

ISTANZA VIA
Presentata al
Ministero della Transizione Ecologica
e al Ministero della Cultura
(art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii)

PROGETTO

IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO)
COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWp
POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW
Comune di Librizzi (ME)

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09

PROPONENTE:

LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 11 S.R.L.
Via Giacomo Leopardi, 7 – CAP 20123 Milano (MI)
P. IVA e C.F. 11415380960 – REA MI - 2600904

PROGETTISTA:

ING. LEONARDO SBLENDIDO
Iscritto all' Ordine degli Ingegneri di Cosenza al n. 1947 Sez. A

| Data | Rev. | Tipo revisione | Redatto | Verificato | Approvato |
|---------|------|-----------------|---------|------------|------------|
| 11/2022 | 0 | Prima Emissione | LS | GC | G. Mascari |

INDICE

| | | | |
|---|--|-------------|----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 2 di 83 |

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | PREMESSA..... | 4 |
| 2 | DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO | 5 |
| 3 | INQUADRAMENTO TERRITORIALE..... | 8 |
| 4 | CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELL'AREA DI INTERVENTO | 10 |
| 4.1 | CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DEL COMUNE DI LIBRIZZI..... | 10 |
| 4.2 | CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DEL COMUNE DI PATTI | 14 |
| 5 | INQUADRAMENTO TERRITORIALE: BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE TIMETO | 17 |
| 6 | DATI IDROLOGICI DISPONIBILI | 21 |
| 6.1 | STAZIONI DI RIFERIMENTO | 22 |
| 6.2 | DATI DI PIOGGIA DISPONIBILI..... | 24 |
| 7 | ANALISI DEI DATI IDROLOGICI DISPONIBILI | 32 |
| 7.1 | DISTRIBUZIONE STATISTICA DI GUMBEL..... | 32 |
| 7.2 | DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA VAPI | 34 |
| 8 | METODI AFFLUSSI-DEFLUSSI | 45 |
| 8.1 | METODO RAZIONALE..... | 45 |
| 8.2 | METODO SCS-CURVE NUMBER | 46 |
| 9 | ANALISI IDRAULICA E VERIFICA AREE ESONDABILI | 49 |
| 9.1 | INQUADRAMENTO AREE DI INTERVENTO | 50 |
| 9.2 | INDIVIDUAZIONE DEI BACINI DI INTERESSE | 50 |
| 9.3 | CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE | 52 |
| 9.4 | STIMA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER DURATE INFERIORE ALL'ORA (BELL) | 54 |
| 9.5 | APPLICAZIONE METODO SCS – CURVE NUMBER | 55 |
| 9.6 | VERIFICA DELLE AREE ESONDABILI | 61 |
| 9.6.1 | <i>ANALISI IDRAULICA.....</i> | 63 |
| 9.6.2 | <i>ANALISI IDRAULICA ALL'INTERNO DELLE AREE DI IMPIANTO</i> | 64 |
| 10 | DIMENSIONAMENTO CUNETTA PER DRENAGGIO STRADE E REGIMAZIONE DELLE ACQUE | 74 |
| 10.1 | INDIVIDUAZIONE DEI BACINI DI INFLUENZA | 74 |
| 10.2 | STIMA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER DURATE INFERIORE ALL'ORA (BELL) | 75 |
| 10.3 | CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA | 77 |

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|    | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">3 di 83</p> |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 10.4 | DIMENSIONAMENTO CUNETTE STRADALI | 79 |
| 11 | CONCLUSIONI | 81 |
| 12 | BIBLIOGRAFIA | 83 |

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">4 di 83</p> |

1 PREMESSA

Il progetto in esame è relativo alla realizzazione e messa in esercizio di un impianto agrivoltaico, per la generazione di energia elettrica, comprensivo delle opere di connessione, proposto da Lightsource Renewable Energy Italy SPV 11 S.R.L., nei territori comunali di Librizzi (ME) e Patti (ME) in Sicilia, per una potenza nominale installata pari a 21,751 MWp ed una potenza in immissione pari a 19,4 MW.

L'energia elettrica prodotta sarà convogliata, dall'impianto agrivoltaico, mediante cavi interrati in media tensione fino alla sottostazione elettrica di trasformazione esistente "Minerva", situata nel comune di Patti (ME), in adiacenza alla SE elettrica di Patti. All'interno della sottostazione elettrica esistente è prevista la realizzazione di una cabina e di un nuovo stallo di trasformazione MT/AT.

Il nuovo stallo, all'interno della sottostazione elettrica esistente "Minerva", sarà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in antenna a 150 kV con la stazione elettrica 150 kV di Patti (ME). Ai sensi dell'allegato A alla deliberazione dell'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente ARG/elt 99/08 e s.m.i. (TICA), il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento dell'impianto alla SE di Patti costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione, costituisce impianto di rete per la connessione.

La progettazione dell'opera è stata sviluppata tenendo in considerazione una serie di criteri sociali, ambientali e territoriali, che hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell'ambito territoriale considerato nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana e dell'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

L'energia elettrica prodotta dall'impianto concorrerà al raggiungimento dell'obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall'Italia.

L'impianto è stato studiato e progettato comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

- contenere per quanto possibile la sua estensione, per occupare la minor porzione possibile di territorio nell'ottica di una minor occupazione di suolo;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico; evitare, per quanto possibile, l'interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;

| | | | |
|---|--|-------------|----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 5 di 83 |

- contenere l'impatto visivo, nella misura concessa dalle condizioni geomorfologiche territoriali e riducendo l'interferenza con zone di maggior visibilità;
- minimizzare l'interessamento di aree soggette a dissesto geomorfologico;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della fornitura di energia;
- permettere il regolare esercizio e la manutenzione dell'impianto.
- Coerentemente con le linee guida in materia di impianti agrivoltaici rilasciate dal Ministero della Transizione Ecologica nel giugno 2022, realizzare un impianto che consenta di preservare la continuità delle attività agricole sul sito di installazione, garantendo, al contempo, una ottimale produzione energetica da fonte rinnovabile.

