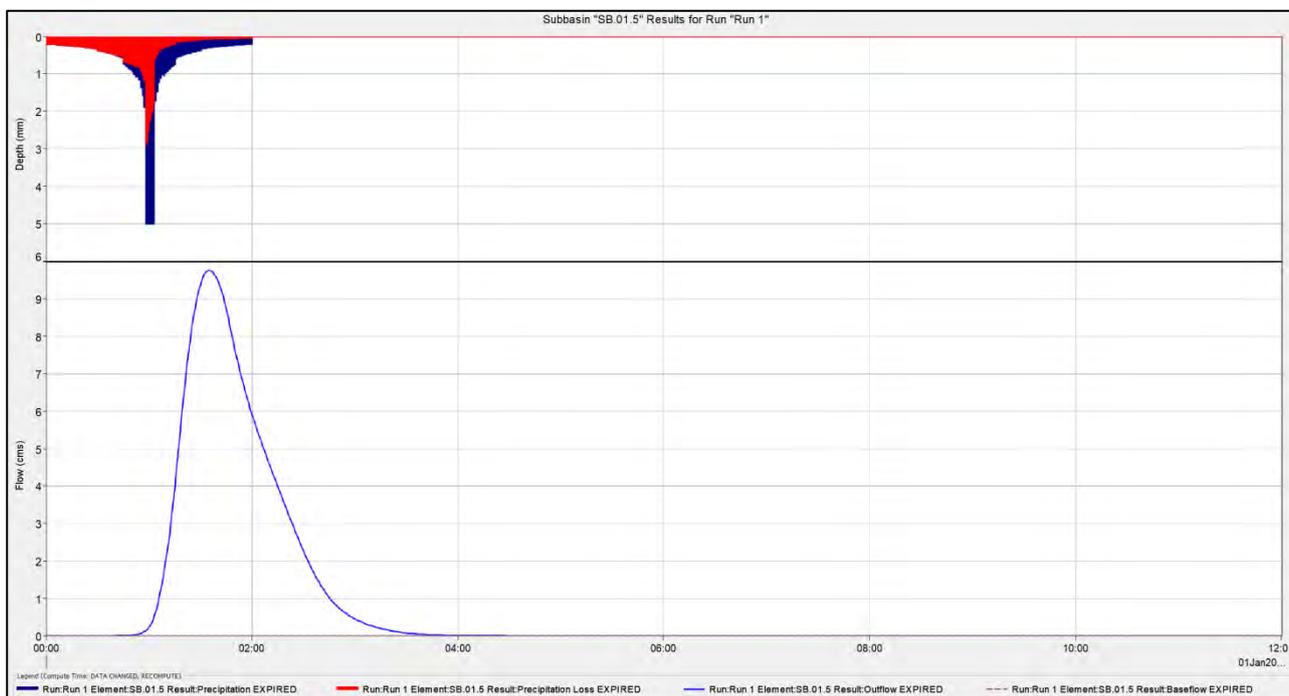


Figura 18: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del sotto-bacino SB.01.5

L'idrogramma totale presso la sezione di chiusura del bacino SB.01 totale, dato dal contributo di tutti i sotto-bacini, tenendo in considerazione la propagazione e l'attenuazione delle onde di piena, è riportato in Figura 19.

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	51 di 99

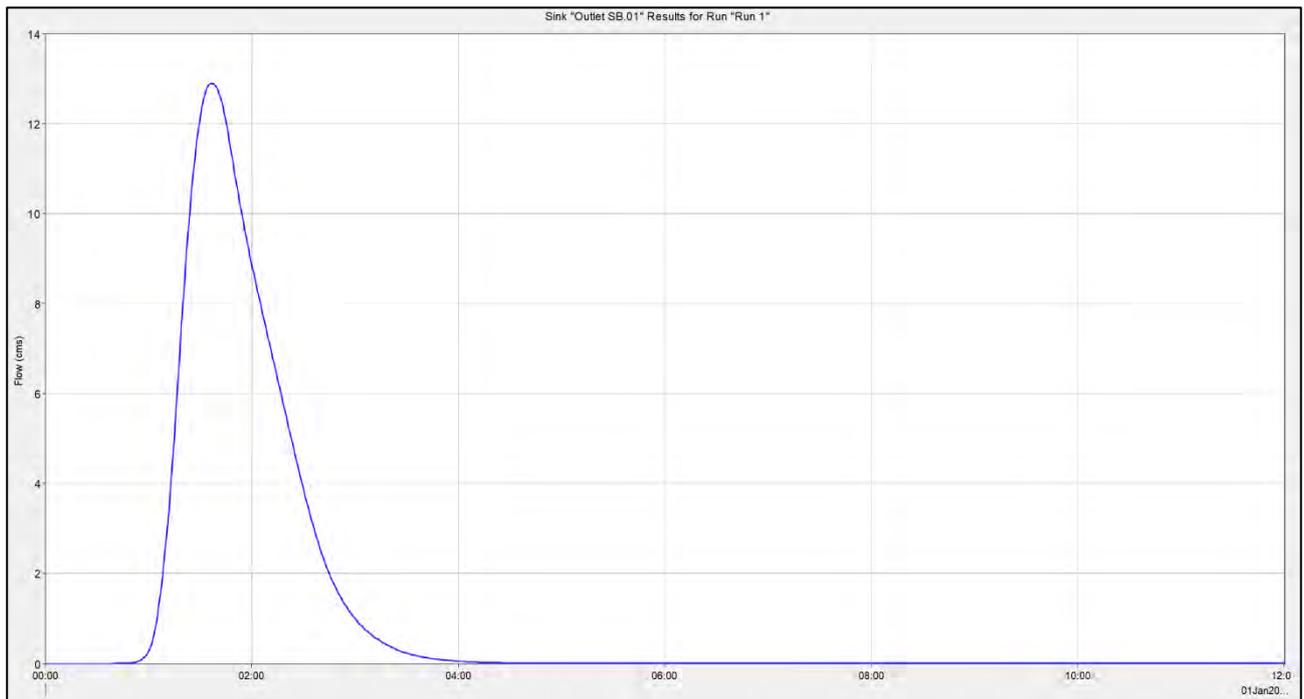


Figura 19: Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.01

7.2 Bacino SB.02

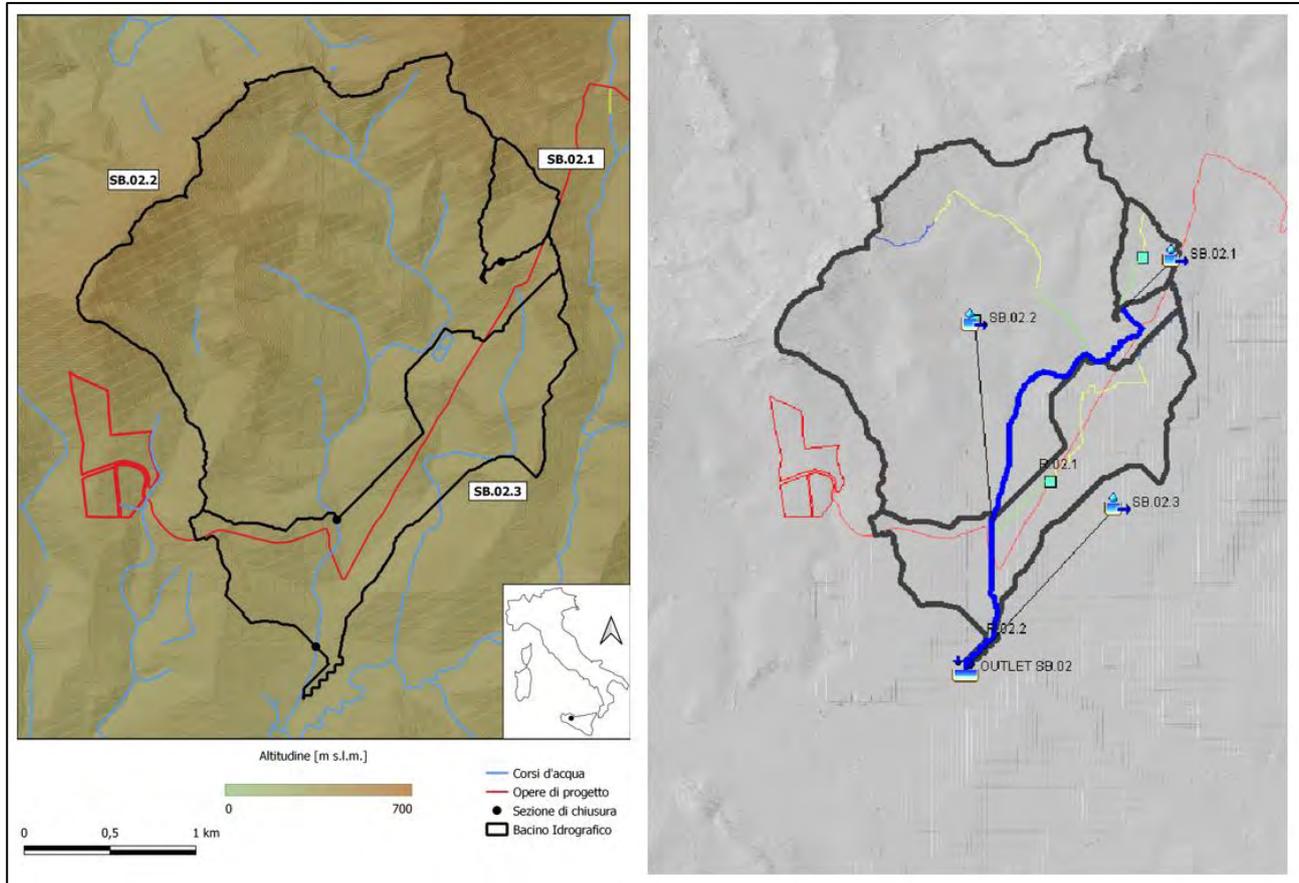


Figura 20: Bacino SB.02 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno e alla modellazione in HEC-HMS

Il bacino SB.02, riportato in Figura 20, comprende al suo interno le interferenze dalla I.3 alla I.8. L'area in esame riguarda due affluenti del Vallone di Malvello, la relativa sezione di chiusura è situata in corrispondenza dell'affluenza del corso d'acqua maggiore nel Vallone citato dalla destra idraulica. Il bacino è stato suddiviso in 3 sotto-bacini, al fine di valutare gli idrogrammi di piena sia a monte, per la determinazione delle condizioni al contorno della simulazione bidimensionale in HEC-RAS (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.07 – "Relazione Idraulica"*), che a valle delle interferenze in esame.

La stima del parametro CN è stata condotta in base alla litologia del suolo (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.02.2 – "Carta Geologica"*), e alla carta dell'Uso del Suolo del 2012, secondo progetto Corine Land Cover fino al III Livello, reperibile dal Geoportale Nazionale (Figura 21). I valori del parametro CN sono riportati nelle seguenti Tabelle.

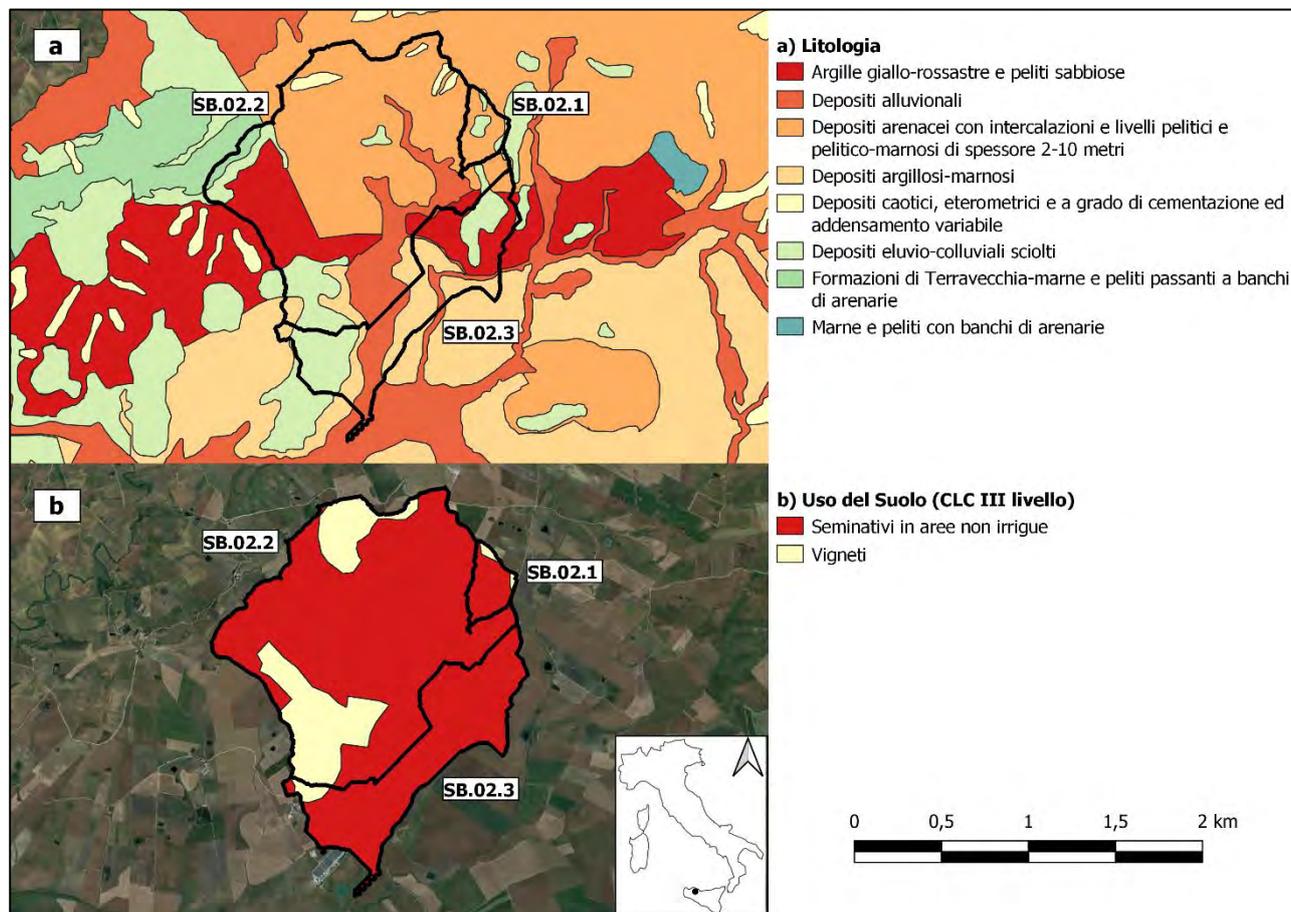


Figura 21: Bacino SB.02 in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000 (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2012 secondo progetto CLC al III livello (b)

Tabella 15: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.1

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	B	81	0.15
2	Seminativi in aree non irrigue	B	66	16.69
3	Vigneti	B	62	5.35
4	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	83	72.13
5	Vigneti	tra B e C	81	5.68

Tabella 16: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.2

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	B	71	12.10
2	Vigneti	B	66	1.48
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	4.79
4	Vigneti	B	66	5.41
5	Seminativi in aree non irrigue	D	81	2.79
6	Vigneti	D	83	2.00

7	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	45.70
8	Vigneti	tra B e C	72	0.00
9	Vigneti	tra B e C	72	6.07
10	Seminativi in aree non irrigue	D	81	9.99
11	Vigneti	D	83	6.07
12	Seminativi in aree non irrigue	B	71	1.54
13	Seminativi in aree non irrigue	A	62	1.44
14	Vigneti	A	45	0.64

Tabella 17: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.02.3

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	D	81	29.71
2	Vigneti	D	83	0.52
3	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	2.01
4	Seminativi in aree non irrigue	D	81	18.95
5	Seminativi in aree non irrigue	B	71	19.58
6	Seminativi in aree non irrigue	B	71	26.63
7	Vigneti	B	66	2.60

La stima del parametro CN in riferimento ai sotto-bacini in esame e per il totale bacino SB.02, è stata effettuata attraverso una media pesata, secondo l'area occupata rispetto al totale, dei parametri delle diverse zone.

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, o 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 valore del tempo di ritorno pari a 200 anni e di durata pari al tempo di corrivazione.

I valori delle altezze di precipitazione ottenute sono stati moltiplicati per il coefficiente di riduzione areale ARF [Koutosyiannis, 1997], variabile per ogni sotto-bacino dell'area di interesse e dipendente dalla durata dell'evento. La Tabella seguente riporta i parametri per la determinazione dello ietogramma di progetto.

Tabella 18: Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.02 e relativi sotto-bacini

	A [km ²]	CN	L principale [km]	P. media	t. corriv. [h]	t. ritardo [h]	ARF(A,t _c)	h ₂₀₀ (t _c)×ARF [mm]
SB.02	6.04	75	8.68	0.11	2.76	1.66	0.94	86.66

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	55 di 99

SB.02.1	0.22	74	1.08	0.13	0.49	0.30	0.97	50.46
SB.02.2	4.36	74	4.60	0.14	1.46	0.87	0.93	70.84
SB.02.3	1.47	76	4.08	0.05	2.12	1.27	0.96	80.82

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, di tali caratteristiche, e schematizzando il modello idrologico così come descritto nel paragrafo 6.4, si ottengono i relativi idrogrammi di piena presso le sezioni di chiusura di tutti i sotto-bacini, riportati dalla Figura 22 alla Figura 24.