2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto complessivo ha una potenza DC nominale di 21,75 MWp e una potenza nominale AC complessiva di 19,4 MW con rapporto DC/AC 1,12.

L'energia dell'impianto complessivo è derivante da 35952 moduli che occupano una superficie fotovoltaica di 100.497 m² ed è composto da 97 gruppi di conversione SUN2000-215KTL-H0 che convertono la potenza DC in AC in campo e 8 cabine di trasformazione da 3150 kVA. L'energia sarà convogliata dalle singole Power Station attraverso cavi in media tensione fino ad un'unica cabina di raccolta MT dalla quale si svilupperà un cavidotto MT di lunghezza pari a circa 6,4 km verso la nuova cabina collocata all'interno della Sottostazione Elettrica Utente "Minerva" nella quale è previsto l'allestimento di un nuovo stallo di trasformazione MT/AT.

| Dati tecnici Impianto | |
|--|--|
| Superficie totale moduli | 100.497 m ² |
| Numero totale moduli | 35952 |
| Tipo di modulo | 605Wp, tipo JKM605N-78HL4-BDV bifacciale |
| Potenza DC impianto | 21,75 MWp |
| Potenza AC impianto | 19,40 |
| DC/AC | 1,12 |
| Struttura di sostegno moduli fotovoltaici tipo 1 | N.86 – Tracker monoassiale 2x12 |

| | | | |
|---|--|-------------|----------------|
|    | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 6 di 83 |

| Dati tecnici Impianto | |
|--|-----------------------------------|
| Struttura di sostegno moduli fotovoltaici tipo 2 | N. 706 – tracker monoassiale 2x24 |
| Asse principale struttura | Nord-Sud |
| Numero di string inverter | 97 |
| Potenza string inverter | 200 kWac |
| N° Transformation cabin da 3150kVA | 8 |

Tabella 1 – Scheda Tecnica dell’impianto

Moduli fotovoltaici: I moduli fotovoltaici considerati sono in silicio monocristallino bifacciale da 156 (2x78) celle e potenza 605W ed efficienza fino a 21.64% con performance lineare garantita 30 anni. I moduli sono provvisti di cornice in lega di alluminio anodizzato. Dimensioni 2465x1134x30mm, peso 34,6kg.

Struttura fotovoltaica: La struttura fotovoltaica di sostegno sarà di tipo mobile (tracker) ed avrà un angolo variabile da +60° a -60° nella direzione E-O.

Nella configurazione elettrica di progetto, il raggiungimento della potenza di 21750 kWp, prevede l’installazione di due tipologie di tracker con orientamento verticale dei moduli (Portait) e monoasse orizzontale a file indipendenti:

- Un tracker (2x12) di dimensioni pari a 5,13x14,21 m, che consentirà l’installazione di 24 moduli;
- Un tracker (2x24) di dimensioni pari a 5,13x28,05 m, che consentirà l’installazione di 48 moduli.

Entrambe le tipologie permettono la rotazione della struttura in direzione E-O, con asse invece disposto lungo N-S. In totale si avranno numero 86 strutture per la tipologia (2x12) e numero 706 strutture per la tipologia (2x24). L’altezza massima delle strutture è riportata all’interno dell’elaborato “22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-T01_Particolare strutture di sostegno moduli”.

Colture di impianto: Per l’impianto agrivoltaico in progetto si prevede la coltura monospecifica di foraggiere che saranno collocate al di sotto e tra le file delle strutture di sostegno dei moduli; le sole eccezioni sono rappresentate dalle aree non coltivabili. Sono escluse pertanto, 4 m di fascia per gli impluvi secondo quanto riportato dal R.D. 523/1904 (mentre si prevederà la messa a dimora nei restati 6 m costituenti i 10 m della fascia), le aree dedicate ai cabinati e alla viabilità di impianto

Fascia di mitigazione: La fascia arborea finalizzata alla mitigazione visiva dell’impianto agrivoltaico prevede la realizzazione di una doppia fila di alberi di ulivo civ. cipressino, avrà larghezza pari a m

| | | | |
|---|---|--------------------|-----------------------|
|    | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p>Rev.</p> | <p>0</p> |
|  | <p>22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag.</p> | <p>7 di 83</p> |

10,00, sarà impiantata su due file con sesto di impianto regolare, con distanza tra le file pari a 5,00 m per facilitare l'impiego di mezzi meccanici e distanza sulla fila (interfila) di 2,00 m.

| | | | |
|---|--|---------------|---------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 8 di 83 |

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area del sito è individuabile sulla Cartografia IGM in scala 1:25.000:

- Foglio 599-II – San Piero Patti
- Foglio 600-III - Montalbano Elicona

Si riporta di seguito lo stralcio cartografico dell'area interessata:

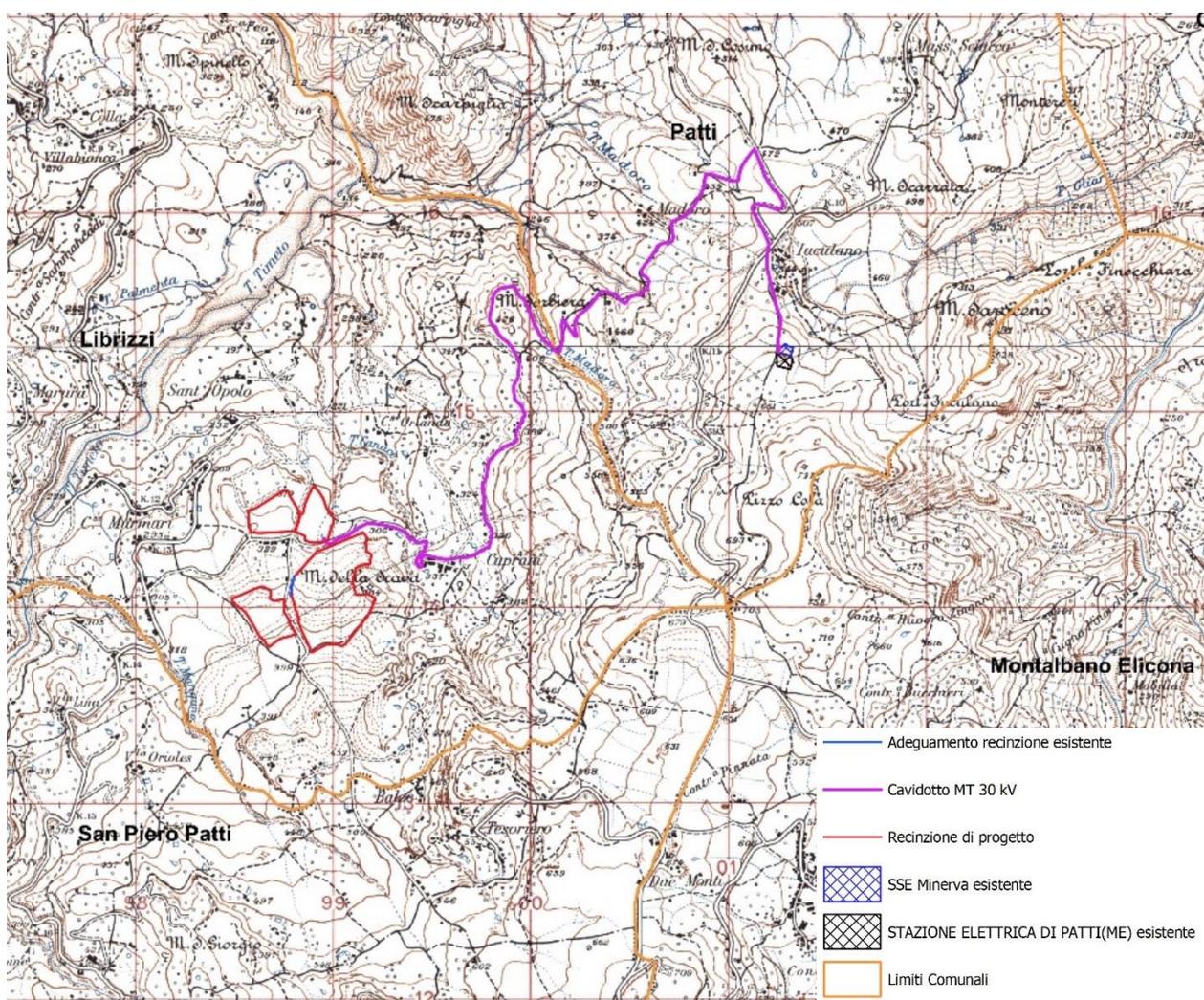


Figura 1. Inquadramento delle componenti dell'impianto agrivoltaico e relative opere di connessione su base IGM

Il layout di progetto è sviluppato nella configurazione così come illustrata nell'inquadramento su base satellitare riportato di seguito:

| | | | |
|---|---|--------------------|-----------------------|
|  | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p>Rev.</p> | <p>0</p> |
|  | <p>22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag.</p> | <p>9 di 83</p> |

Figura 2 Inquadramento su base satellitare dell'area di impianto e delle relative opere di connessione

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">10 di 83</p> |

4 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area di intervento ricade nel settore nord-orientale della Sicilia, caratterizzato dalla presenza del sistema montuoso dei Monti Peloritani. Le condizioni orografiche e morfologiche della catena montuosa e della provincia di Messina, rispetto al restante territorio della Sicilia, influenzano notevolmente le caratteristiche climatiche dell'area in esame. La vicinanza della catena montuosa alla costa determina un effetto barriera nei confronti delle correnti aeree provenienti dal Tirreno e dallo Jonio ed allo stesso tempo il mare ha un'azione mitigatrice sulle aree costiere e più interne del territorio.

Secondo la classificazione di De Martonne il clima dell'area è temperato caldo nella parte settentrionale, comprendendo la fascia costiera e la fascia basso collinare, mentre è temperato umido nella porzione centrale e fino ad una quota di circa 500 metri s.l.m.. Secondo la classificazione di Thornthwaite il clima è asciutto-subumido nella fascia altimetrica compresa tra il livello del mare e 200 metri s.l.m., subumido-umido tra 200 metri e circa 500 metri s.l.m., infine umido ad una quota superiore a 500 metri s.l.m..

Di seguito si riporta la caratterizzazione climatica dei due comuni interessati dal layout di impianto, Librizzi e Patti.

4.1 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DEL COMUNE DI LIBRIZZI

Nel comune di Librizzi le estati sono brevi, calde, umide e serene; gli inverni sono lunghi, freddi, ventosi e parzialmente nuvolosi. Durante l'anno, le temperature in genere variano da 7 °C a 28 °C e raramente raggiungono temperature inferiori a 4 °C o superiori a 30 °C.