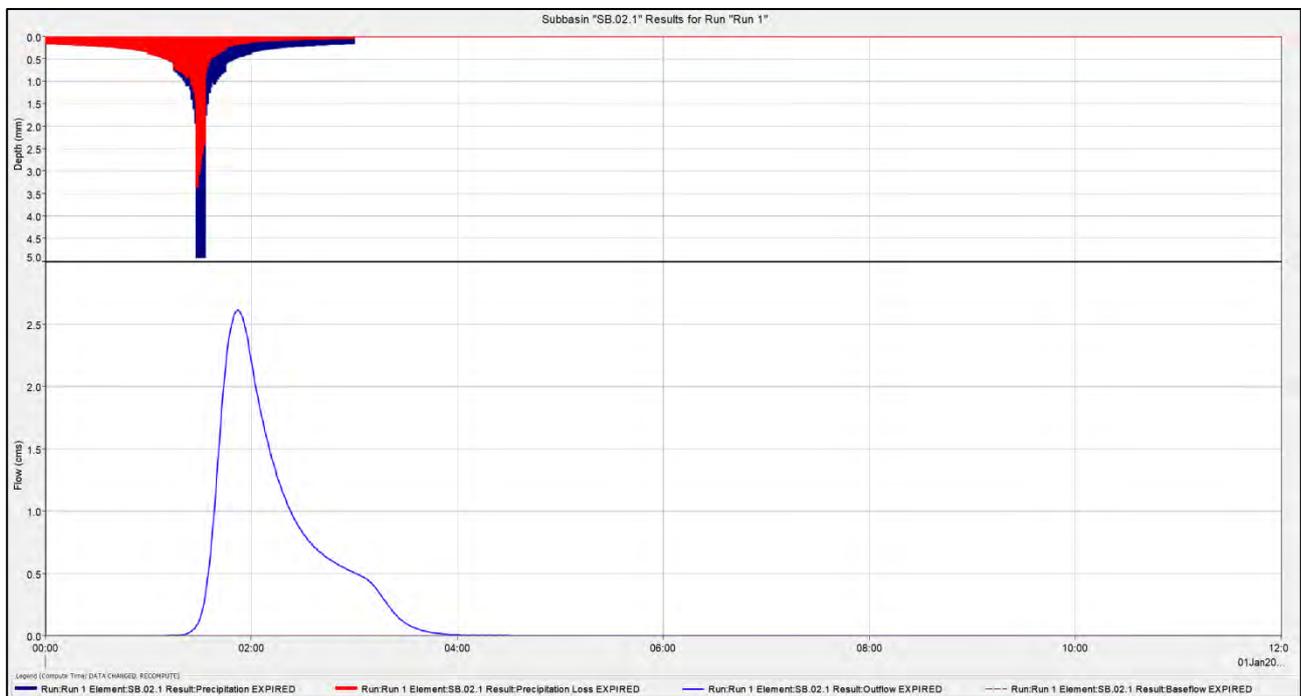


Figura 22: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.02.1

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	56 di 99

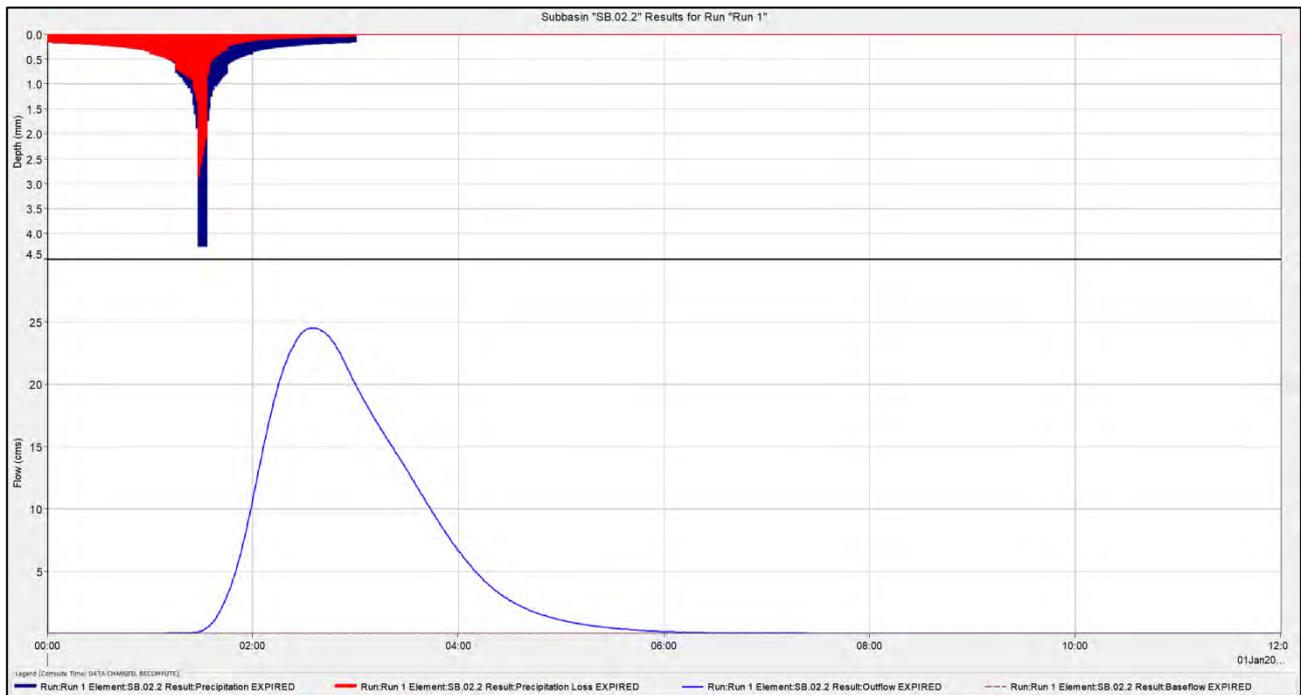


Figura 23: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.02.2

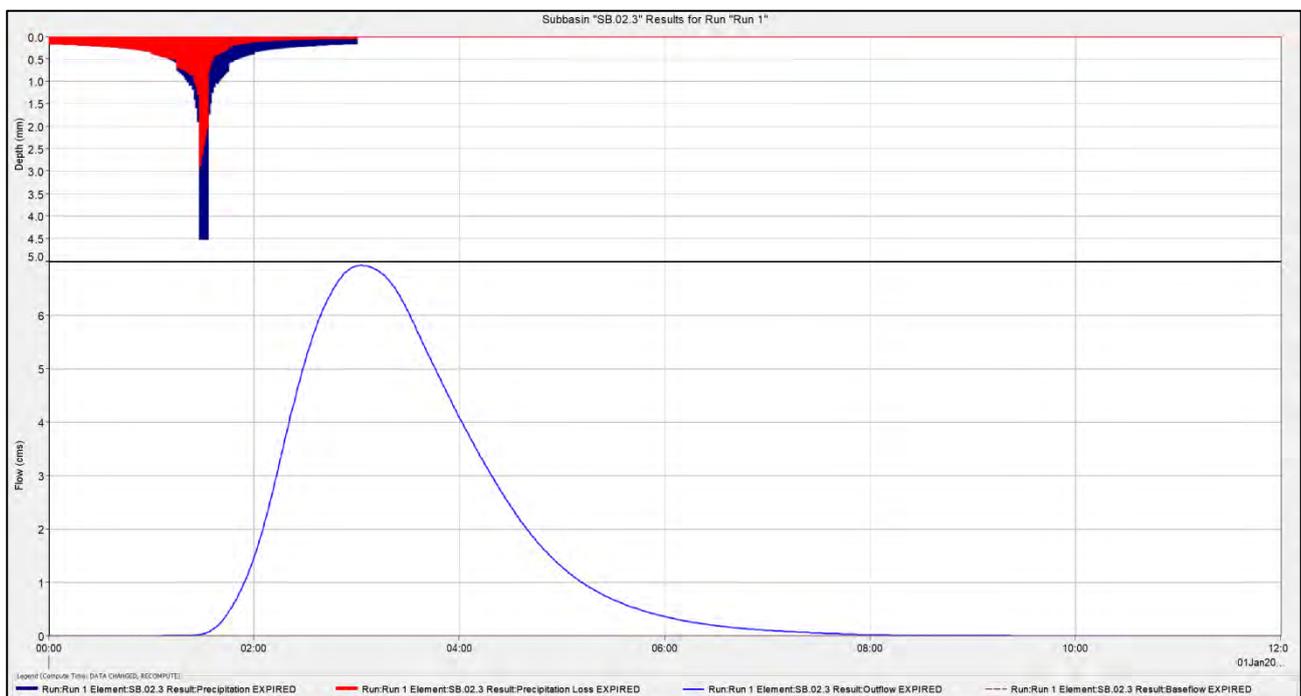


Figura 24. letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.02.3

L'idrogramma totale presso la sezione di chiusura del bacino SB.02 totale, dato dal contributo di tutti i sotto-bacini, tenendo in considerazione la propagazione e l'attenuazione delle onde di piena, è riportato in Figura 25.

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	57 di 99

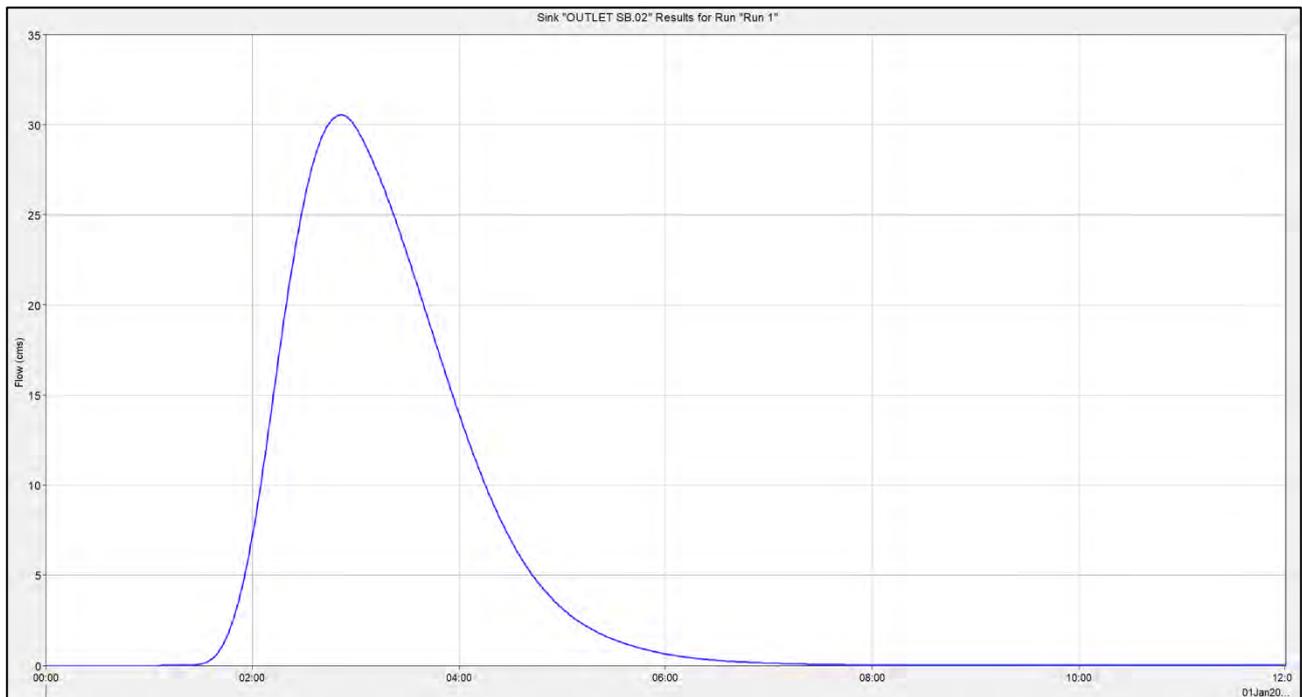


Figura 25: Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.02

7.3 Bacino SB.03

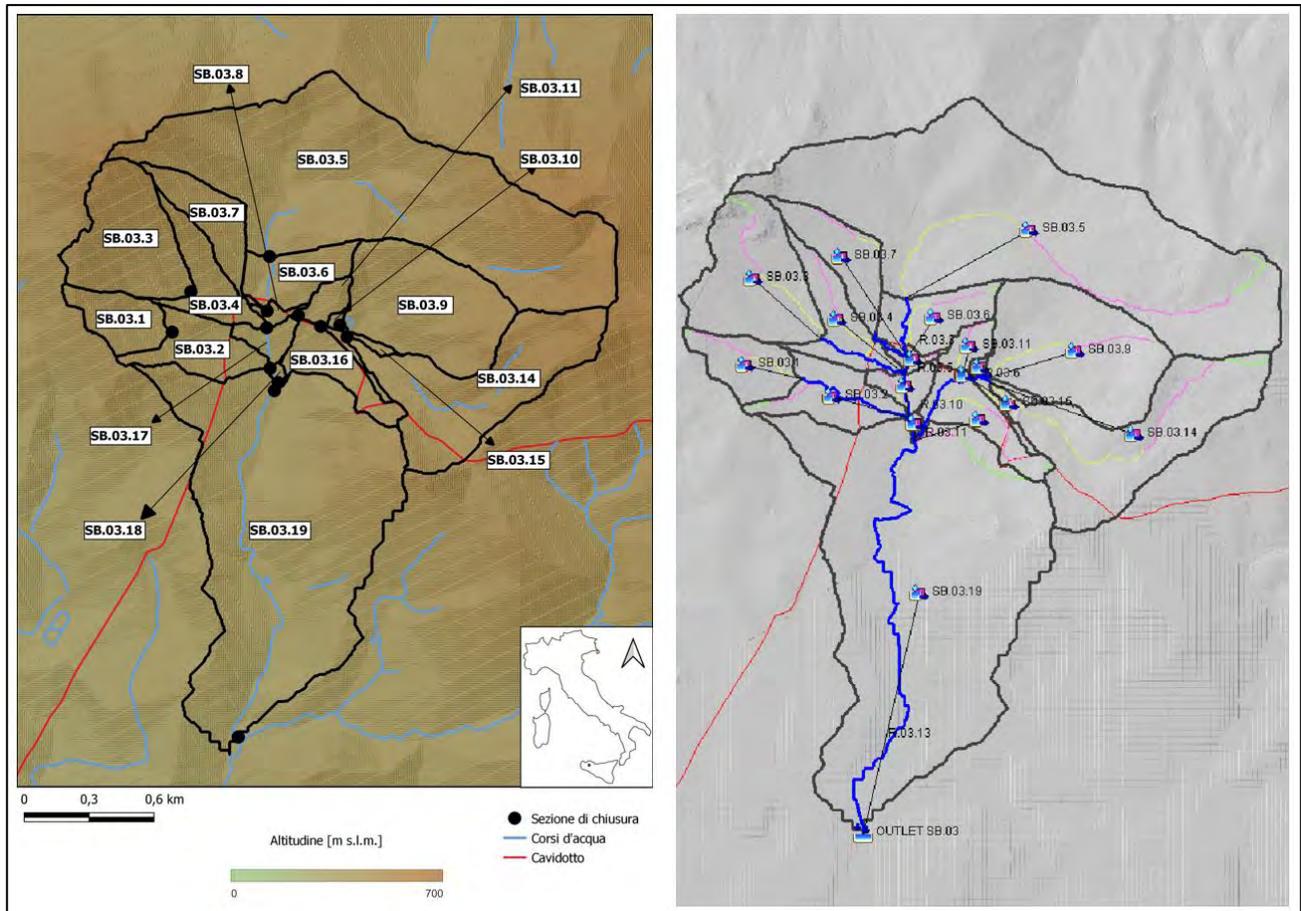


Figura 26: Bacino SB.03 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno e alla modellazione in HEC-HMS

Il bacino SB.03, riportato in Figura 26, comprende al suo interno le interferenze dalla I.9 alla I.12. L'area in esame riguarda il Fosso Arcivocale e relativi corsi d'acqua affluenti, la sezione di chiusura è situata in corrispondenza dell'affluenza nel Vallone di Malvello dalla destra idraulica. Il bacino è stato suddiviso in 19 sotto-bacini, al fine di valutare gli idrogrammi di piena sia a monte, per la determinazione delle condizioni al contorno della simulazione bidimensionale in HEC-RAS (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.07* – “*Relazione Idraulica*”), che a valle delle interferenze in esame.

La stima del parametro CN è stata condotta in base alla litologia del suolo (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.02.2* – “*Carta Geologica*”), e alla carta dell'Uso del Suolo del 2012, secondo progetto Corine Land Cover fino al III Livello, reperibile dal Geoportale Nazionale (Figura 27). I valori del parametro CN sono riportati nelle seguenti Tabelle.

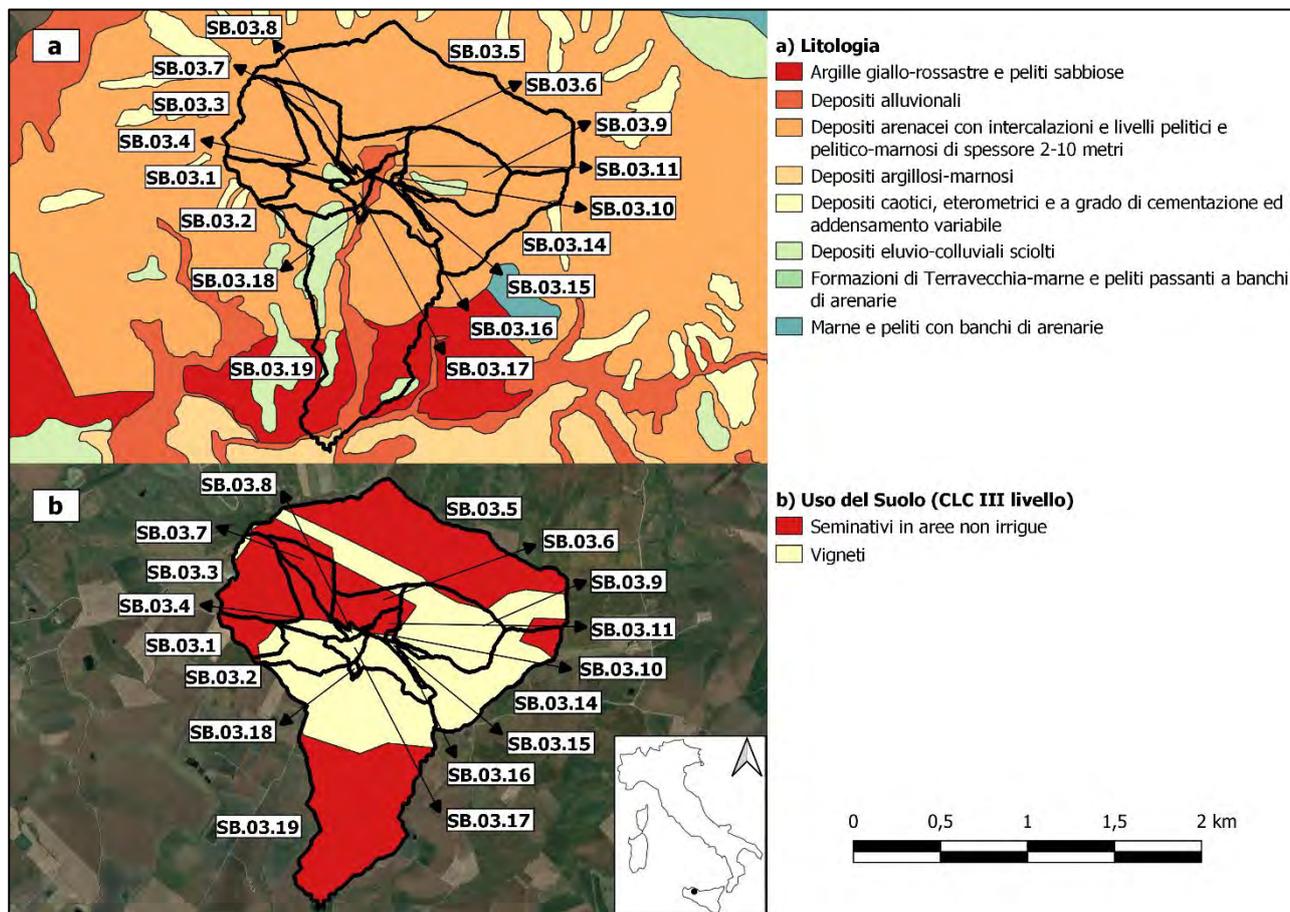


Figura 27: Bacino SB.03 in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000 (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2012 secondo progetto CLC al III livello (b)

Tabella 19: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.1

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Vigneti	tra B e C	72	29.15
2	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	69.70
3	Seminativi in aree non irrigue	A	62	1.15

Tabella 20: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.2

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	1.76
2	Vigneti	tra B e C	72	84.40
3	Vigneti	B	66	13.84

Tabella 21: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.3

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	95.60
2	Vigneti	tra B e C	72	4.40

Tabella 22: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.4

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	60.44
2	Vigneti	tra B e C	72	21.56
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	0.08
4	Vigneti	B	66	17.91

Tabella 23: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.5

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	74.79
2	Vigneti	tra B e C	72	25.21

Tabella 24: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.6

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	61.78
2	Vigneti	tra B e C	72	6.21
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	32.01

Tabella 25: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.7

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	99.42
2	Vigneti	tra B e C	72	0.58

Tabella 26: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.8

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	14.67
2	Vigneti	tra B e C	72	56.82
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	17.11
4	Vigneti	B	66	4.50
5	Vigneti	B	66	6.90

Tabella 27: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.9

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	8.72
2	Vigneti	tra B e C	72	79.87
3	Vigneti	B	66	11.42

Tabella 28: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.10

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	44.85
2	Vigneti	tra B e C	72	55.15

Tabella 29: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.11

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	49.88
2	Vigneti	tra B e C	72	5.32
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	40.88
4	Vigneti	B	66	3.92

Tabella 30: : Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.12

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Vigneti	tra B e C	72	100

Tabella 31: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.13

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Vigneti	tra B e C	72	100

Tabella 32: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.14

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	11.08
2	Vigneti	tra B e C	72	88.41
3	Seminativi in aree non irrigue	A	62	0.09
4	Vigneti	A	45	0.41

Tabella 33: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.15

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Vigneti	tra B e C	72	100

Tabella 34: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.16

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Vigneti	tra B e C	72	80.98
2	Seminativi in aree non irrigue	B	71	0.33
3	Vigneti	B	66	18.69

Tabella 35: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.17

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Vigneti	tra B e C	72	62.2
2	Vigneti	B	66	23.1
3	Vigneti	B	66	14.7

Tabella 36: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.18

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Vigneti	tra B e C	72	78.92
2	Vigneti	B	66	21.08

Tabella 37: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.03.19

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	D	81	0.99
2	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	14.22
3	Vigneti	tra B e C	72	30.36
4	Seminativi in aree non irrigue	D	81	25.18
5	Seminativi in aree non irrigue	B	71	11.19
6	Vigneti	B	66	2.35
7	Seminativi in aree non irrigue	B	71	6.86
8	Vigneti	B	66	8.83

La stima del parametro CN in riferimento ai sotto-bacini in esame e per il totale bacino SB.03, è stata effettuata attraverso una media pesata, secondo l'area occupata rispetto al totale, dei parametri delle diverse zone.

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, o 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 valore del tempo di ritorno pari a 200 anni e di durata pari al tempo di corrivazione.

I valori delle altezze di precipitazione ottenute sono stati moltiplicati per il coefficiente di riduzione areale *ARF* [Koutosyiannis, 1997], variabile per ogni sotto-bacino dell'area di interesse e dipendente dalla durata dell'evento. La Tabella seguente riporta i parametri per la determinazione dello ietogramma di progetto.

Tabella 38: 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]	ARF(A,t _c)	h _{200(t_c)} ×ARF [mm]
SB.03	4.17	73	7.39	0.14	2.93	1.76	0.95	90.29
SB.03.1	0.10	74	0.72	0.16	0.31	0.19	0.97	42.95
SB.03.2	0.12	71	0.97	0.12	0.51	0.30	0.97	51.96
SB.03.3	0.26	75	1.02	0.23	0.34	0.20	0.96	43.99
SB.03.4	0.11	73	1.14	0.13	0.52	0.31	0.97	52.62
SB.03.5	1.16	74	2.58	0.20	0.78	0.47	0.94	60.00
SB.03.6	0.11	74	0.78	0.15	0.36	0.21	0.97	45.28
SB.03.7	0.11	75	1.29	0.17	0.47	0.28	0.97	50.85
SB.03.8	0.01	72	0.29	0.10	0.21	0.13	0.99	37.38
SB.03.9	0.35	72	1.04	0.21	0.40	0.24	0.96	46.36
SB.03.10	0.01	73	0.23	0.18	0.12	0.07	0.99	30.42
SB.03.11	0.03	73	0.40	0.16	0.21	0.12	0.98	36.91
SB.03.12	0.00	72	0.02	0.08	0.03	0.02	1.00	18.08
SB.03.13	0.00	72	0.01	0.05	0.01	0.01	1.00	13.15
SB.03.14	0.38	72	1.90	0.20	0.65	0.39	0.96	56.12
SB.03.15	0.02	72	0.55	0.14	0.28	0.17	0.98	41.98
SB.03.16	0.10	71	1.16	0.14	0.53	0.32	0.98	52.94
SB.03.17	0.04	70	0.38	0.10	0.26	0.16	0.98	40.69
SB.03.18	0.01	71	0.24	0.09	0.19	0.11	0.99	36.20
SB.03.19	1.26	74	3.12	0.13	1.12	0.67	0.95	67.22

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, di tali caratteristiche, e schematizzando il modello idrologico così come descritto nel paragrafo 6.4, si ottengono i relativi idrogrammi di piena presso le sezioni di chiusura di tutti i sotto-bacini, riportati dalla Figura 28 alla Figura 46.