La stagione calda dura 2,9 mesi, dal 18 giugno al 16 settembre, con una temperatura giornaliera massima di oltre 25 °C; quella fresca invece dura 4,0 mesi, dal 28 novembre al 29 marzo, con una temperatura massima giornaliera media inferiore a 15 °C. Il mese più caldo dell'anno è agosto, con una temperatura media massima di 27 °C e minima di 21 °C, mentre quello più freddo è febbraio, con una temperatura media massima di 7 °C e minima di 12 °C.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">11 di 83</p> |

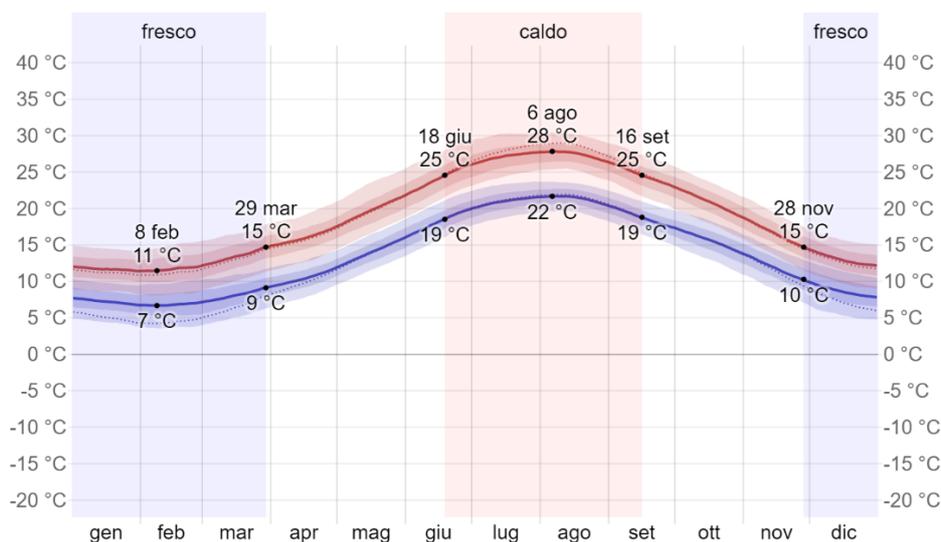


Figura 3: Temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliere medie per il comune di Librizzi. Le fasce indicano il 25° - 75° ed il 10° - 90° percentile. Le righe sottili tratteggiate rappresentano le temperature medie percepite. Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/76472/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Librizzi-Italia-tutto-l'anno>.

La figura di seguito mostra una caratterizzazione compatta delle temperature medie orarie per tutto l'anno. L'asse orizzontale rappresenta il giorno dell'anno, l'asse verticale rappresenta l'ora del giorno, e il colore rappresenta la temperatura media per quell'ora e giorno.

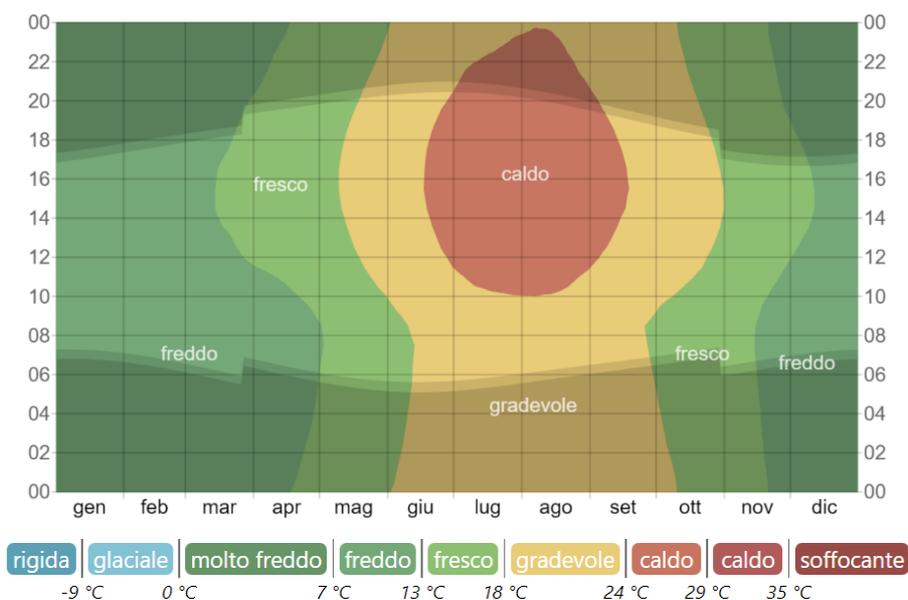


Figura 4: Temperatura oraria media, con fasce di diversi colori, per il comune di Librizzi. L'ombreggiatura indica la notte e il crepuscolo civile. Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/76472/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Librizzi-Italia-tutto-l'anno>.

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 12 di 83 |

La percentuale media di cielo coperto da nuvole è accompagnata da variazioni stagionali moderate durante l'anno. Il periodo più sereno dell'anno a Librizzi inizia attorno al 9 giugno e dura 3,1 mesi. Il mese più soleggiato è luglio, mentre quello più nuvoloso è gennaio.

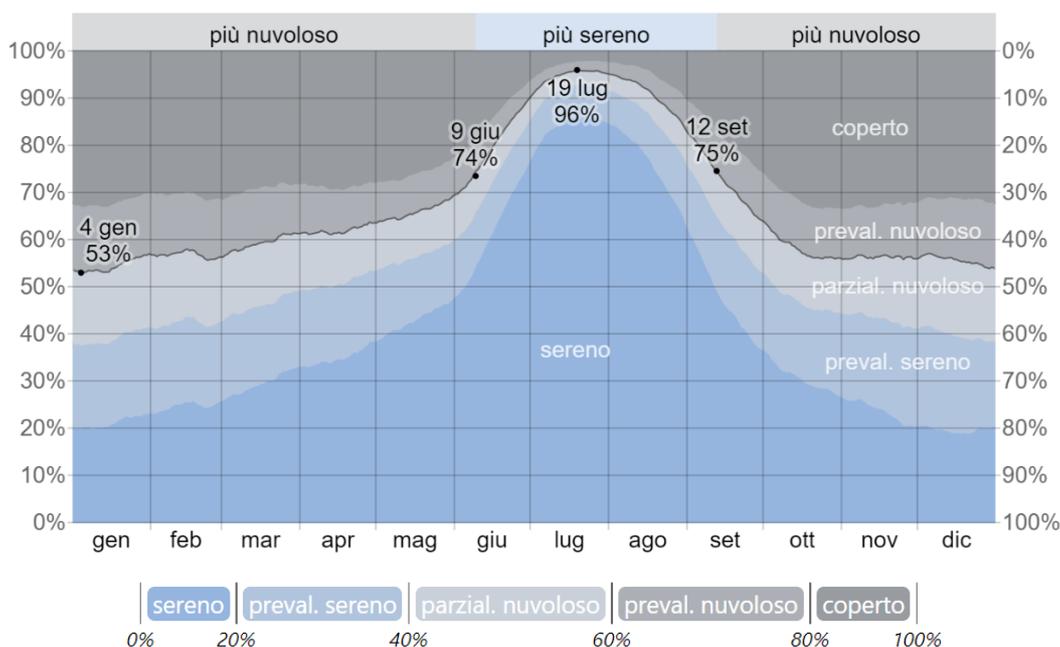


Figura 5: Categorie di nuvolosità: percentuale di tempo trascorso in ciascuna fascia di copertura nuvolosa, categorizzata secondo la percentuale di copertura nuvolosa del cielo, per il comune di Librizzi. Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/76472/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Librizzi-Italia-tutto-l'anno>.

Per giorno umido si intende un giorno con al minimo 1 millimetro di precipitazione liquida o equivalente ad acqua. La possibilità di giorni piovosi a Librizzi varia significativamente durante l'anno. La stagione più piovosa dura 7,2 mesi, dal 15 settembre al 21 aprile, con una probabilità di oltre il 19% che un dato giorno sia piovoso. Il mese con il maggiore numero di giorni piovosi a Librizzi è novembre, con in media 10,1 giorni di almeno 1 millimetro di precipitazioni. La stagione più asciutta dura 4,8 mesi, dal 21 aprile al 15 settembre. Il mese con il minor numero di giorni piovosi a Librizzi è luglio, con in media 1,1 giorni di almeno 1 millimetro di precipitazioni.

Differenziando tra giorni con solo pioggia, solo neve, o un misto dei due, il mese con il numero maggiore di giorni di solo pioggia è novembre, con una media di 10,1 giorni. In base a questa categorizzazione, la forma più comune di precipitazioni durante l'anno è solo pioggia, con la massima probabilità (36%) il 27 novembre.

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 13 di 83 |

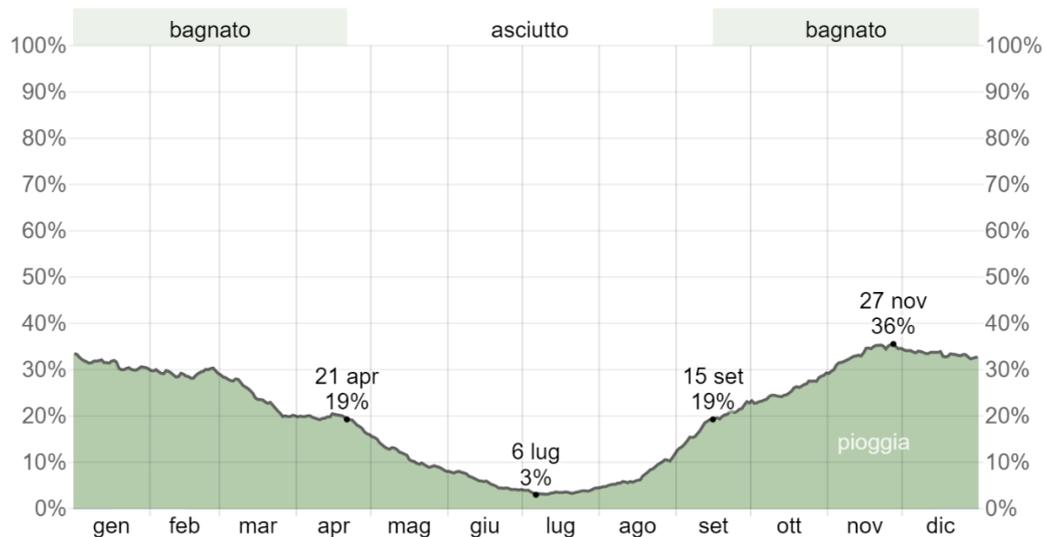


Figura 6: Probabilità giornaliera di pioggia per il comune di Librizzi. Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/76472/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Librizzi-Italia-tutto-l'anno>.

Di seguito, per mostrare le variazioni nei mesi e non solo il totale mensile, si riporta la pioggia cumulata in un periodo mobile di 31 giorni, centrato su ciascun giorno. Si osserva che il comune di Librizzi ha significative variazioni stagionali di piovosità mensile. Il periodo delle piogge nell'anno dura 9,3 mesi, dal 17 agosto al 26 maggio, con un periodo mobile di 31 giorni di almeno 13 millimetri. Il mese con la maggiore quantità di pioggia è dicembre, con piogge medie di 72 millimetri. Il periodo dell'anno senza pioggia, invece, dura 2,7 mesi, dal 26 maggio al 17 agosto. Il mese con la minore quantità di pioggia è luglio, con piogge medie di 5 millimetri.