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	64 di 99

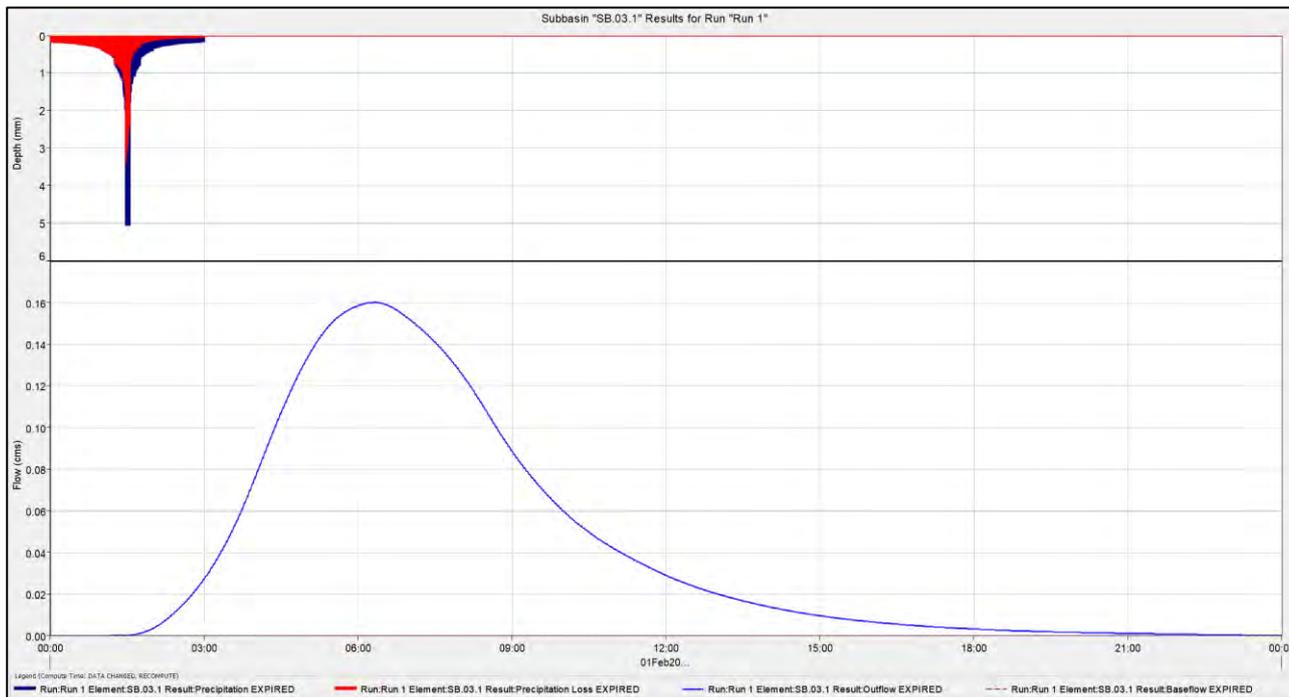


Figura 28: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.1



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

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	65 di 99

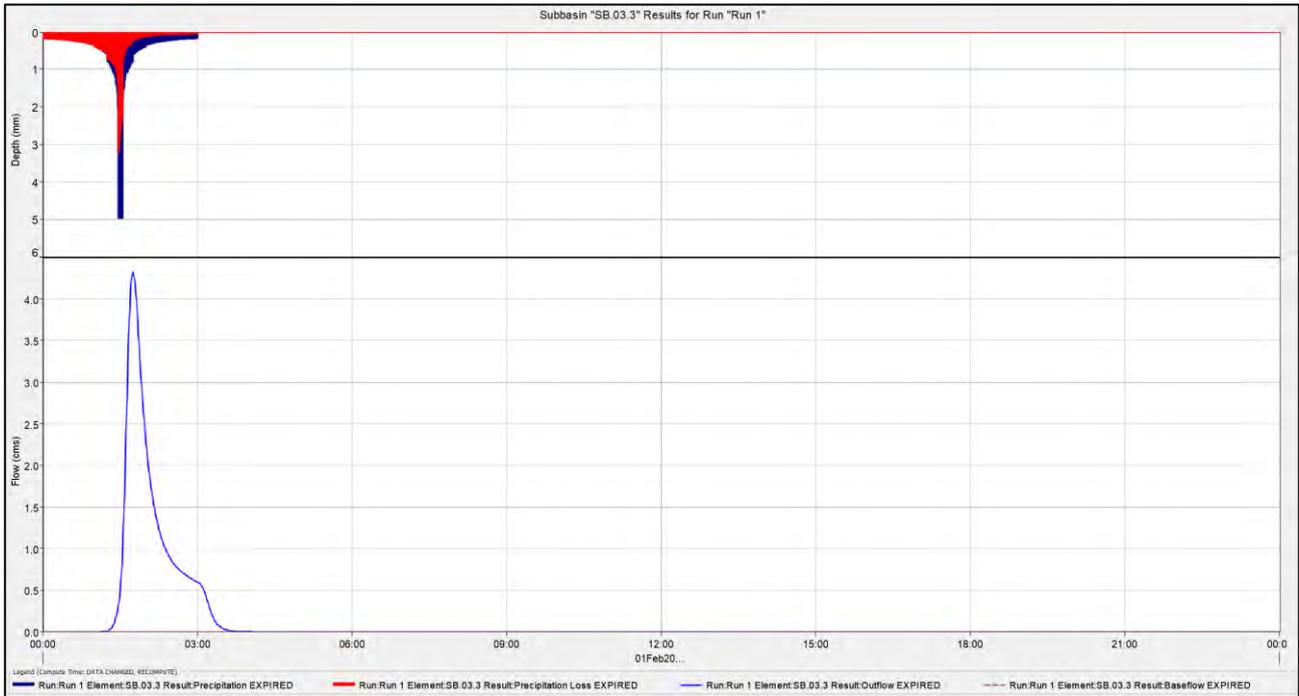


Figura 30: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.3

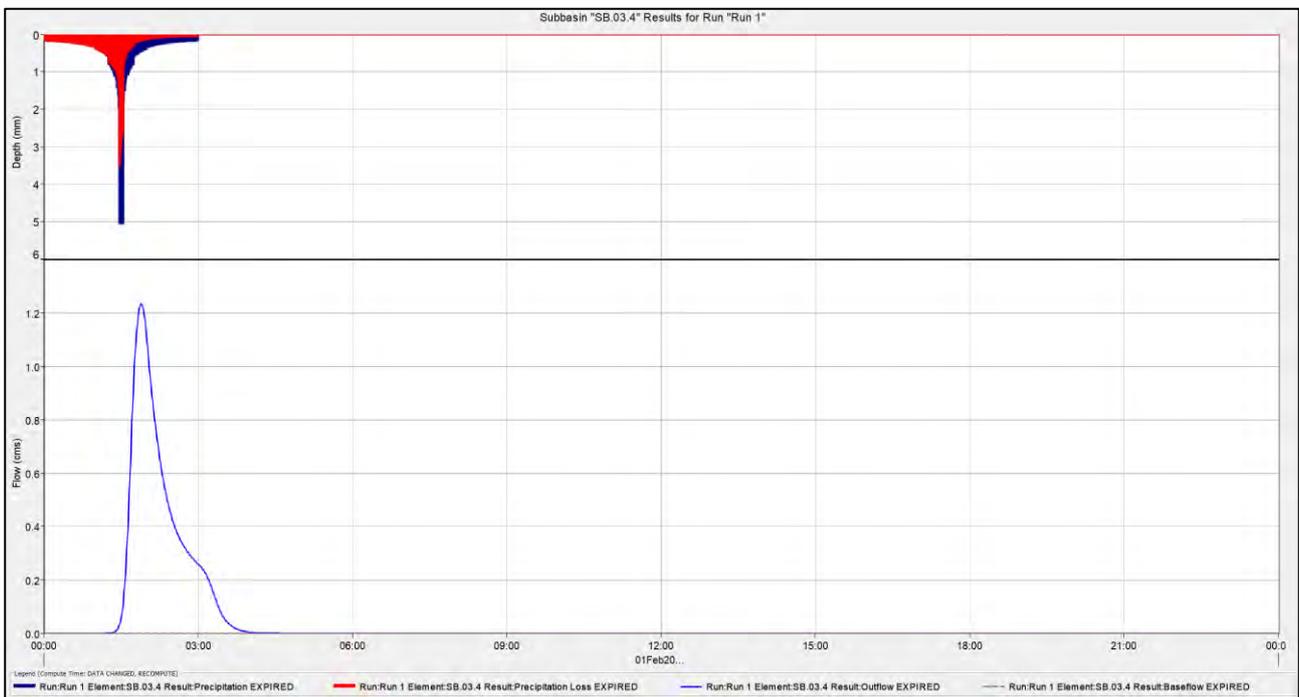


Figura 31: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.4

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	66 di 99

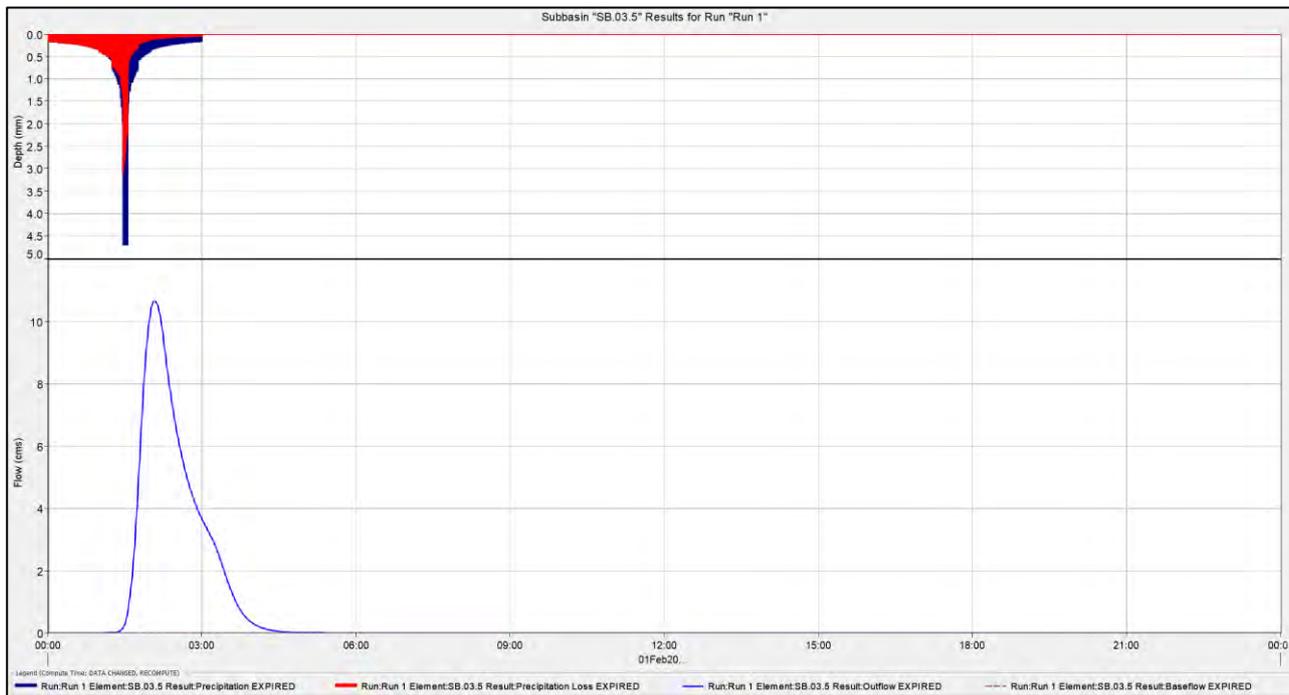


Figura 32: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.5



Figura 33: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.6

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	67 di 99

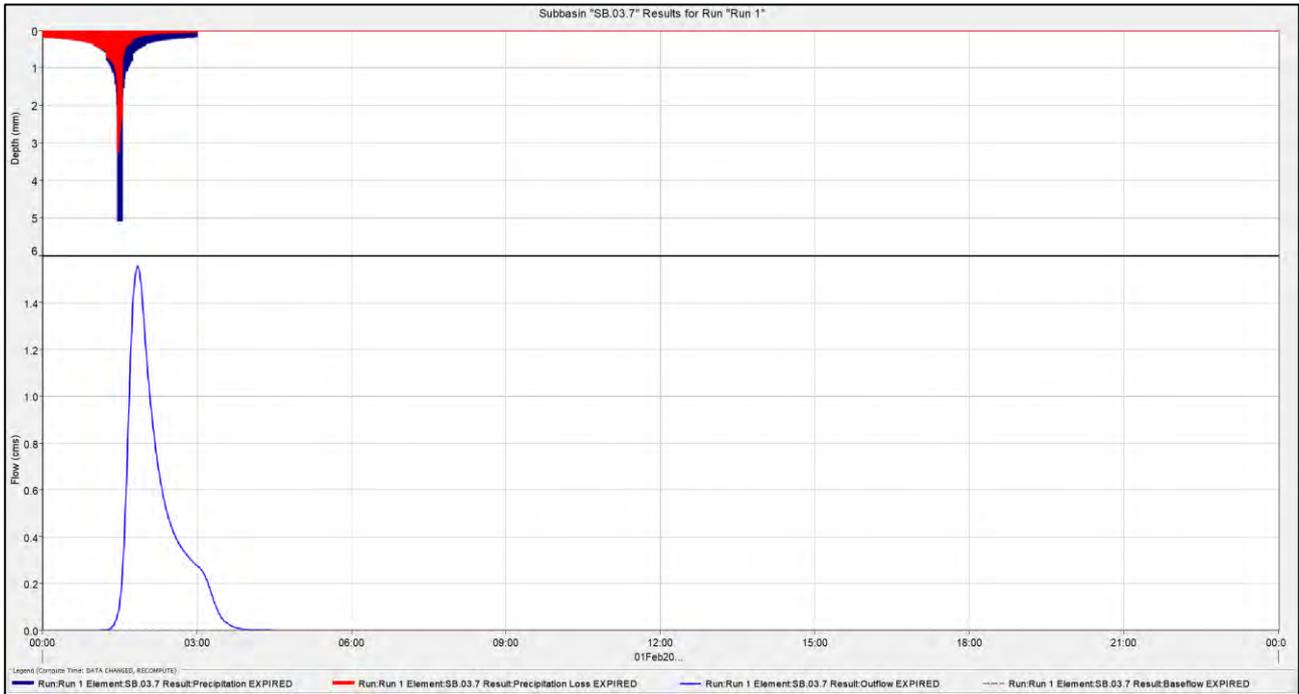


Figura 34: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.7



Figura 35: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.8

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	68 di 99

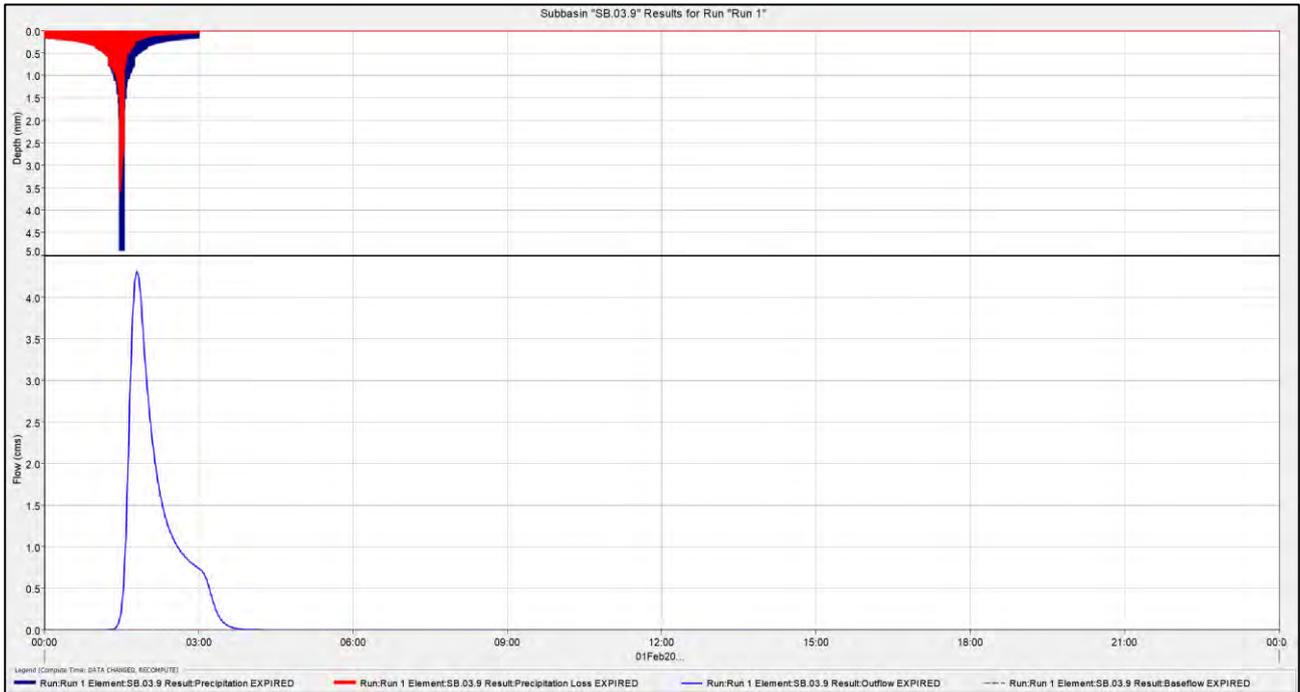


Figura 36: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.9



Figura 37: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.10

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	69 di 99

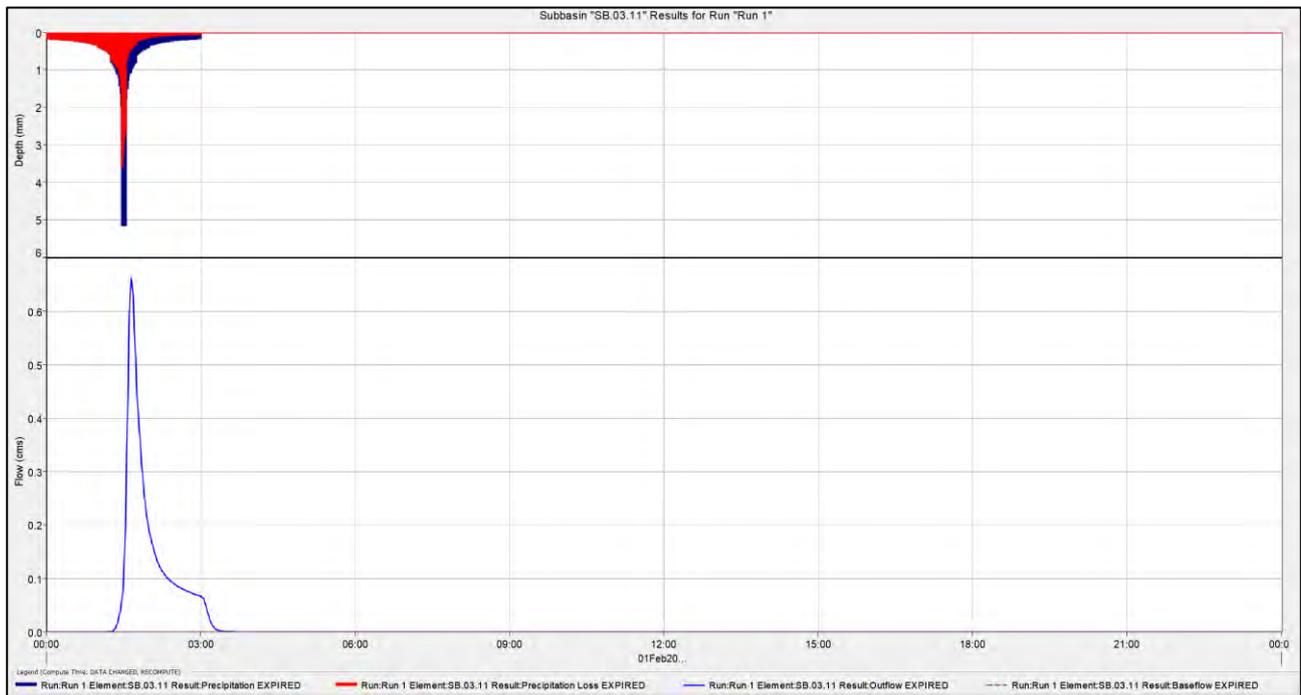


Figura 38: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.11



Figura 39: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.12

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	70 di 99



Figura 40: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.13

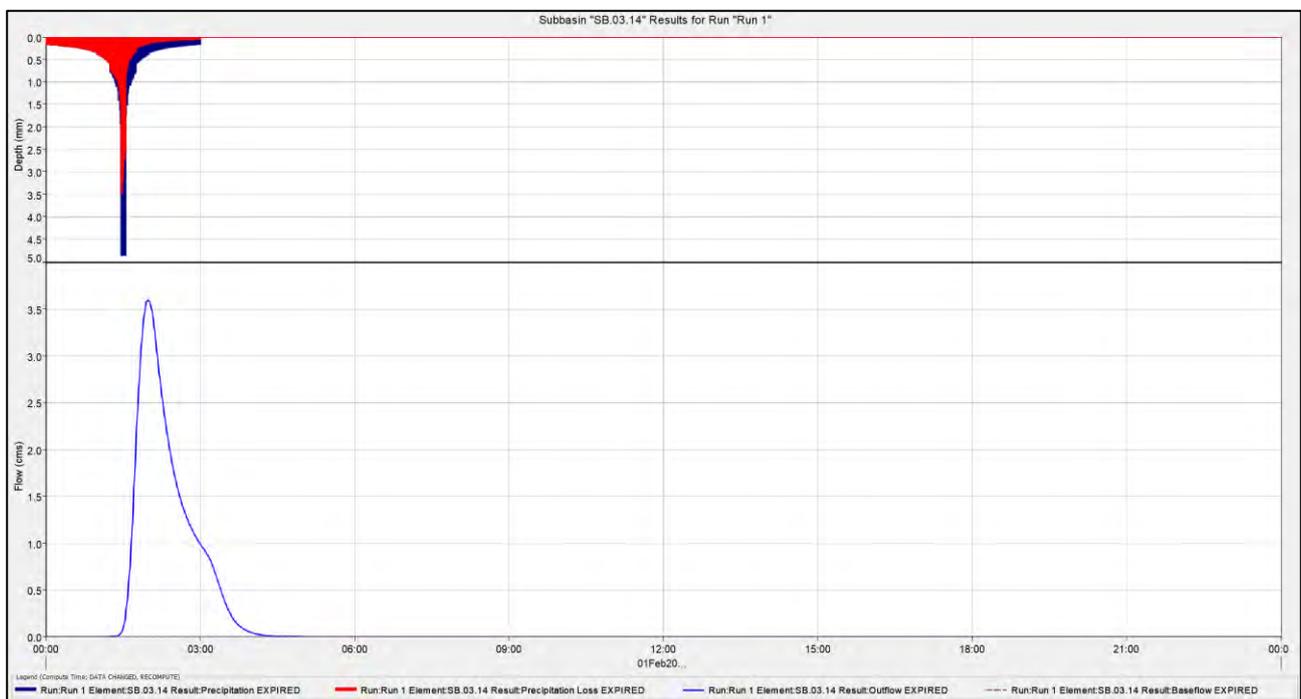


Figura 41: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.14

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	71 di 99



Figura 42: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.15

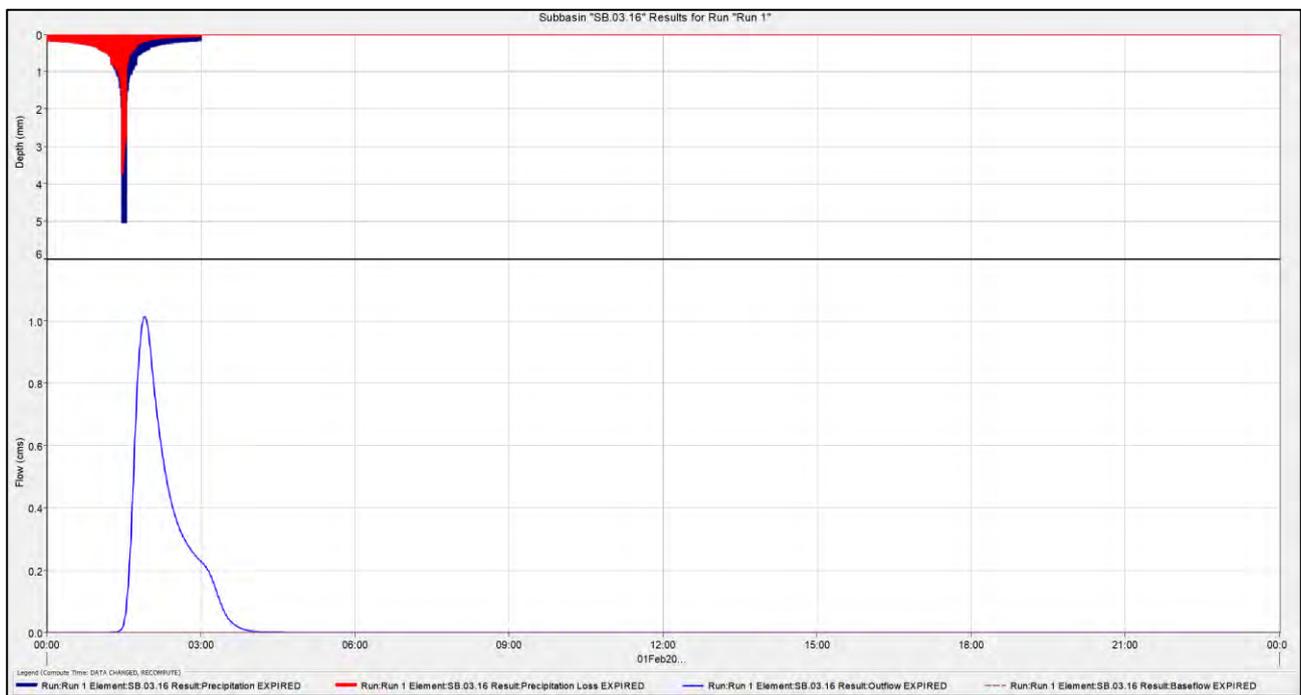


Figura 43: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.16

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	72 di 99

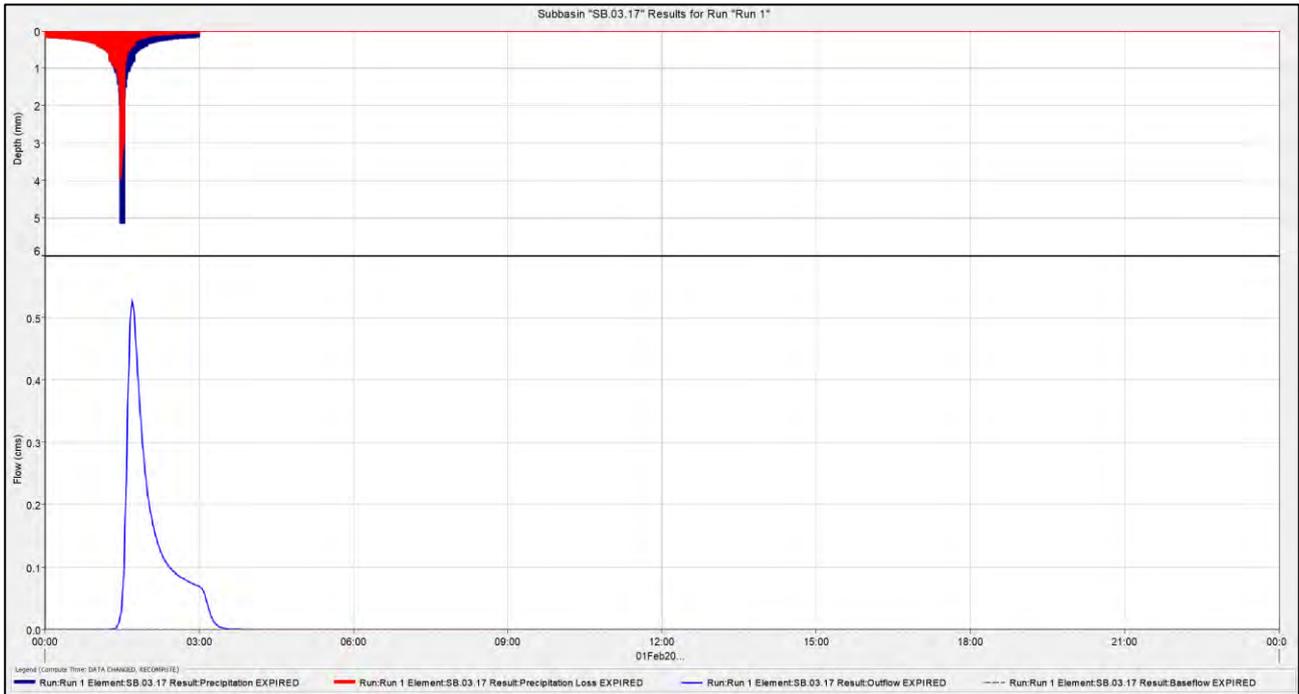


Figura 44: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.17



Figura 45: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.18

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	73 di 99

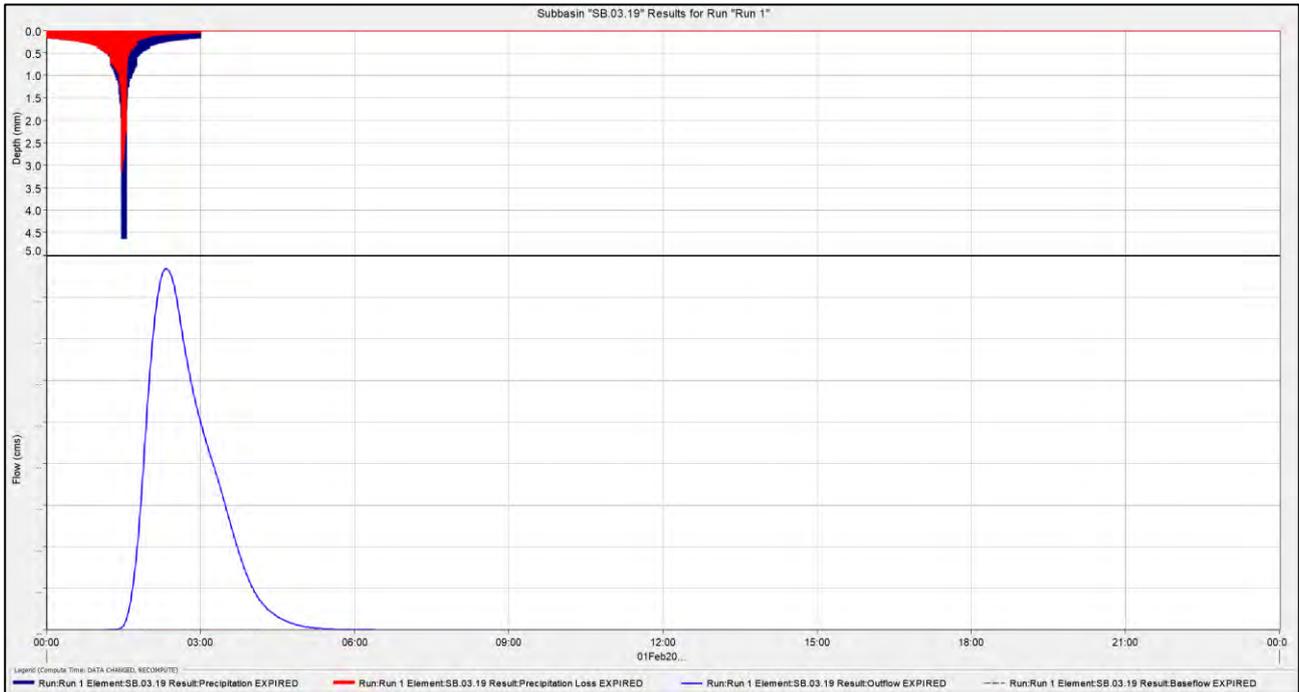


Figura 46: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.03.19

L'idrogramma totale presso la sezione di chiusura del bacino SB.03 totale, dato dal contributo di tutti i sotto-bacini, tenendo in considerazione la propagazione e l'attenuazione delle onde di piena, è riportato in Figura 47.

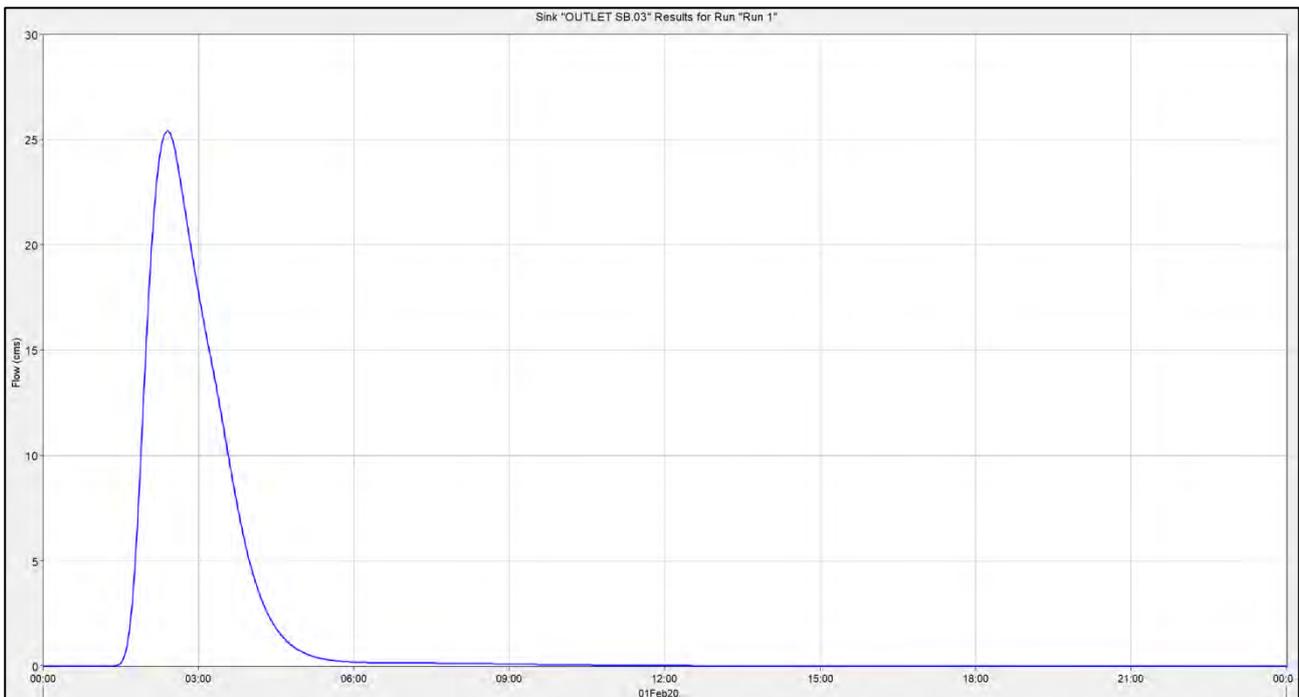


Figura 47: Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.03

7.4 Bacino SB.04

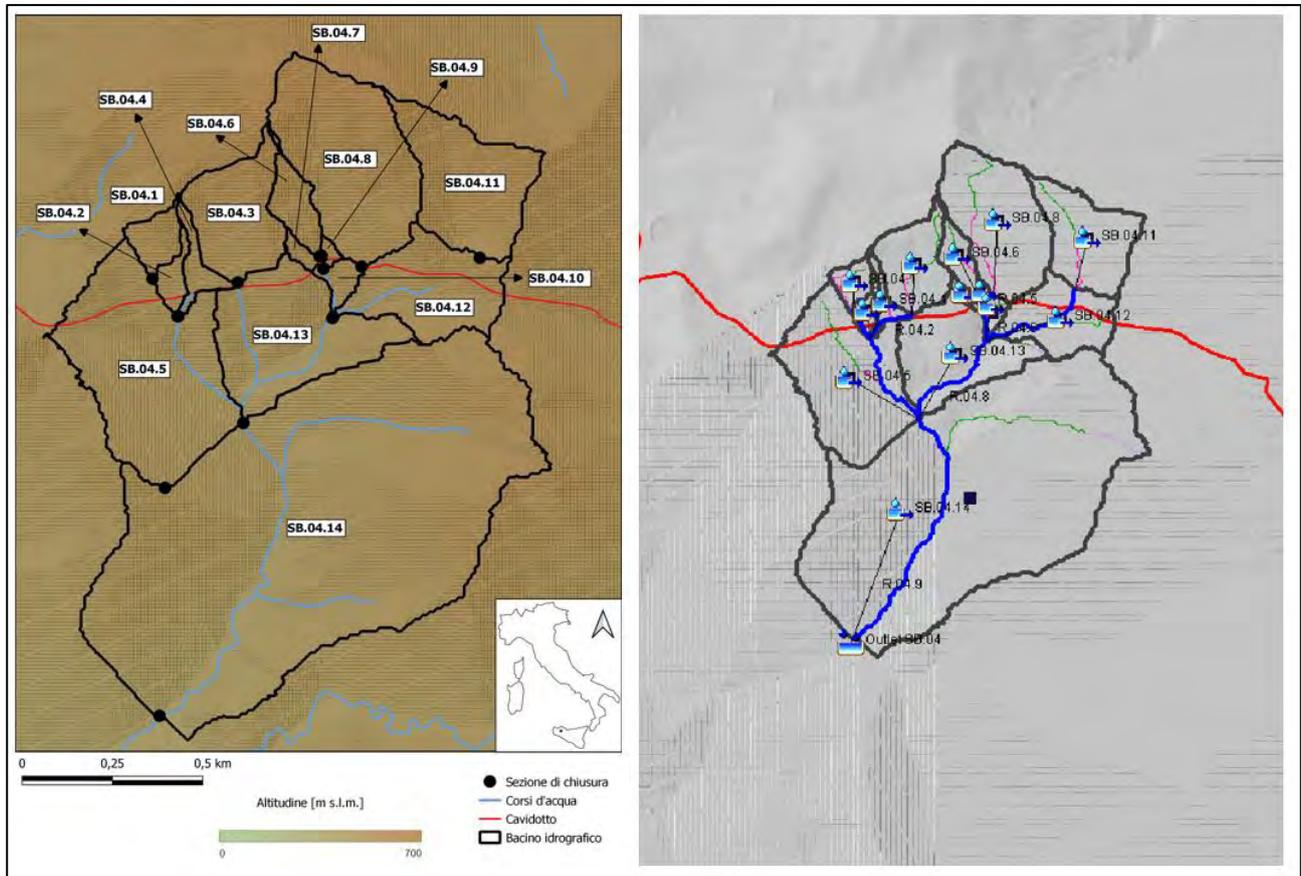


Figura 48: Bacino SB.04 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno e alla modellazione in HEC-HMS

Il bacino SB.04, riportato in Figura 48, comprende al suo interno le interferenze dalla I.13 alla I.17. L'area in esame riguarda il Fosso Palastanga e relativi corsi d'acqua affluenti, il quale si unisce al Fosso Arcivocale per poi confluire nel Vallone di Malvello. La sezione di chiusura è situata in corrispondenza dell'unione dei due corsi d'acqua prima citati. Il bacino è stato suddiviso in 14 sotto-bacini, al fine di valutare gli idrogrammi di piena sia a monte, per la determinazione delle condizioni al contorno della simulazione bidimensionale in HEC-RAS (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.07 – "Relazione Idraulica"*), che a valle delle interferenze in esame.