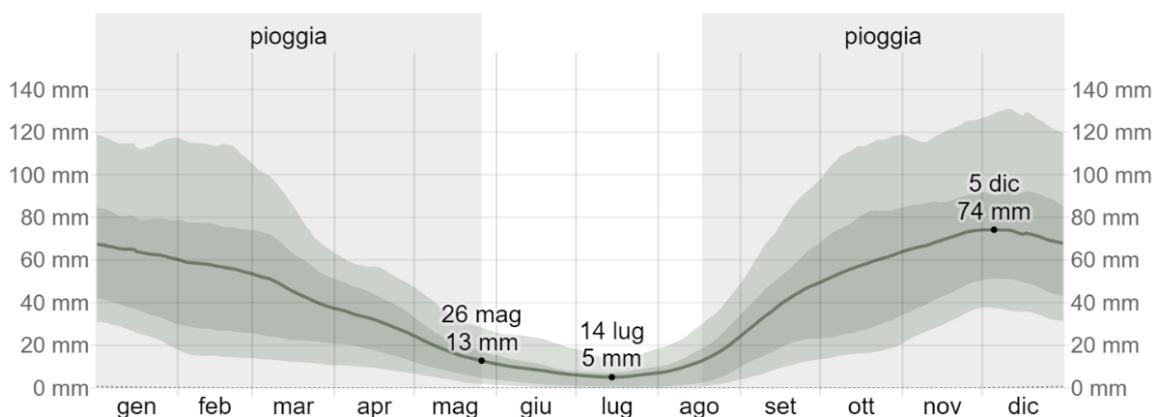


Figura 7: Precipitazioni mensili medie nel comune di Librizzi. La riga continua rappresenta la pioggia media cumulata durante un periodo mobile di 31 giorni centrato sul giorno in questione, le fasce del 25° - 75° ed il 10° - 90° percentile. La riga tratteggiata sottile indica le nevicate medie corrispondenti. Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/76472/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Librizzi-Italia-tutto-l'anno>.

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 14 di 83 |

4.2 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DEL COMUNE DI PATTI

Nel comune di Patti le estati sono brevi, calde, afose, asciutte e serene; gli inverni sono lunghi, freddi, bagnati, ventosi e parzialmente nuvolosi. Durante l'anno, le temperature in genere variano da 9 °C a 30 °C e raramente raggiungono temperature inferiori a 6 °C o superiori a 32 °C.

La stagione calda dura 2,9 mesi, dal 19 giugno al 16 settembre, con una temperatura giornaliera massima di oltre 26 °C; quella fresca invece dura 4,0 mesi, dal 28 novembre al 30 marzo, con una temperatura massima giornaliera media inferiore a 17 °C. Il mese più caldo dell'anno è agosto, con una temperatura media massima di 29 °C e minima di 23 °C, mentre quello più freddo è febbraio, con una temperatura media massima di 14 °C e minima di 9 °C.

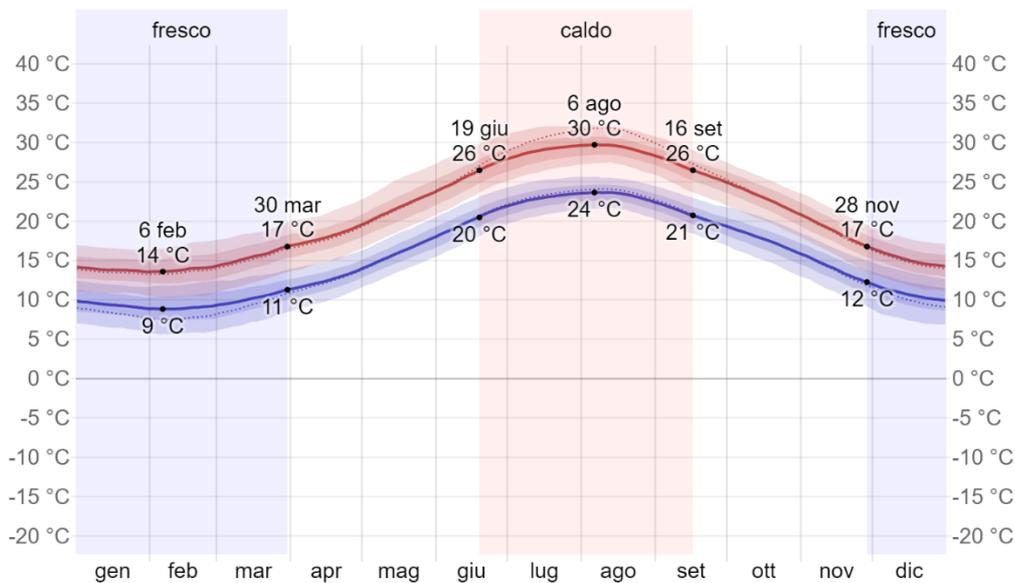


Figura 8: Temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliere medie per il comune di Patti. Le fasce indicano il 25° - 75° ed il 10° - 90° percentile. Le righe sottili tratteggiate rappresentano le temperature medie percepite. Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/76464/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Patti-Italia-tutto-l'anno>.

La figura di seguito mostra una caratterizzazione compatta delle temperature medie orarie per tutto l'anno. L'asse orizzontale rappresenta il giorno dell'anno, l'asse verticale rappresenta l'ora del giorno, e il colore rappresenta la temperatura media per quell'ora e giorno.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">15 di 83</p> |

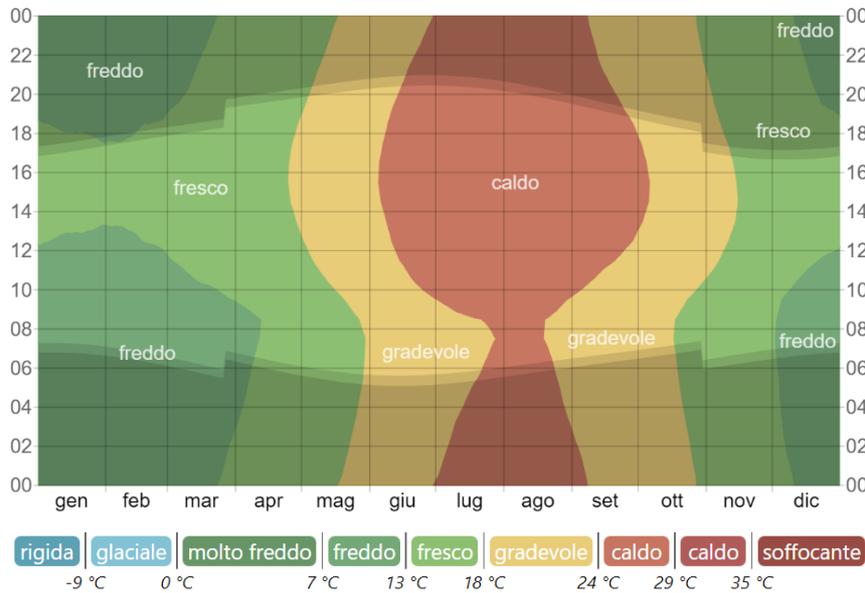


Figura 9: Temperatura oraria media, con fasce di diversi colori, per il comune di Patti. L'ombreggiatura indica la notte e il crepuscolo civile. Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/76464/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Patti-Italia-tutto-l'anno>.

La percentuale media di cielo coperto da nuvole è accompagnata da variazioni stagionali moderate durante l'anno. Il periodo più sereno dell'anno a Patti inizia attorno al 10 giugno e dura 3,1 mesi. Il mese più soleggiato è luglio, mentre quello più nuvoloso è gennaio.

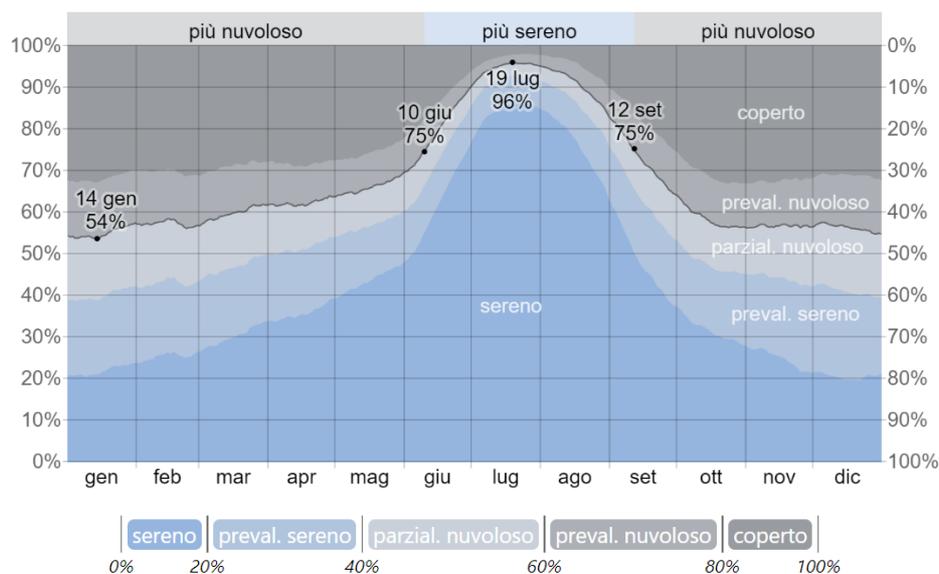


Figura 10: Categorie di nuvolosità: percentuale di tempo trascorso in ciascuna fascia di copertura nuvolosa, categorizzata secondo la percentuale di copertura nuvolosa del cielo, per il comune di Patti. Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/76464/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Patti-Italia-tutto-l'anno>.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 16 di 83 |

Per giorno umido si intende un giorno con al minimo 1 millimetro di precipitazione liquida o equivalente ad acqua. La possibilità di giorni piovosi a Patti varia significativamente durante l'anno. La stagione più piovosa dura 7,3 mesi, dal 13 settembre al 21 aprile, con una probabilità di oltre il 20% che un dato giorno sia piovoso. Il mese con il maggiore numero di giorni piovosi a Patti è novembre, con in media 10,5 giorni di almeno 1 millimetro di precipitazioni. La stagione più asciutta dura 4,7 mesi, dal 21 aprile al 13 settembre. Il mese con il minor numero di giorni piovosi è luglio, con in media 1,2 giorni di almeno 1 millimetro di precipitazioni.

Differenziando tra giorni con solo pioggia, solo neve, o un misto dei due, il mese con il numero maggiore di giorni di solo pioggia è novembre, con una media di 10,5 giorni. In base a questa categorizzazione, la forma più comune di precipitazioni durante l'anno è solo pioggia, con la massima probabilità (36%) il 27 novembre.

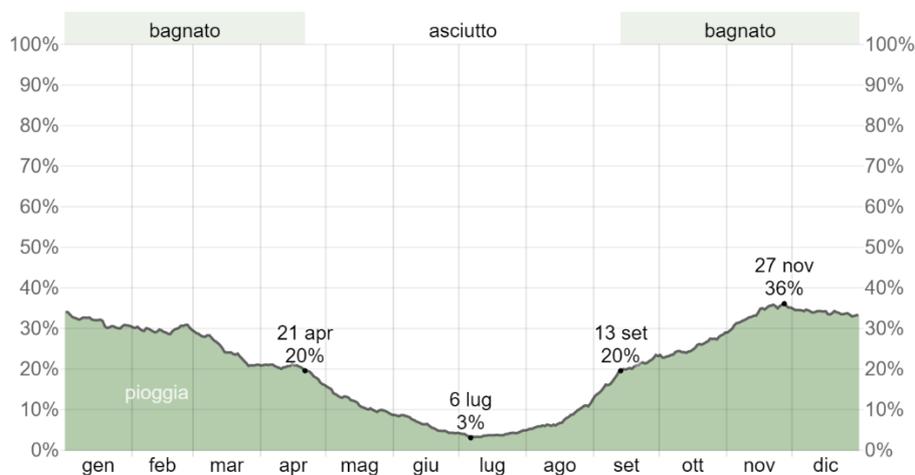


Figura 11: Probabilità giornaliera di pioggia per il comune di Patti. Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/76464/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Patti-Italia-tutto-l'anno>.