La stima del parametro CN è stata condotta in base alla litologia del suolo (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.02.2 – "Carta Geologica"*), e alla carta dell'Uso del Suolo del 2012, secondo progetto Corine Land Cover fino al III Livello, reperibile dal Geoportale Nazionale (Figura 48). I valori del parametro CN sono riportati nelle seguenti Tabelle.

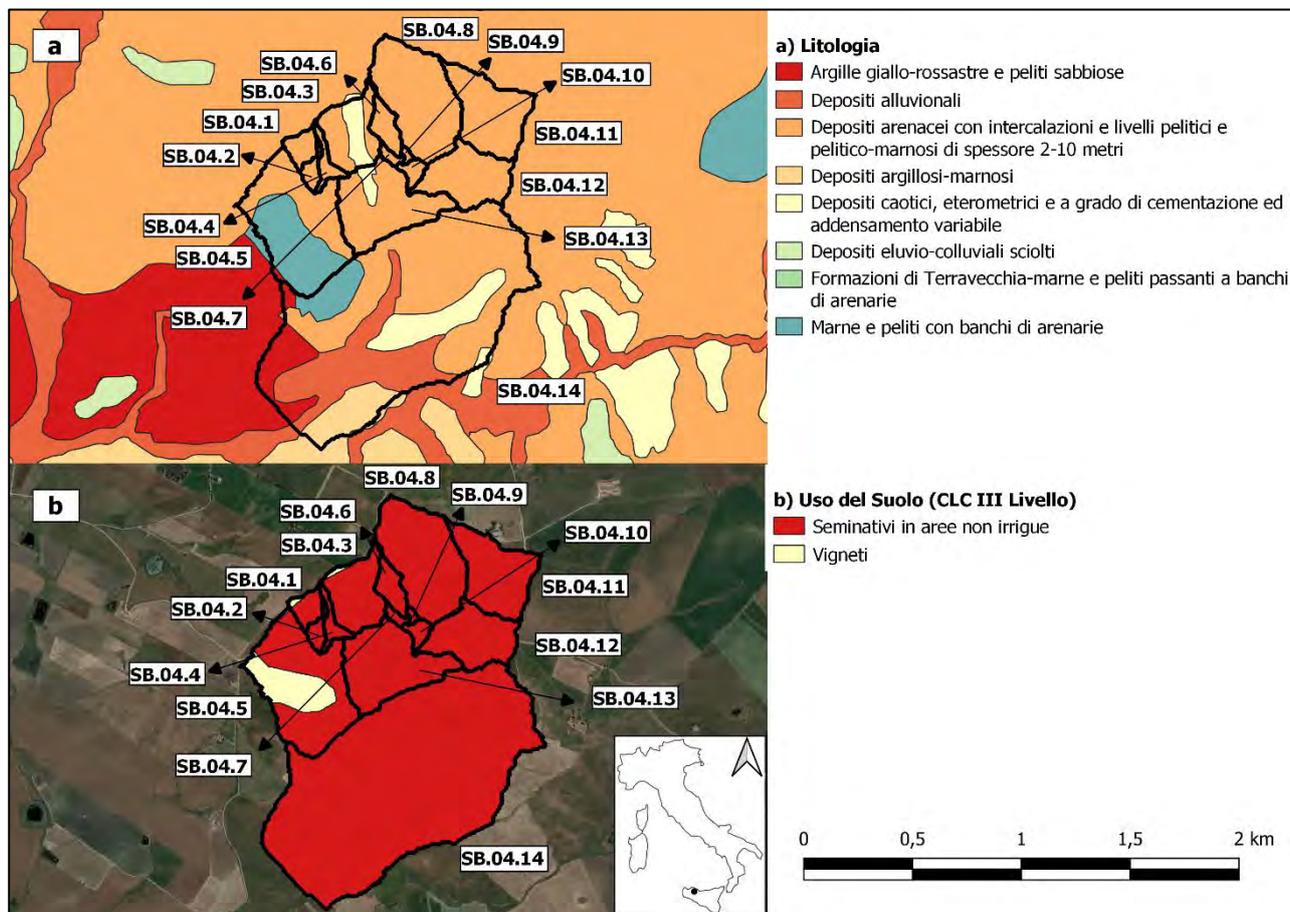


Figura 49: Bacino SB.04 in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000 (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2012 secondo progetto CLC al III livello (b)

Tabella 39: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.1

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	89.29
2	Vigneti	tra B e C	72	10.71

Tabella 40: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.2

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	100.00

Tabella 41: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.3

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	61.77
2	Vigneti	tra B e C	72	3.19
3	0	A	62	34.45
4	0	A	45	0.59

Tabella 42: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.4

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	99.88
2	Vigneti	tra B e C	72	0.12

Tabella 43: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.5

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	B	71	31.30
2	Vigneti	B	66	21.12
3	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	37.51
4	Vigneti	tra B e C	72	8.80
5	Seminativi in aree non irrigue	D	81	1.27

Tabella 44: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.6

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	100.00

Tabella 45: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.7

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	100.00

Tabella 46: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.8

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	100.00

Tabella 47: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.9

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	100.00

Tabella 48: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.10

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	100.00

Tabella 49: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.11

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	tra B e C	tra B e C	75	100.00

Tabella 50: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.12

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	100

Tabella 51: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.13

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	91.89
2	Seminativi in aree non irrigue	A	62	8.11

Tabella 52: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.04.14

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	D	81	7.61
2	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	46.32
3	Seminativi in aree non irrigue	D	81	7.79
4	Seminativi in aree non irrigue	B	71	22.82
5	Seminativi in aree non irrigue	A	62	9.95
6	Seminativi in aree non irrigue	B	71	5.50

La stima del parametro CN in riferimento ai sotto-bacini in esame e per il totale bacino SB.04, è stata effettuata attraverso una media pesata, secondo l'area occupata rispetto al totale, dei parametri delle diverse zone.

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, o 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 valore del tempo di ritorno pari a 200 anni e di durata pari al tempo di corrivazione.

I valori delle altezze di precipitazione ottenute sono stati moltiplicati per il coefficiente di riduzione areale ARF [Koutosyiannis, 1997], variabile per ogni sotto-bacino dell'area di interesse e dipendente dalla durata dell'evento. La Tabella seguente riporta i parametri per la determinazione dello ietogramma di progetto.

Tabella 53: Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.04 e relativi sotto-bacini

	A [km ²]	CN	L principale [km]	P. media	t. corriv. [h]	t. ritardo [h]	ARF(A,t _c)	h ₂₀₀ (t _c) × ARF [mm]
SB.04	1.68	75	3.92	0.43	1.05	0.63	0.94	65.21
SB.04.1	0.02	75	0.37	2.46	0.05	0.03	0.97	20.40

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	78 di 99

SB.04.2	0.01	75	0.39	0.37	0.13	0.08	0.98	30.44
SB.04.3	0.07	70	0.63	0.21	0.27	0.16	0.97	40.64
SB.04.4	0.01	75	0.45	0.19	0.19	0.12	0.98	36.14
SB.04.5	0.20	72	0.80	0.20	0.33	0.20	0.96	43.10
SB.04.6	0.02	75	0.48	0.21	0.19	0.11	0.98	35.71
SB.04.7	0.01	75	0.21	0.19	0.10	0.06	0.99	28.48
SB.04.8	0.16	75	0.79	0.71	0.16	0.09	0.95	32.18
SB.04.9	0.00	75	0.17	0.18	0.09	0.05	0.99	26.77
SB.04.10	0.01	75	0.27	0.30	0.10	0.06	0.98	28.14
SB.04.11	0.11	75	0.60	0.17	0.26	0.16	0.97	39.85
SB.04.12	0.09	75	0.65	0.25	0.23	0.14	0.97	37.82
SB.04.13	0.13	74	0.81	0.23	0.29	0.17	0.97	41.31
SB.04.14	0.82	76	1.88	0.38	0.42	0.25	0.94	46.10

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, di tali caratteristiche, e schematizzando il modello idrologico così come descritto nel paragrafo 6.4, si ottengono i relativi idrogrammi di piena presso le sezioni di chiusura di tutti i sotto-bacini, riportati dalla Figura 50 alla Figura 63.



Figura 50: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.1

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	79 di 99



Figura 51: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.2

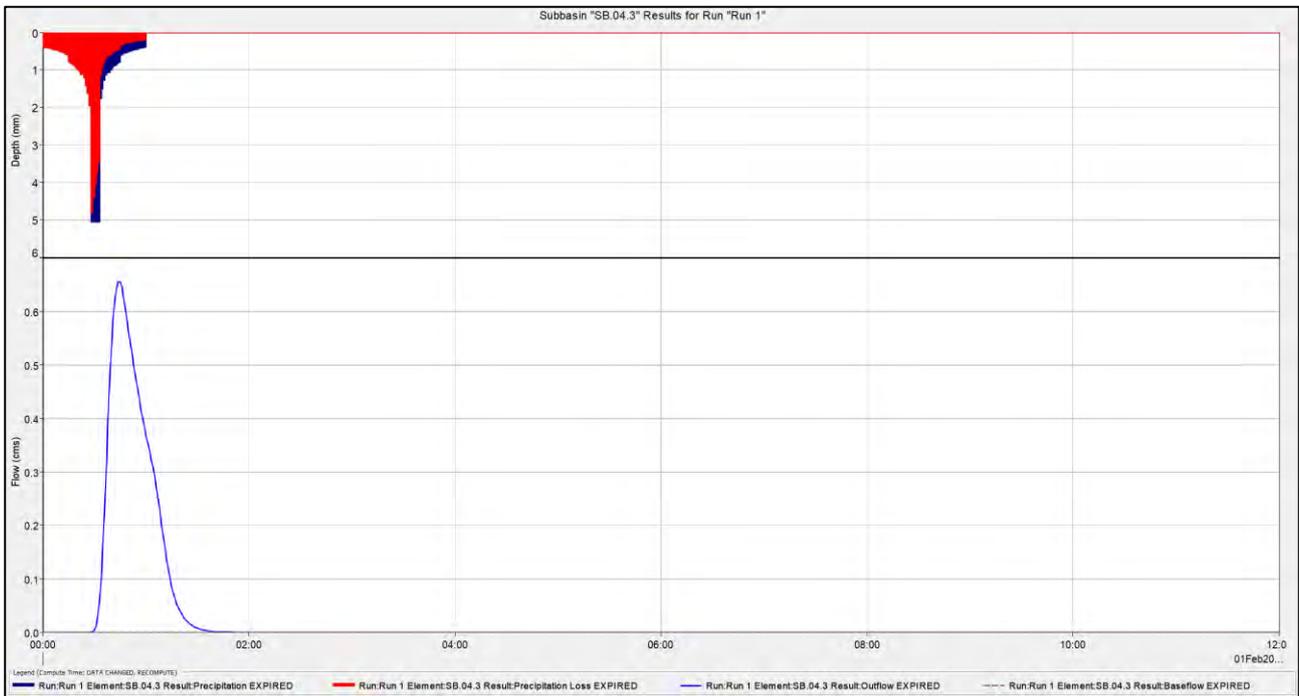


Figura 52: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.3

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	80 di 99

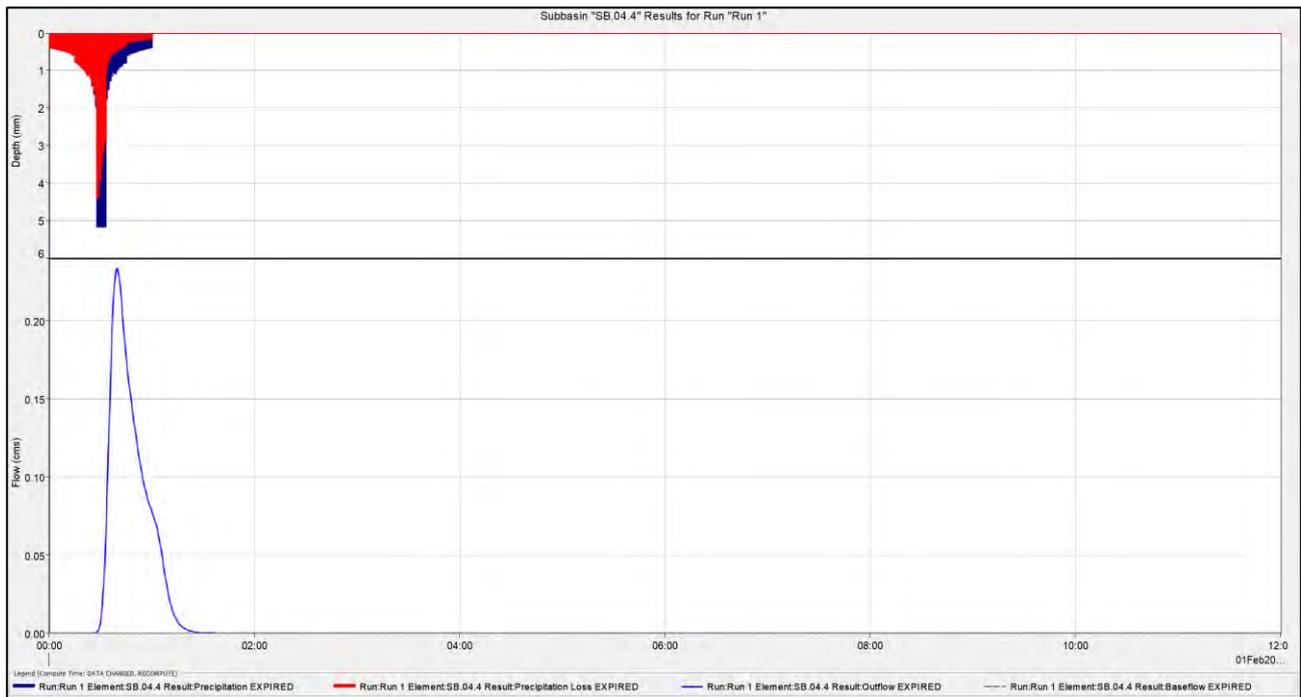


Figura 53: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.4



Figura 54: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.5

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	81 di 99

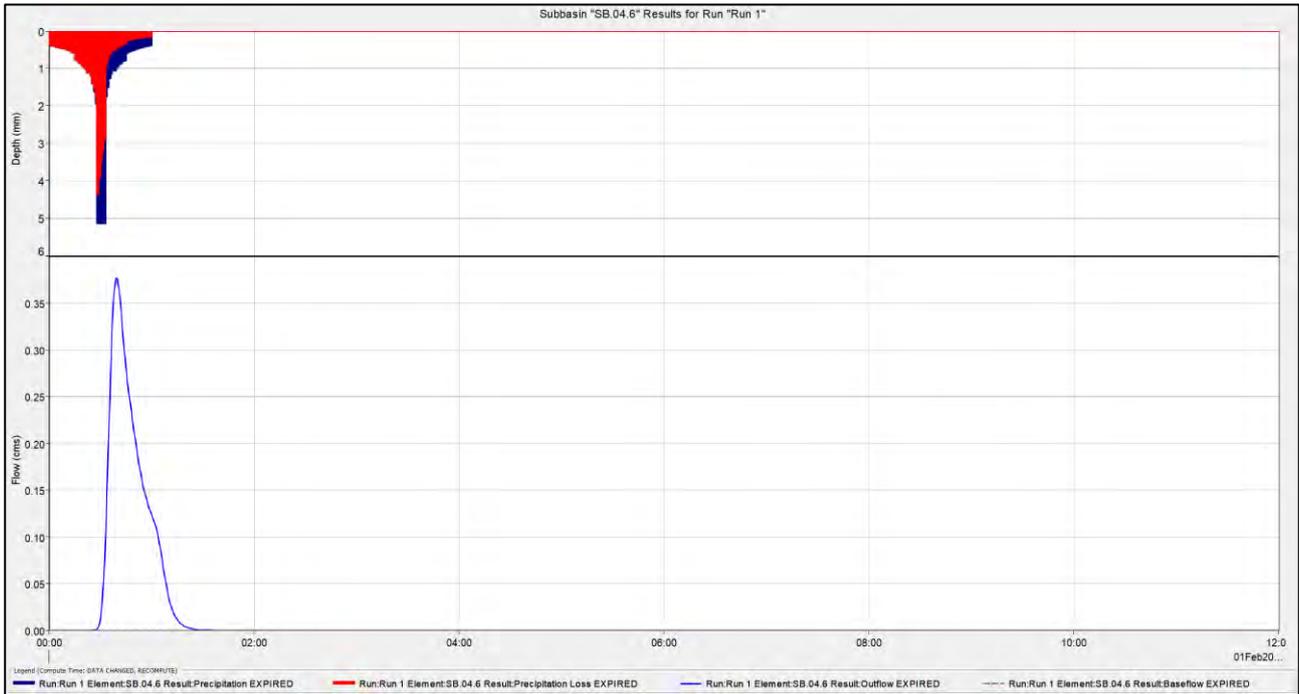


Figura 55: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.6

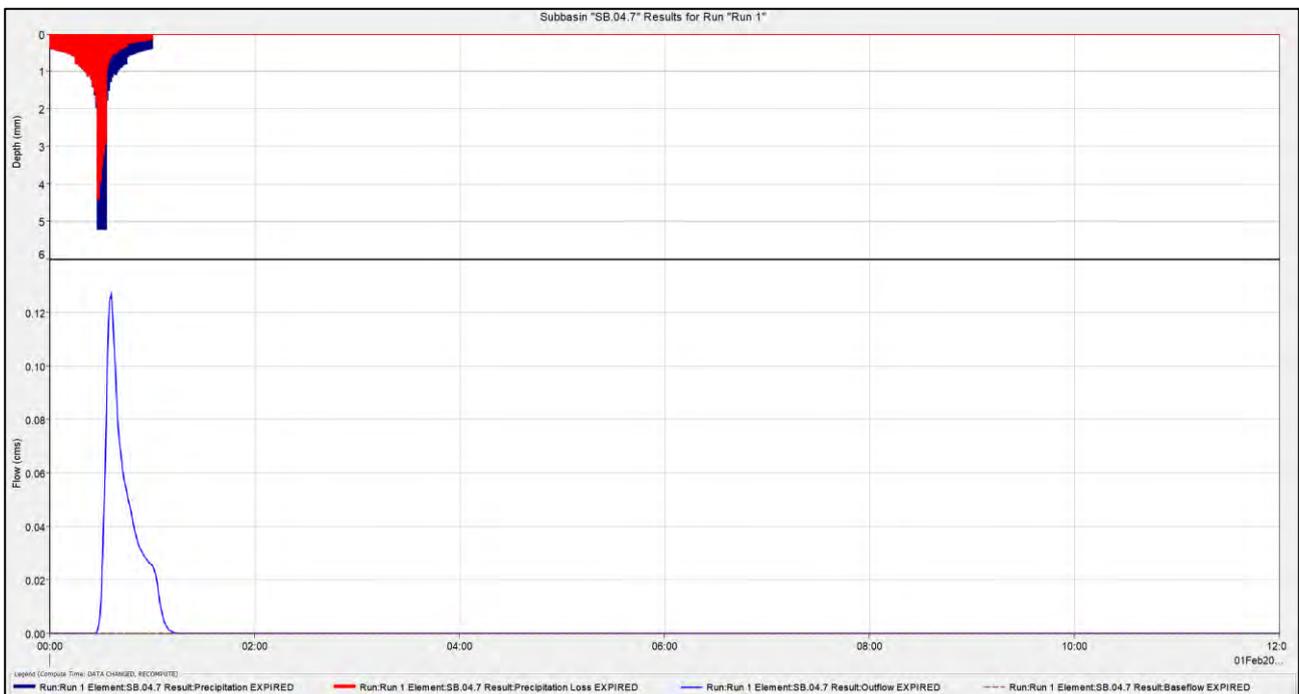


Figura 56: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.7

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	82 di 99

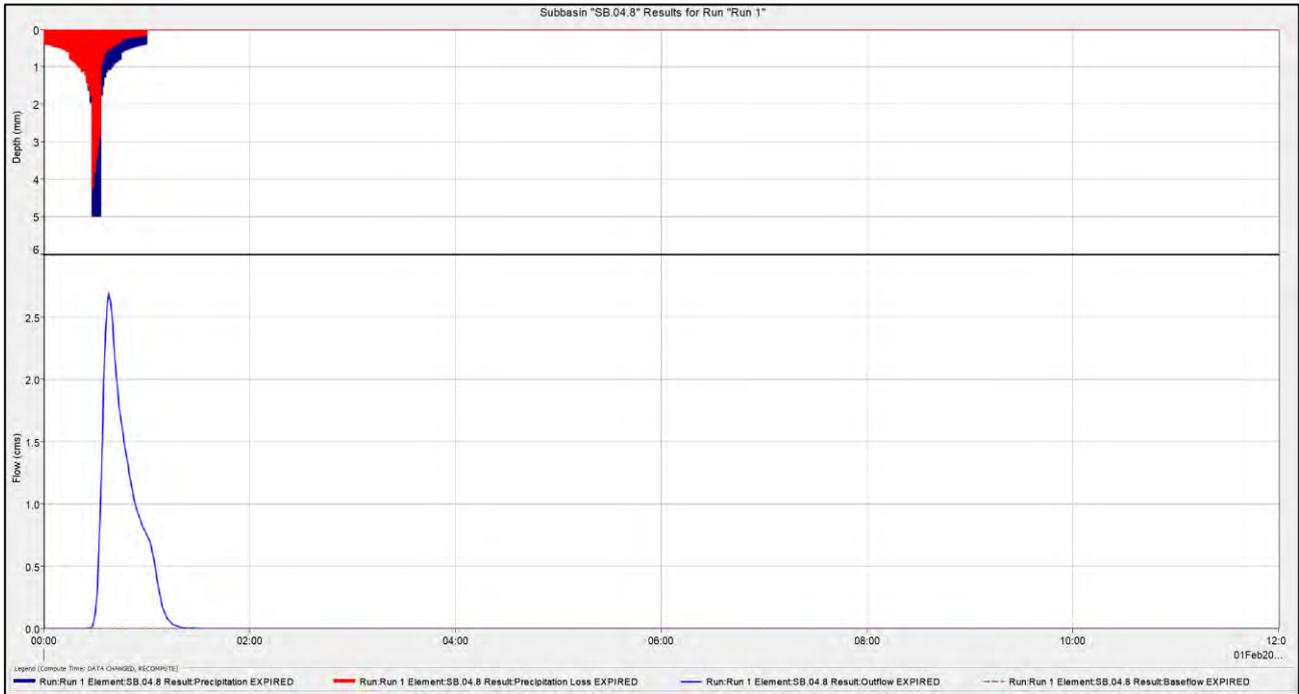


Figura 57: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.8



Figura 58: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.9

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	83 di 99

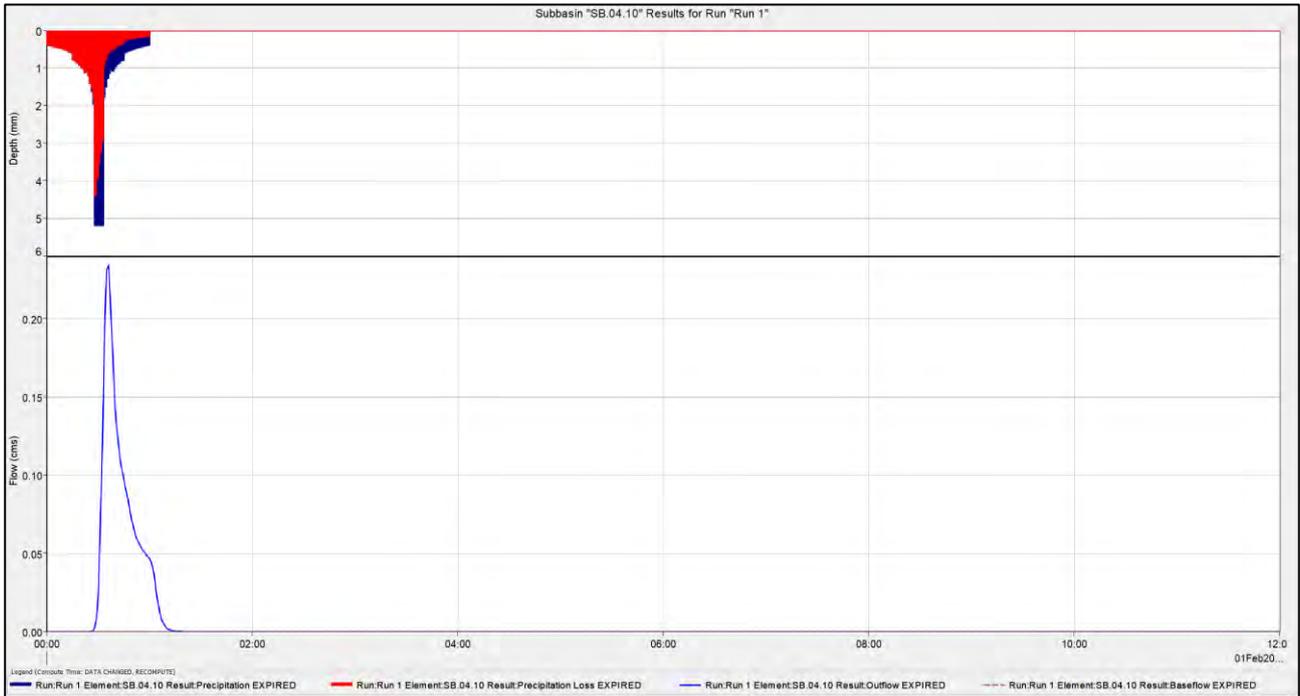


Figura 59: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.10



Figura 60: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.11

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	84 di 99

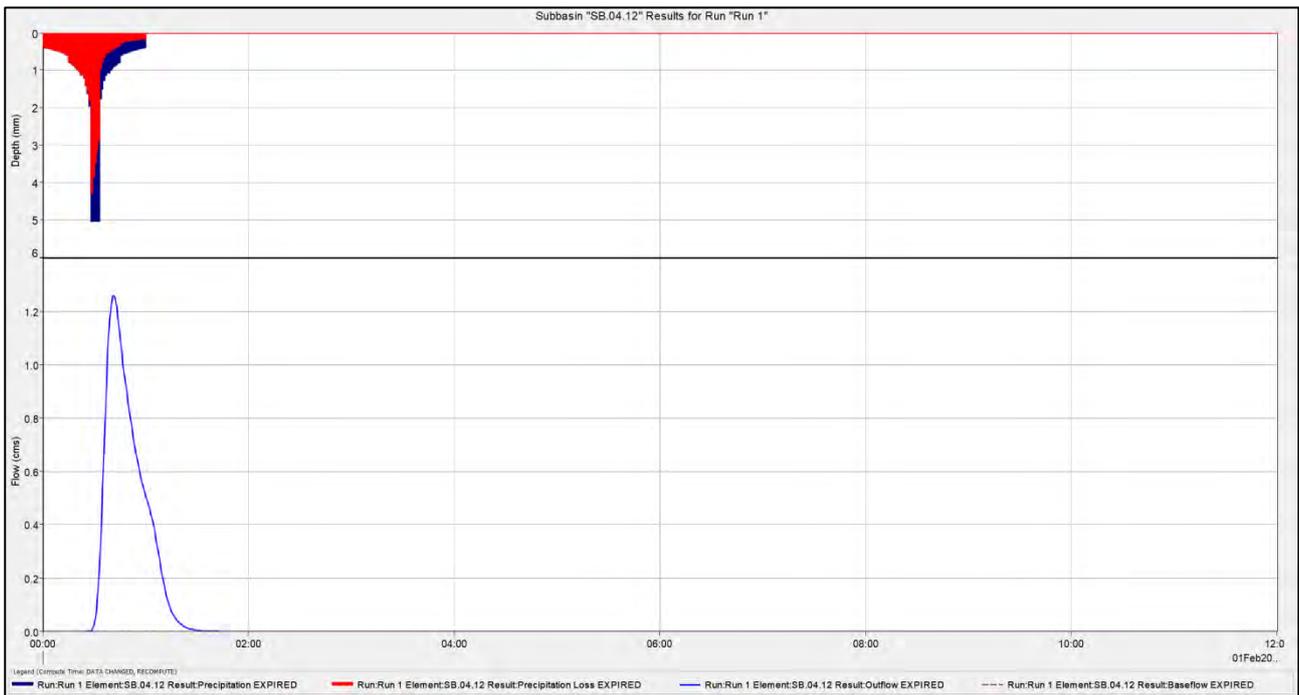


Figura 61: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.12



Figura 62: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.13

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	85 di 99

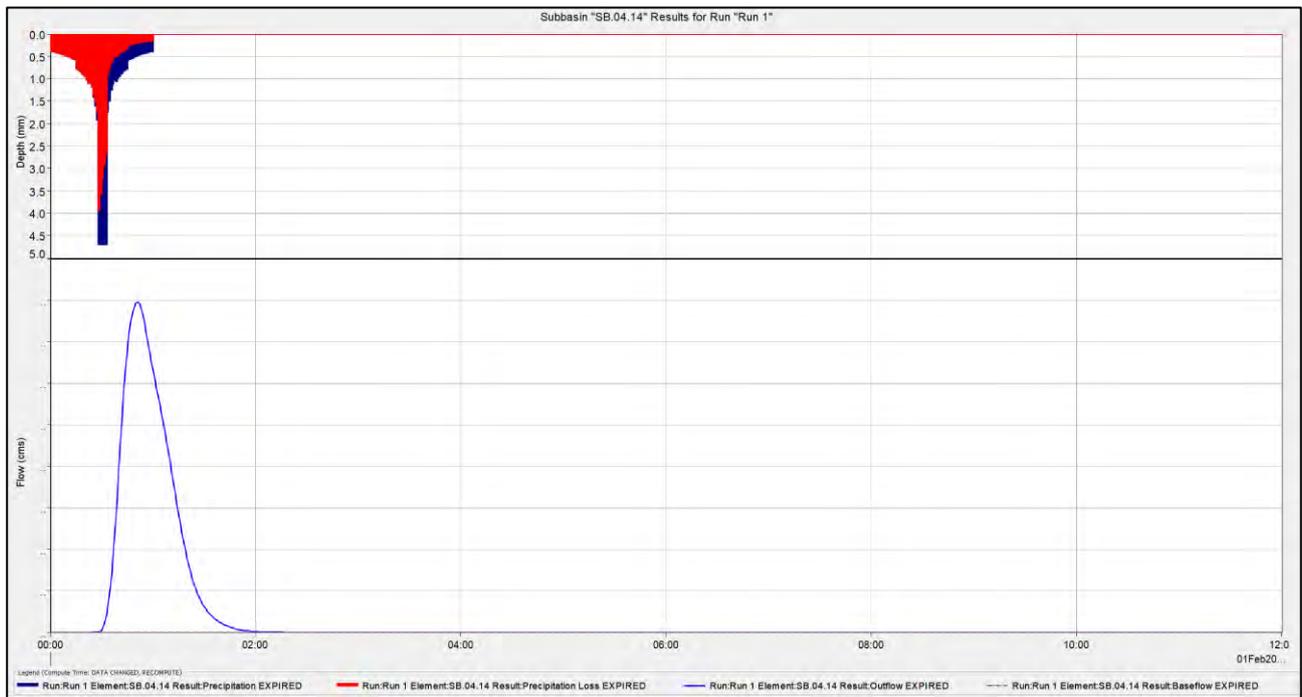


Figura 63: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.04.14

L'idrogramma totale presso la sezione di chiusura del bacino SB.04 totale, dato dal contributo di tutti i sotto-bacini, tenendo in considerazione la propagazione e l'attenuazione delle onde di piena, è riportato in Figura 64.

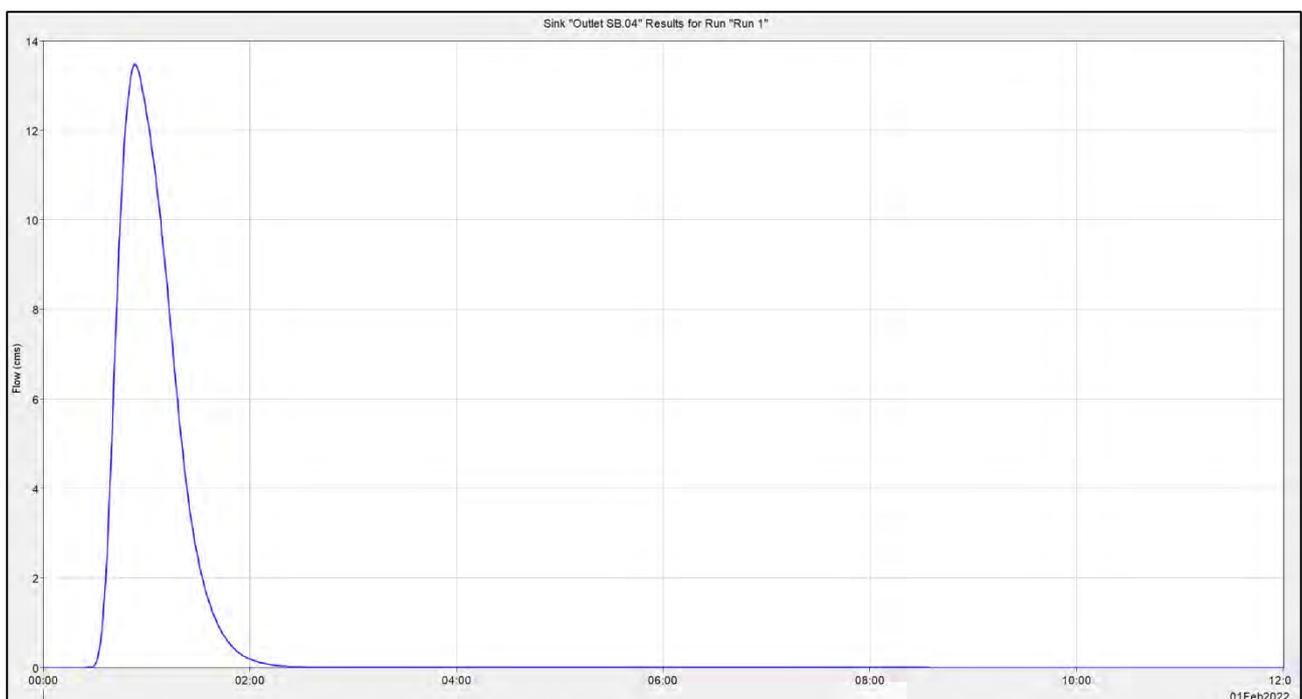


Figura 64: Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.04

7.5 Bacino SB.05

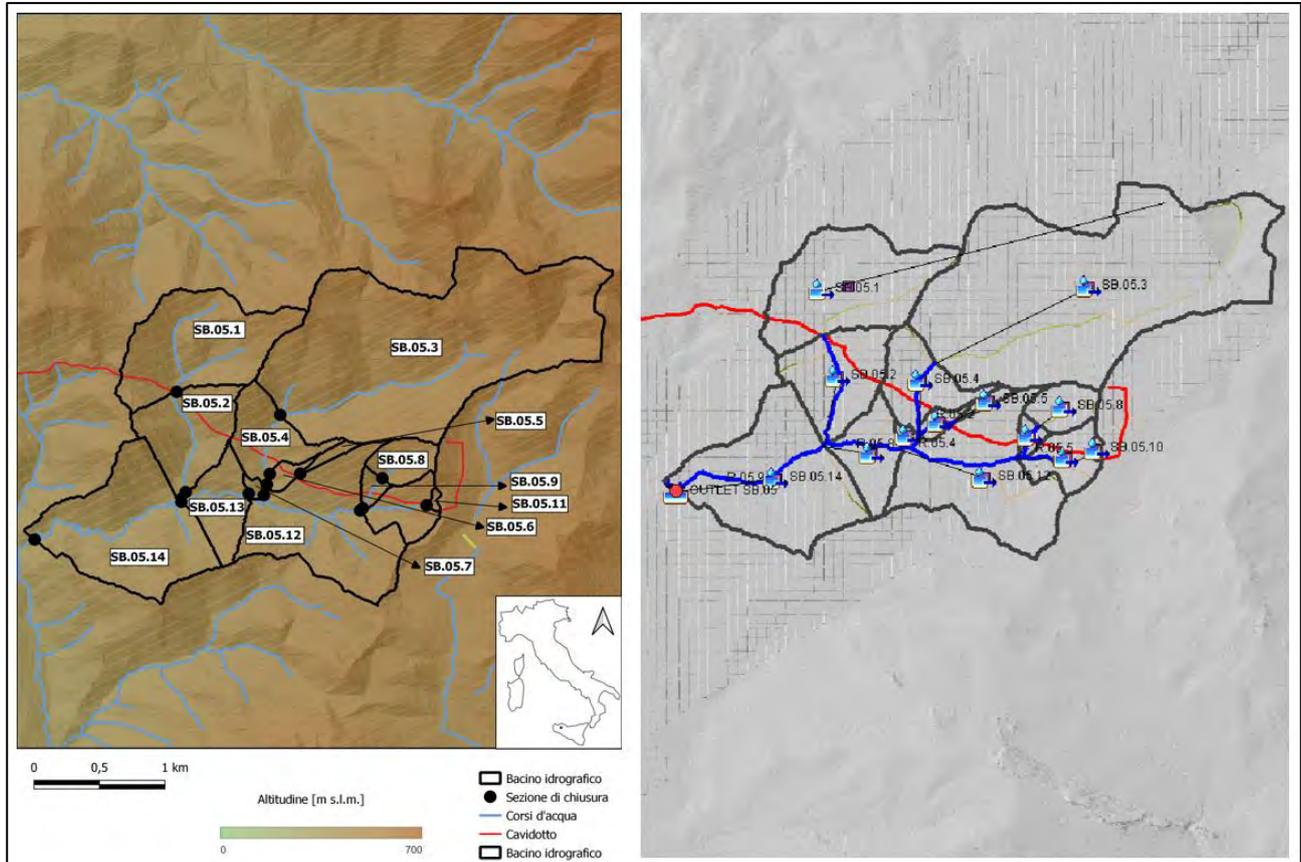


Figura 65: Bacino SB.05 e relativi sotto-bacini in riferimento al modello digitale del terreno e alla modellazione in HEC-HMS

Il bacino SB.05, riportato in Figura 65, comprende al suo interno le interferenze dalla I.18 alla I.26. L'area in esame riguarda il Vallone dell'Aquila e relativi corsi d'acqua affluenti, il quale si confluisce all'interno del Fosso della Patria per poi confluire nel Vallone di Malvello. La sezione di chiusura è situata in corrispondenza dell'affluenza prima citata. Il bacino è stato suddiviso in 14 sotto-bacini, al fine di valutare gli idrogrammi di piena sia a monte, per la determinazione delle condizioni al contorno della simulazione bidimensionale in HEC-RAS (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.07 – "Relazione Idraulica"*), che a valle delle interferenze in esame.

La stima del parametro CN è stata condotta in base alla litologia del suolo (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.02.2 – "Carta Geologica"*), e alla carta dell'Uso del Suolo del 2012, secondo progetto Corine Land Cover fino al III Livello, reperibile dal Geoportale Nazionale (Figura 66). I valori del parametro CN sono riportati nelle seguenti Tabelle.

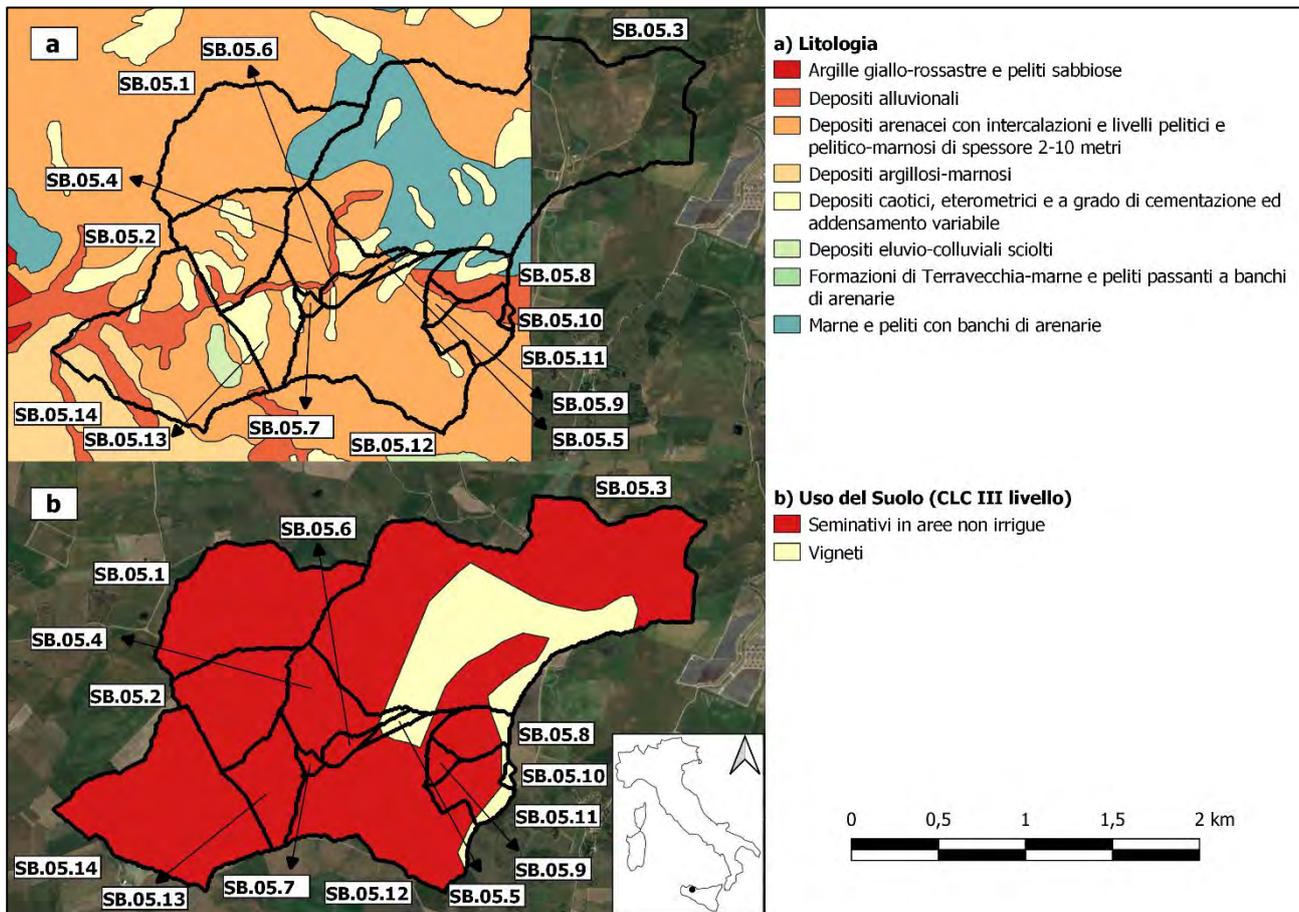


Figura 66: Bacino SB.05 in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000 (a) e alla mappa dell'Uso del Suolo del 2012 secondo progetto CLC al III livello (b)

Tabella 54: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.1

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	84.03
2	Seminativi in aree non irrigue	B	71	15.97

Tabella 55: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.2

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	68.09
2	Seminativi in aree non irrigue	B	71	6.14
3	Seminativi in aree non irrigue	A	62	25.77

Tabella 56: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.3

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	14.49
2	Vigneti	tra B e C	72	4.57
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	0.92
4	Seminativi in aree non irrigue	A	62	3.20
5	Vigneti	A	45	4.60
6	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	73	51.64
7	Vigneti	tra B e C	69	20.58

Tabella 57: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.4

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	75.22
2	Vigneti	tra B e C	72	1.67
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	9.73
4	Seminativi in aree non irrigue	A	62	13.37

Tabella 58: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.5

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	26.07
2	Vigneti	tra B e C	72	30.28
3	Vigneti	A	45	43.65

Tabella 59: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.6

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	75.72
2	Vigneti	tra B e C	72	0.30
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	11.69
4	Seminativi in aree non irrigue	A	62	12.29

Tabella 60: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.7

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	73.86
2	Seminativi in aree non irrigue	B	71	0.07
3	Seminativi in aree non irrigue	A	62	26.07

Tabella 61: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.8

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	B	71	41.19
2	Vigneti	B	66	2.84
3	Seminativi in aree non irrigue	A	62	23.70

4	Vigneti	A	45	5.47
5	Seminativi in aree non irrigue	B	71	19.97
6	Vigneti	B	66	6.84

Tabella 62: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.9

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	71.61
2	Seminativi in aree non irrigue	B	71	28.39

Tabella 63: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.10

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	1.78
2	Vigneti	tra B e C	72	26.95
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	0.54
4	Vigneti	B	66	70.73

Tabella 64: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.11

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	tra B e C	tra B e C	75	58.42
2	tra B e C	tra B e C	72	17.81
3	B	B	71	17.34
4	B	B	66	4.89

Tabella 65: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.12

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	86.46
2	Vigneti	tra B e C	72	2.54
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	0.65
4	Vigneti	B	66	0.91
5	Seminativi in aree non irrigue	A	62	5.26
6	Vigneti	A	45	1.97
7	Seminativi in aree non irrigue	B	71	1.47
8	Vigneti	B	66	0.73

Tabella 66: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.13

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	51.10
2	Seminativi in aree non irrigue	B	71	6.12
3	Seminativi in aree non irrigue	A	62	42.79

Tabella 67: Parametro CN in relazione all'uso e al tipo idrologico di suolo in riferimento al sotto-bacino SB.05.14

ID	Categoria del Suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
1	Seminativi in aree non irrigue	D	81	15.55
2	Seminativi in aree non irrigue	tra B e C	75	43.98
3	Seminativi in aree non irrigue	B	71	26.49
4	Seminativi in aree non irrigue	A	62	7.39
5	Seminativi in aree non irrigue	B	71	6.60

La stima del parametro CN in riferimento ai sotto-bacini in esame e per il totale bacino SB.05, è stata effettuata attraverso una media pesata, secondo l'area occupata rispetto al totale, dei parametri delle diverse zone.

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, o 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 valore del tempo di ritorno pari a 200 anni e di durata pari al tempo di corrivazione.

I valori delle altezze di precipitazione ottenute sono stati moltiplicati per il coefficiente di riduzione areale ARF [Koutosyiannis, 1997], variabile per ogni sotto-bacino dell'area di interesse e dipendente dalla durata dell'evento. La Tabella seguente riporta i parametri per la determinazione dello ietogramma di progetto.

Tabella 68: Parametri per l'analisi idrologica del bacino SB.05 e relativi sotto-bacini

	A [km ²]	CN	L principale [km]	P. media	t. corriv. [h]	t. ritardo [h]	ARF(A,t _c)	h ₂₀₀ (t _c)×ARF [mm]
SB.05	6.62	72	8.12	0.19	2.88	1.73	0.94	88.15
SB.05.1	0.79	74	1.42	0.21	0.47	0.28	0.94	48.49
SB.05.2	0.44	71	1.35	0.22	0.48	0.29	0.95	49.17
SB.05.3	2.58	71	3.56	0.19	1.15	0.69	0.94	66.41
SB.05.4	0.29	73	1.04	0.19	0.41	0.24	0.96	46.48
SB.05.5	0.03	61	0.63	0.17	0.38	0.23	0.98	46.71
SB.05.6	0.05	73	0.56	0.18	0.25	0.15	0.98	39.20
SB.05.7	0.02	72	0.39	0.13	0.23	0.14	0.98	37.98
SB.05.8	0.15	67	0.65	0.22	0.30	0.18	0.96	41.70
SB.05.9	0.04	74	0.52	0.20	0.21	0.13	0.98	36.97
SB.05.10	0.01	68	0.23	0.21	0.13	0.08	0.98	30.93
SB.05.11	0.18	73	0.85	0.21	0.32	0.19	0.96	42.64
SB.05.12	0.83	73	1.74	0.18	0.61	0.37	0.95	53.90
SB.05.13	0.26	69	1.06	0.18	0.47	0.28	0.96	49.25
SB.05.14	0.95	74	2.06	0.22	0.63	0.38	0.94	54.46

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	91 di 99

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, di tali caratteristiche, e schematizzando il modello idrologico così come descritto nel paragrafo 6.4, si ottengono i relativi idrogrammi di piena presso le sezioni di chiusura di tutti i sotto-bacini, riportati dalla Figura 67 alla Figura 80.

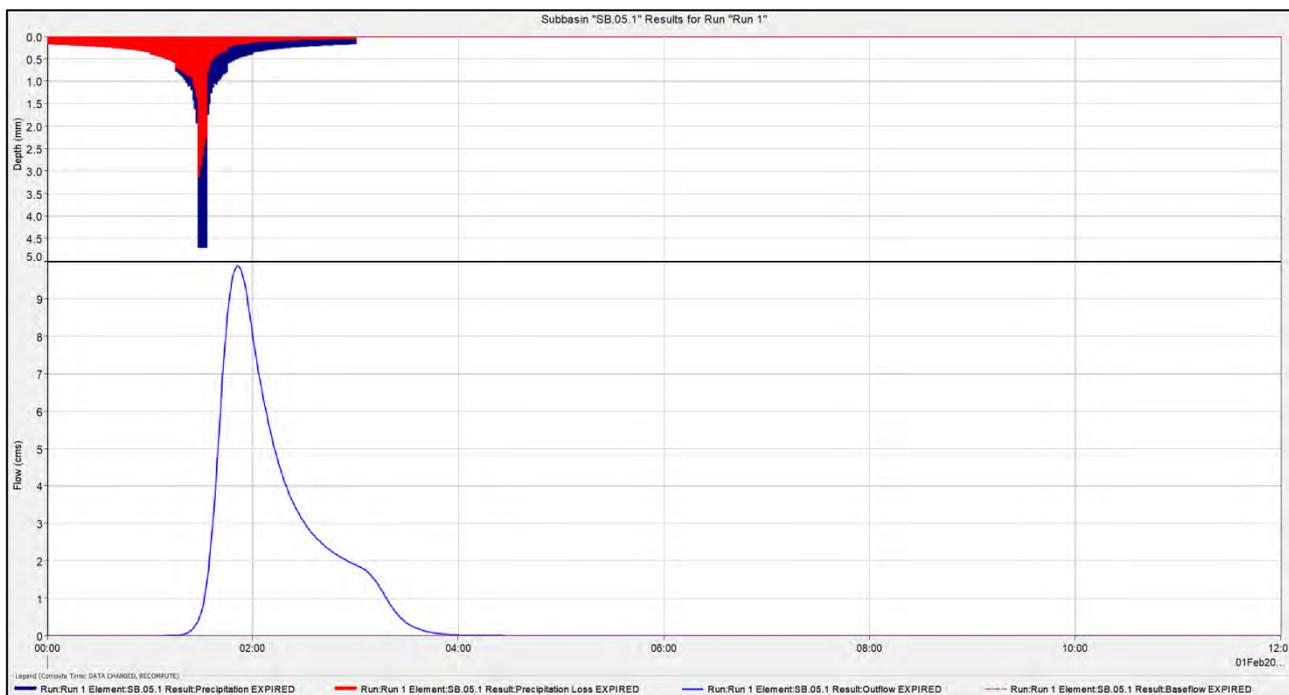


Figura 67: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.1

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	92 di 99

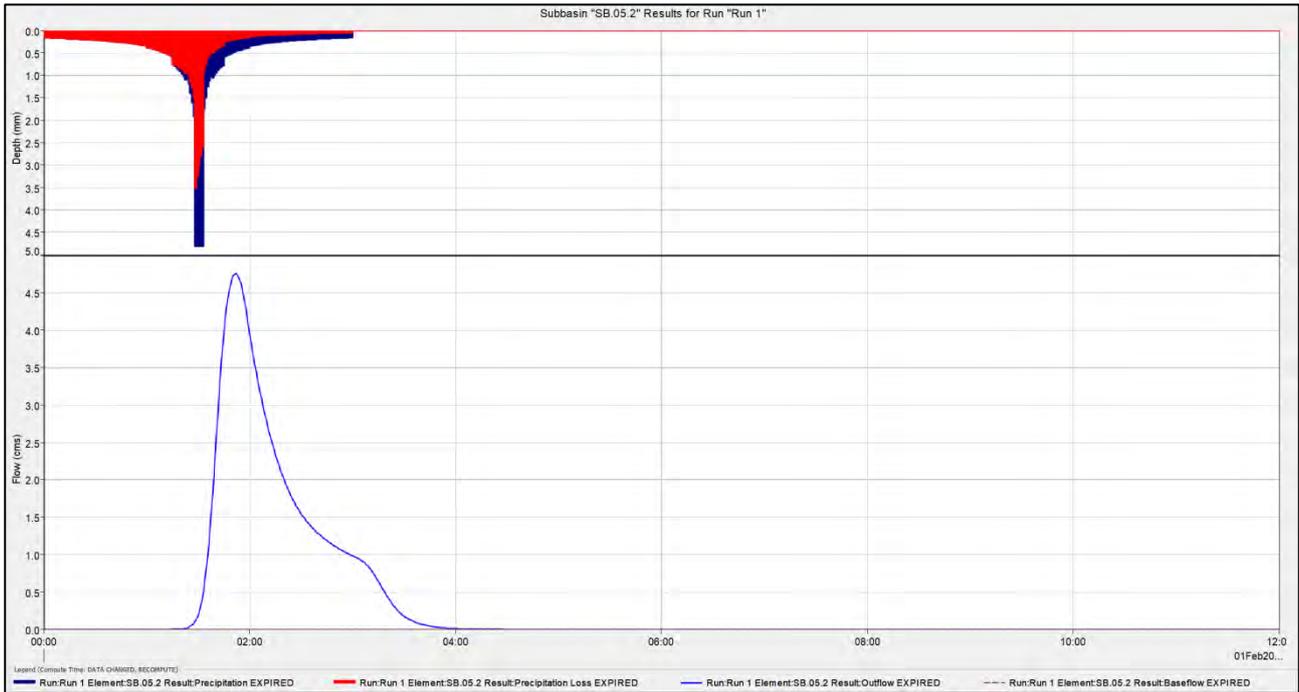


Figura 68: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.2

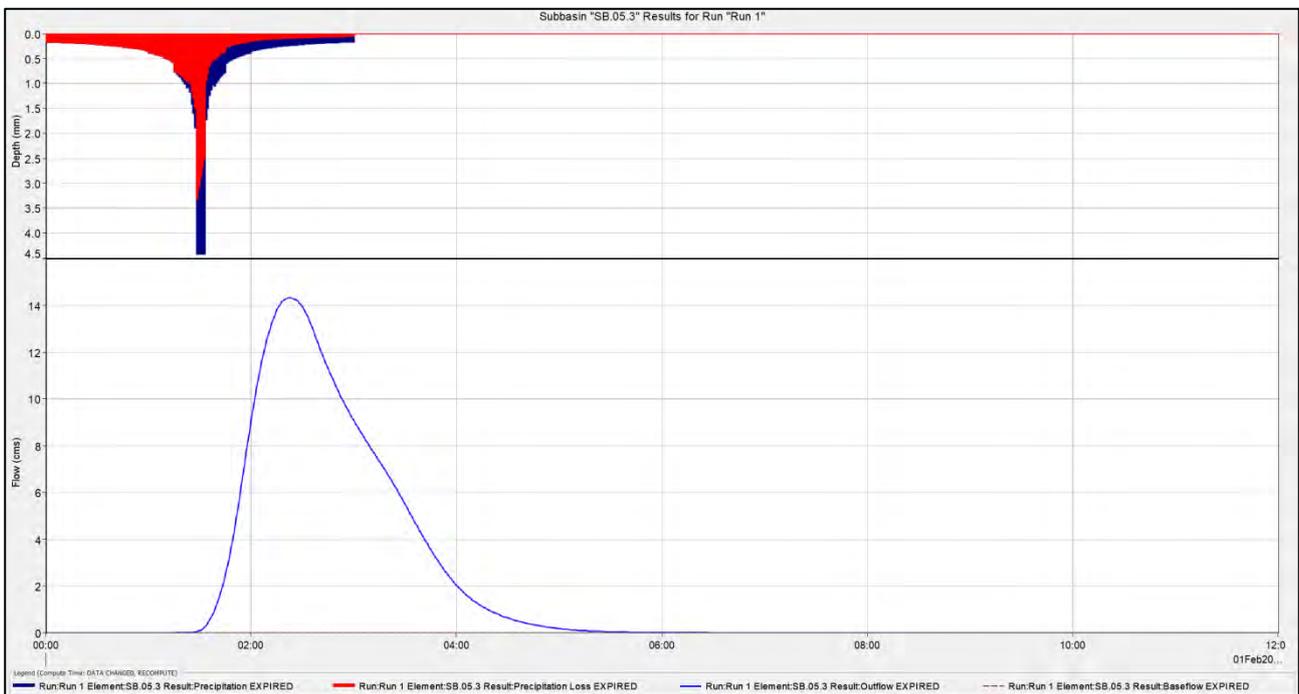


Figura 69: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.3

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	93 di 99

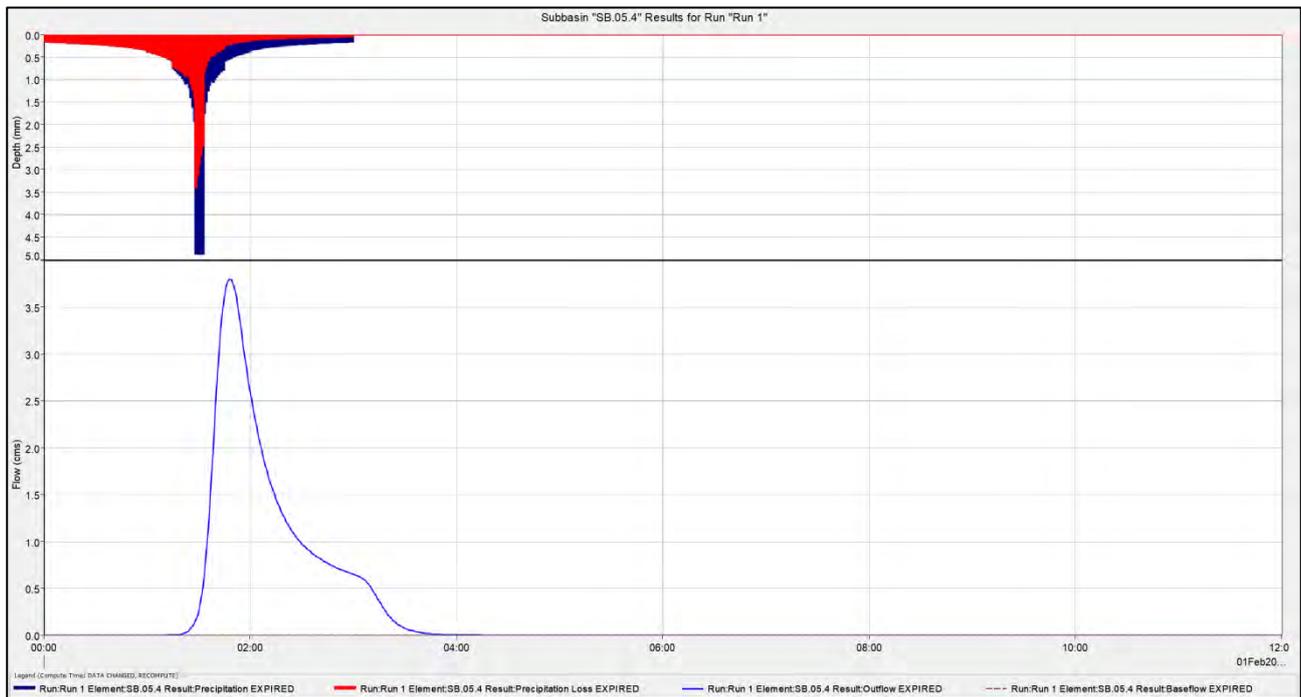


Figura 70: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.4

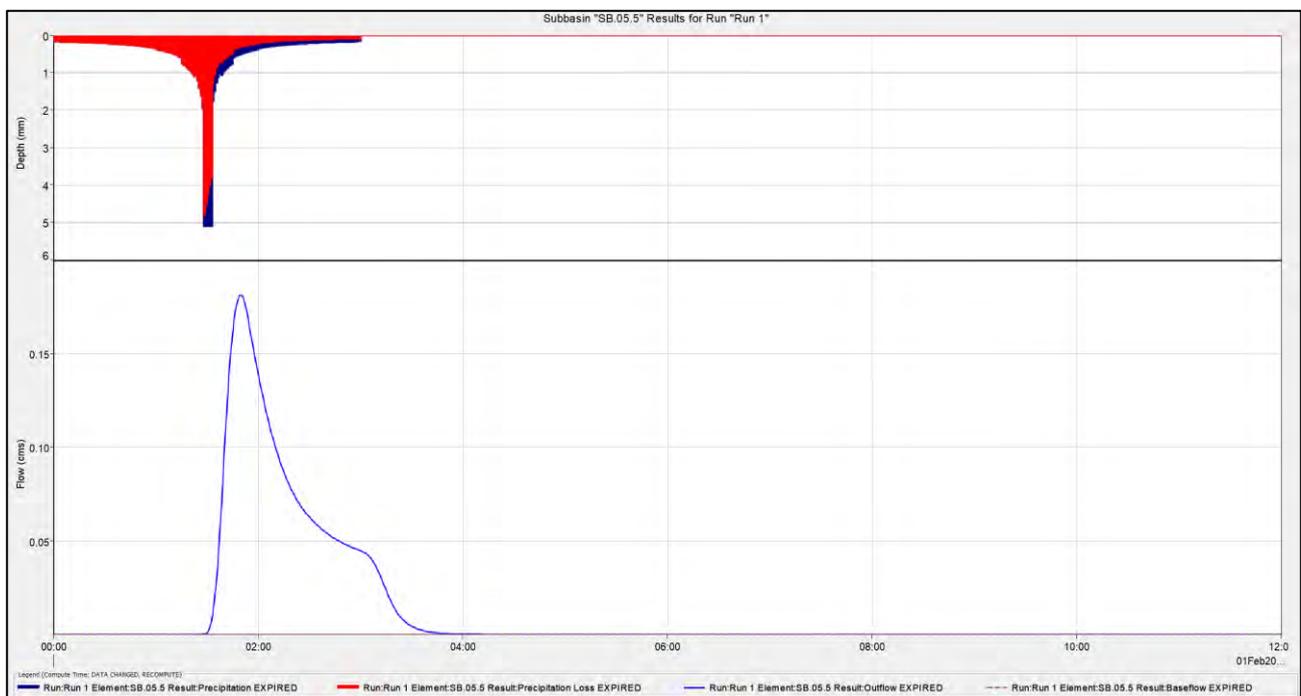


Figura 71: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.5

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	94 di 99

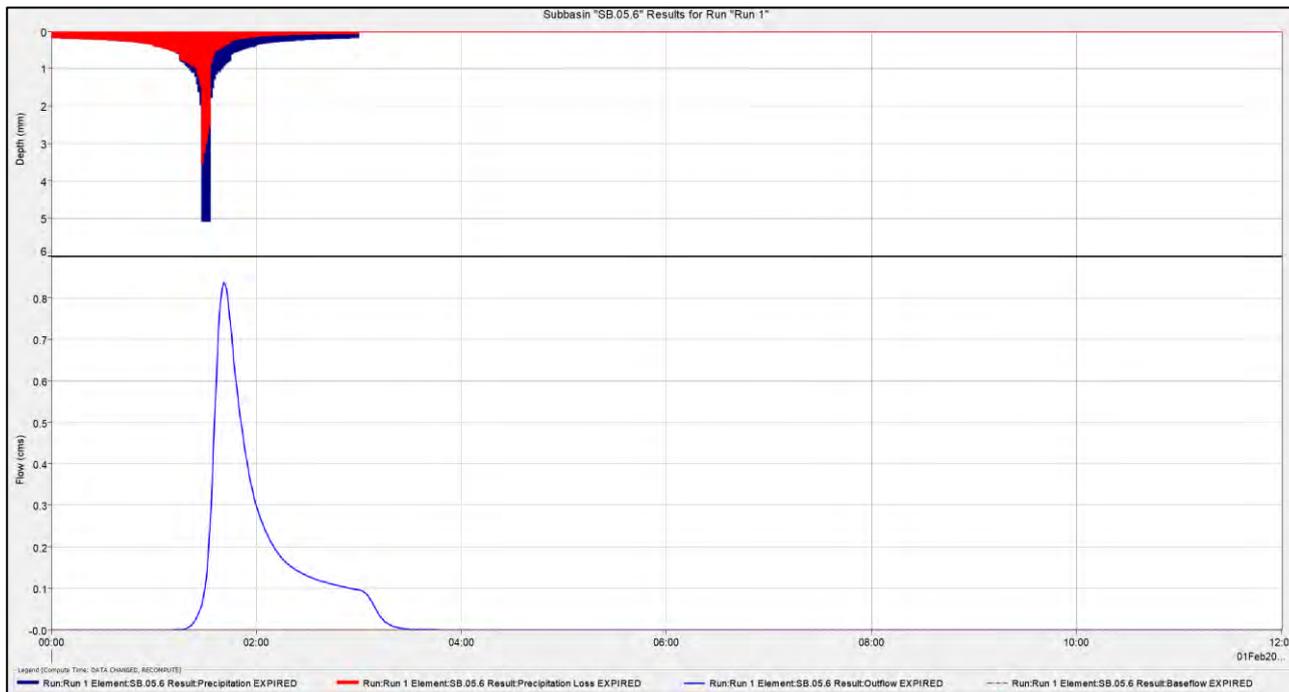


Figura 72: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.6

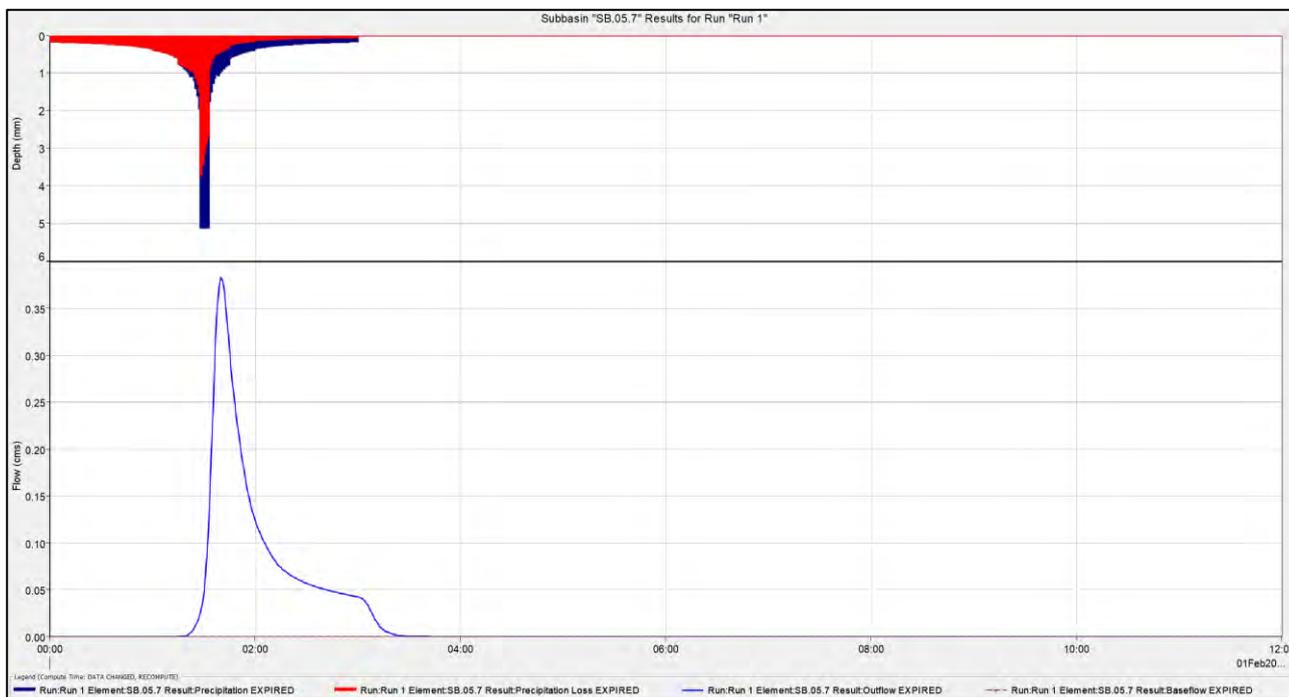


Figura 73: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.7

CODICE	FV.MNRO2.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	95 di 99

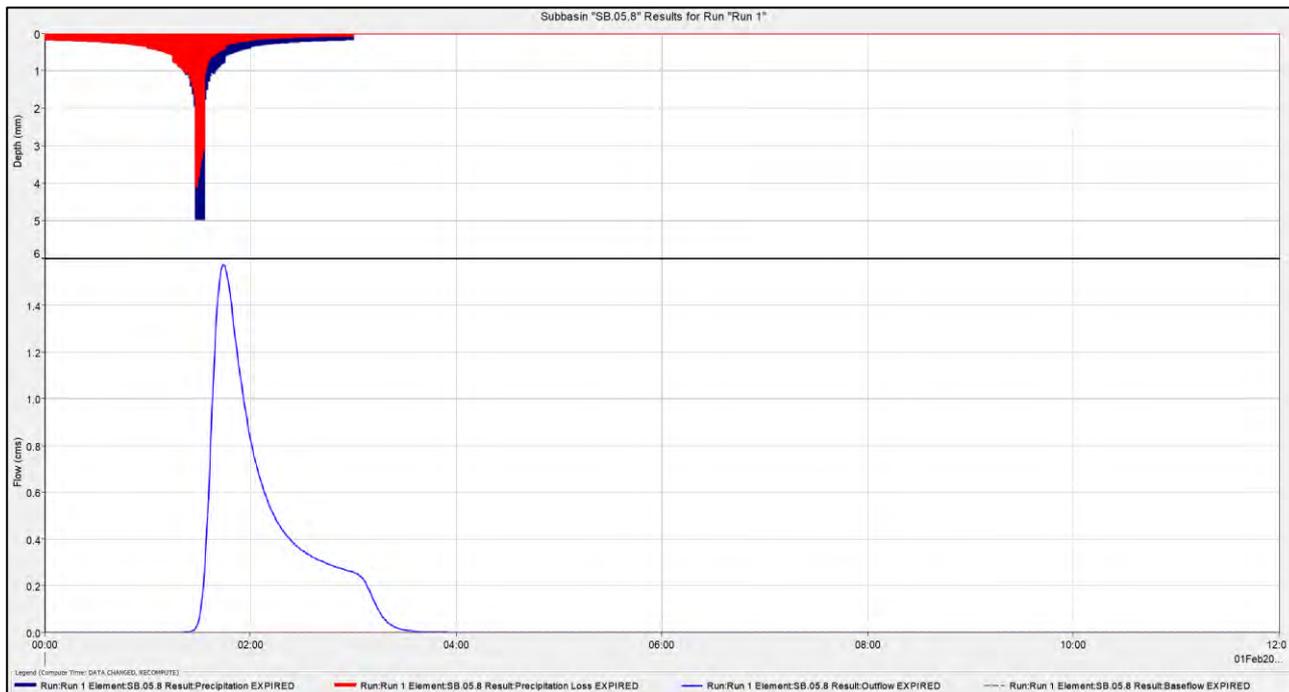


Figura 74: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.8

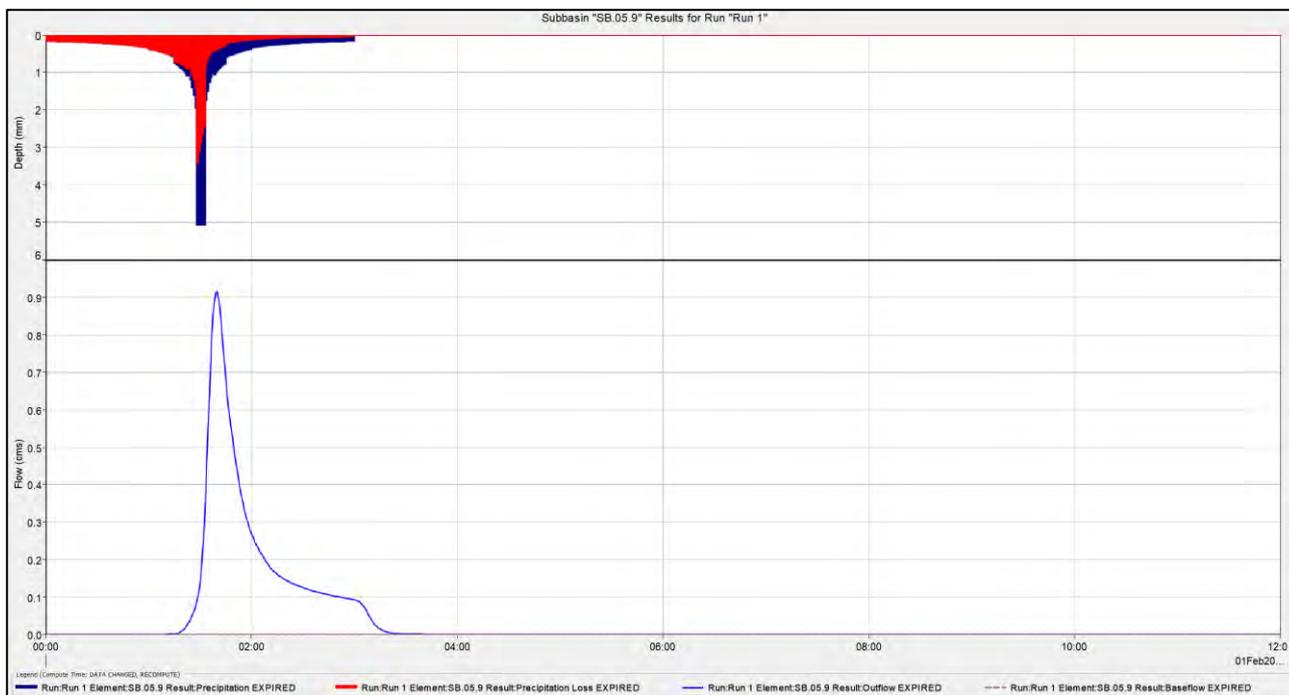


Figura 75: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.9

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	96 di 99

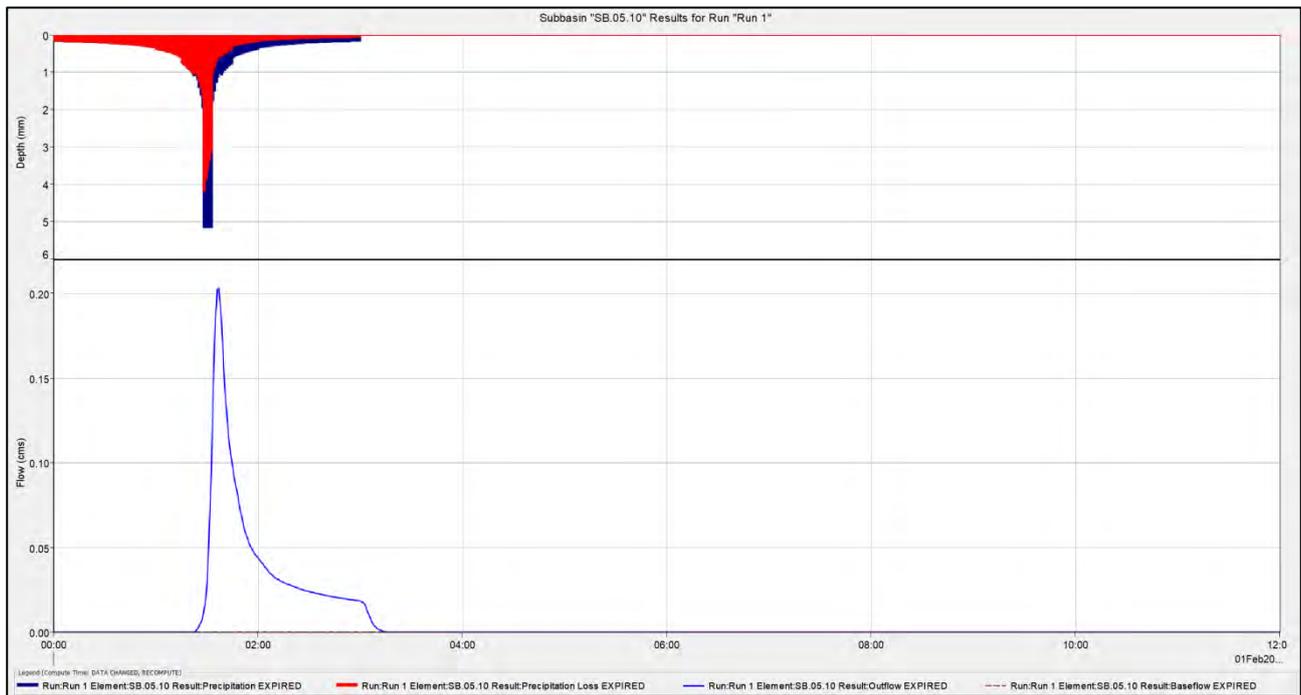


Figura 76: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.10

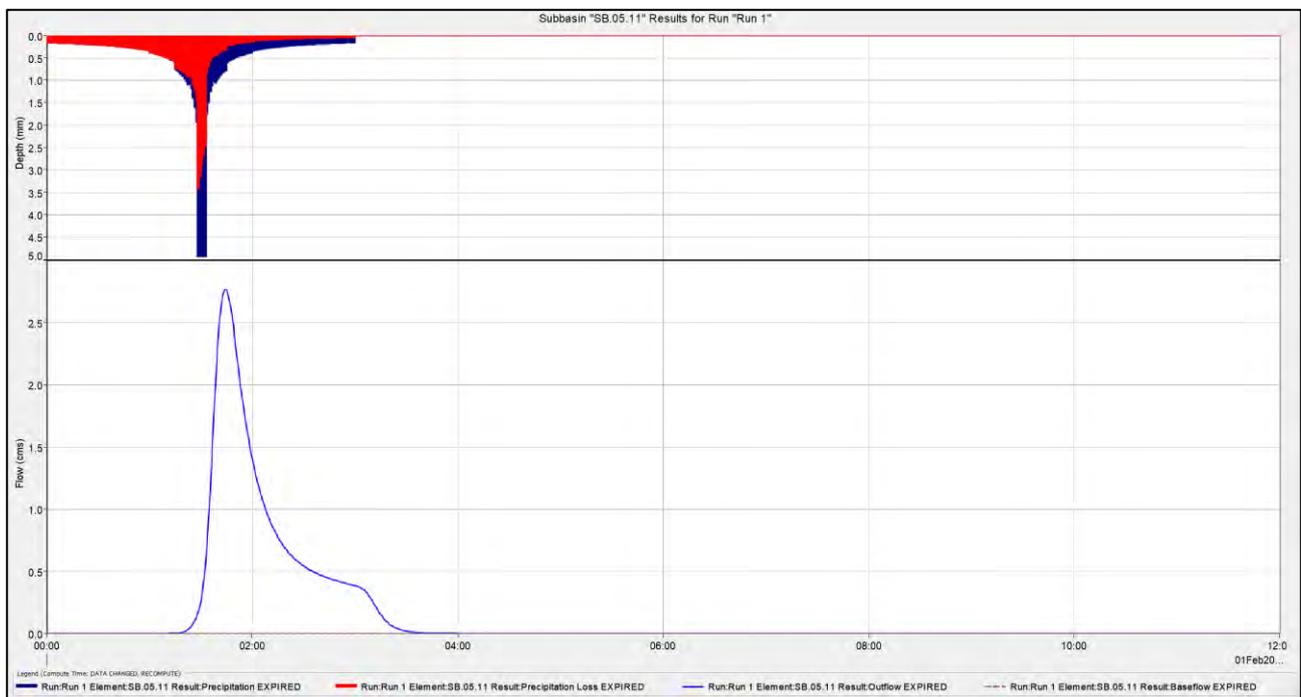


Figura 77: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.11

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	97 di 99

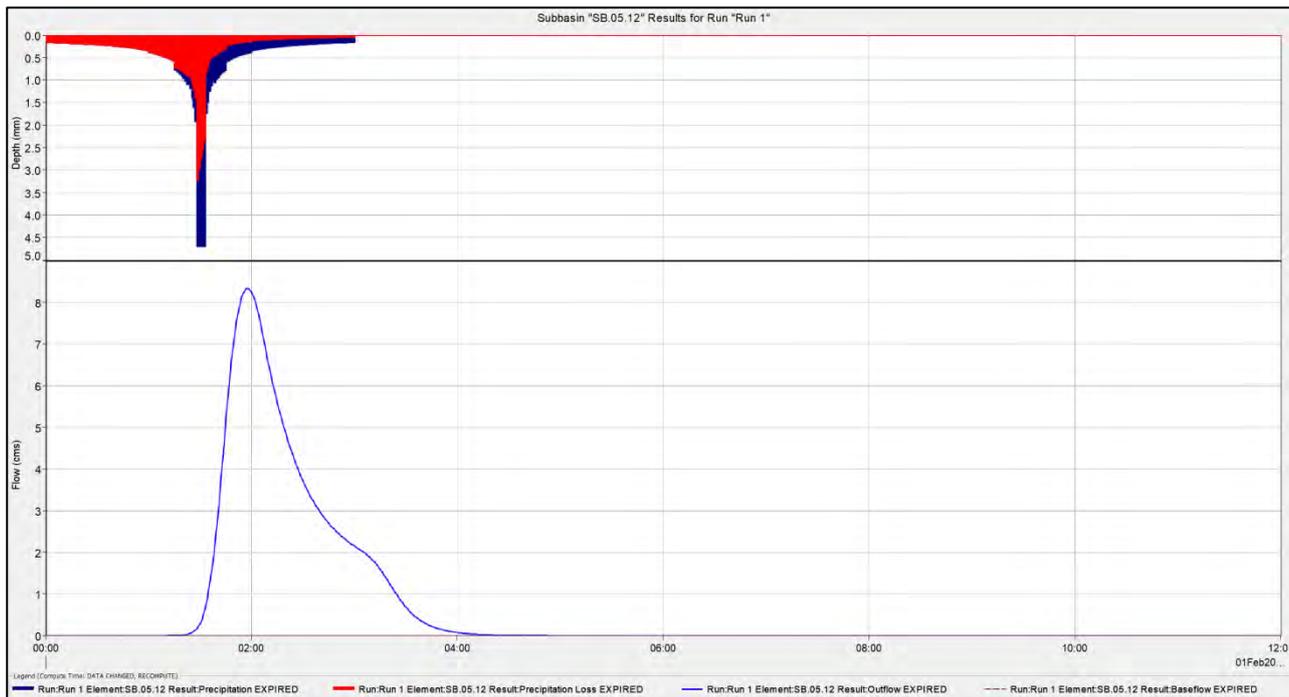


Figura 78: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.12

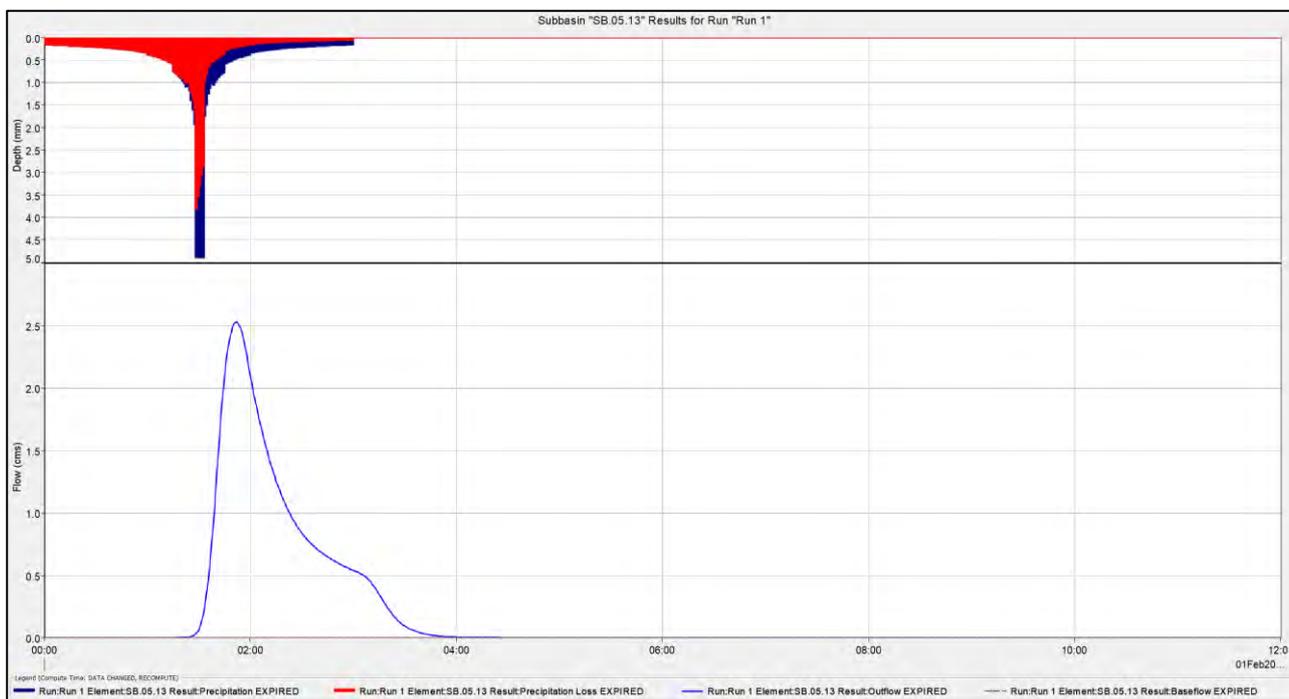


Figura 79: letogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.13

CODICE	FV.MNR02.PD.A.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	98 di 99

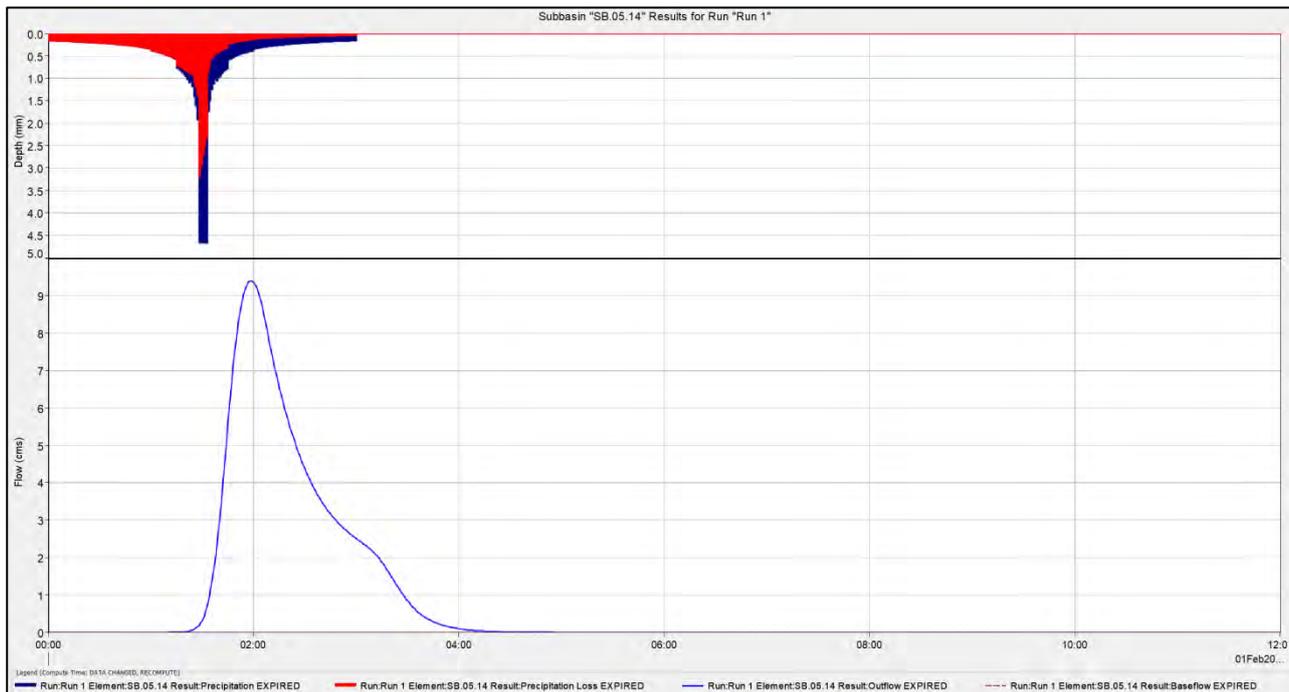


Figura 80: Ietogramma di progetto e relativo idrogramma di piena del relativo sotto-bacino SB.05.14

L'idrogramma totale presso la sezione di chiusura del bacino SB.05 totale, dato dal contributo di tutti i sotto-bacini, tenendo in considerazione la propagazione e l'attenuazione delle onde di piena, è riportato in Figura 81

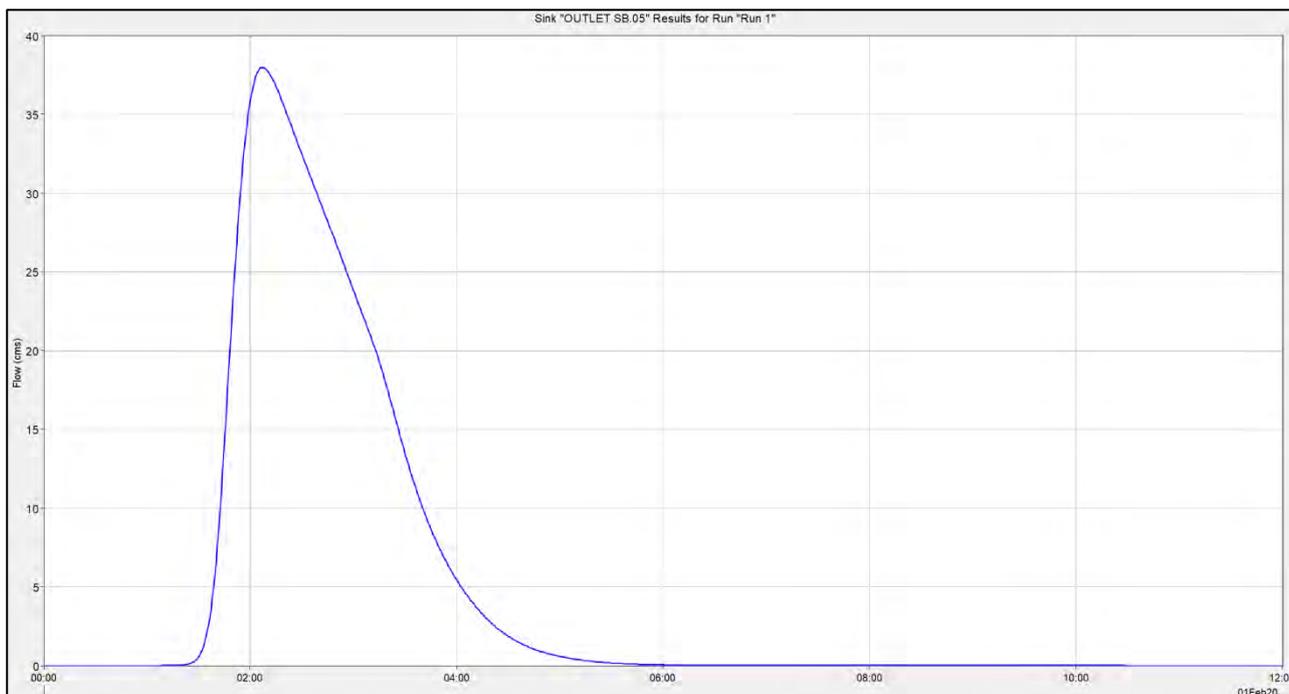


Figura 81: Idrogramma di piena della sezione di chiusura del bacino SB.05

8 CONCLUSIONI

Il presente elaborato ha come scopo l'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 I.G.M. 1:25000.

Per tali bacini si è proceduto con l'analisi morfologica e l'individuazione delle caratteristiche 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 fluviale 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.MNR02.PD.A.07 – "Relazione Idraulica"*).