Di seguito, per mostrare le variazioni nei mesi e non solo il totale mensile, si riporta la pioggia cumulata in un periodo mobile di 31 giorni, centrato su ciascun giorno. Si osserva che il comune di Patti ha significative variazioni stagionali di piovosità mensile. Il periodo delle piogge nell'anno dura 9,4 mesi, dal 16 agosto al 28 maggio, con un periodo mobile di 31 giorni di almeno 13 millimetri. Il mese con la maggiore quantità di pioggia è dicembre, con piogge medie di 72 millimetri.

Il periodo dell'anno senza pioggia, invece, dura 2,6 mesi, dal 28 maggio al 16 agosto. Il mese con la minore quantità di pioggia è luglio, con piogge medie di 5 millimetri.

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 17 di 83 |

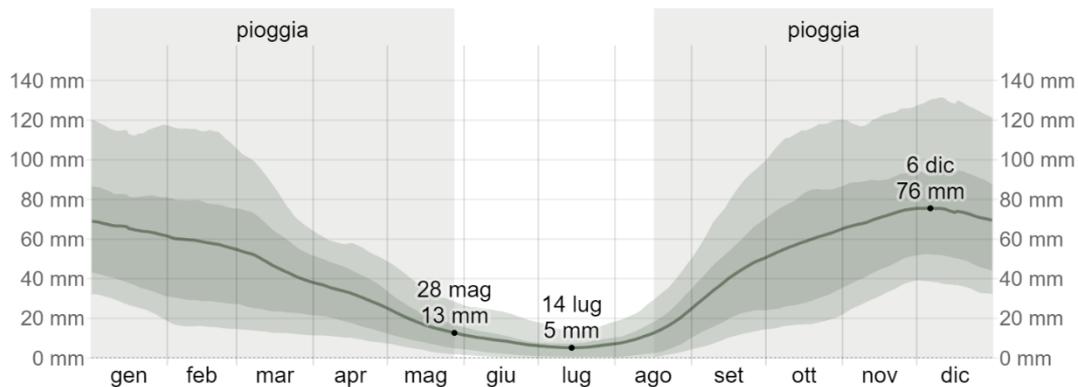


Figura 12: Precipitazioni mensili medie nel comune di Patti. La riga continua rappresenta la pioggia media cumulata durante un periodo mobile di 31 giorni centrato sul giorno in questione, le fasce il 25° - 75° ed il 10° - 90° percentile. La riga tratteggiata sottile indica le nevicate medie corrispondenti. Fonte: <https://it.weatherspark.com/y/76464/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Patti-Italia-tutto-l'anno>.

5 INQUADRAMENTO TERRITORIALE: BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE TIMETO

L'area oggetto di intervento ricade interamente nel Bacino Idrografico del Torrente Timeto, localizzato nella porzione orientale del versante settentrionale della Sicilia. Il bacino considerato si estende dallo spartiacque principale dei Monti Peloritani, che separa il versante tirrenico da quello ionico, fino alla costa tirrenica, con il corso d'acqua principale che sfocia nel tratto compreso tra Patti e la frazione Mongiove di Patti. Dal punto di vista amministrativo, il bacino in esame si sviluppa interamente nel territorio della Provincia di Messina e comprende un totale di 7 territori comunali (Librizzi, Montagnareale, Montalbano Elicona, Patti, Raccuja, S. Angelo di Brolo e S. Piero Patti). Il bacino imbrifero del Torrente Timeto presenta una forma approssimativamente romboidale, allungata secondo la direzione SSW-NNE, con una quota massima di 1350 metri s.l.m. a Case Ponticelli, presso Monte Caci, ed una quota minima di 0 metri s.l.m. alla foce nel Mar Tirreno. Esso si estende complessivamente su una superficie di circa 95,89 kmq, con un perimetro di circa 54,37 km ed una larghezza massima di circa 9,32 km nella porzione mediana del bacino, che si riduce a poco più di 400 metri nel tratto terminale. Il punto più distante dalla foce si trova a Sud di Case Ponticelli, ad una distanza di 18,81 km dalla foce, mentre il punto sorgente del ramo principale è localizzato 230 metri più a Nord ad una quota di circa 1300 metri s.l.m.; la lunghezza complessiva dell'asta principale è di circa 23,49 km e la pendenza media è del 5,53%.

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">18 di 83</p> |



Figura 13: Individuazione del Bacino Idrografico del Torrente Timeto. Fonte: Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) - Bacino Idrografico del Torrente Timeto (012)
<https://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/bac012-timeto.htm>.

Il reticolo idrografico superficiale si presenta ben articolato e gerarchizzato nelle zone montane e collinari del bacino, dove i rami fluviali secondari ad andamento tendenzialmente rettilineo, di breve lunghezza e notevole pendenza, hanno inciso il substrato metamorfico e fliscioide ed hanno formato una serie di valli strette ed incassate, disegnando in pianta un pattern idrografico sub-dendritico tendente a pinnato. Nelle zone di maggiore affioramento dei termini argillosi il reticolo è mediamente ramificato e costituito da incisioni a solchi poco profondi, con i rami fluviali maggiori che disegnano in pianta un pattern lineare. Tutti i corsi d'acqua presentano un regime idrologico marcatamente torrentizio, con deflussi superficiali, nei periodi asciutti, di modesta entità o del tutto assenti. In complesso la conformazione del reticolato idrografico, stante il sollevamento della catena, risulta in continua evoluzione determinando, in concomitanza di eventi piovosi eccezionali, frequenti nei mesi autunnali e invernali, deflussi notevoli con piene tumultuose e portate solide cospicue.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">19 di 83</p> |

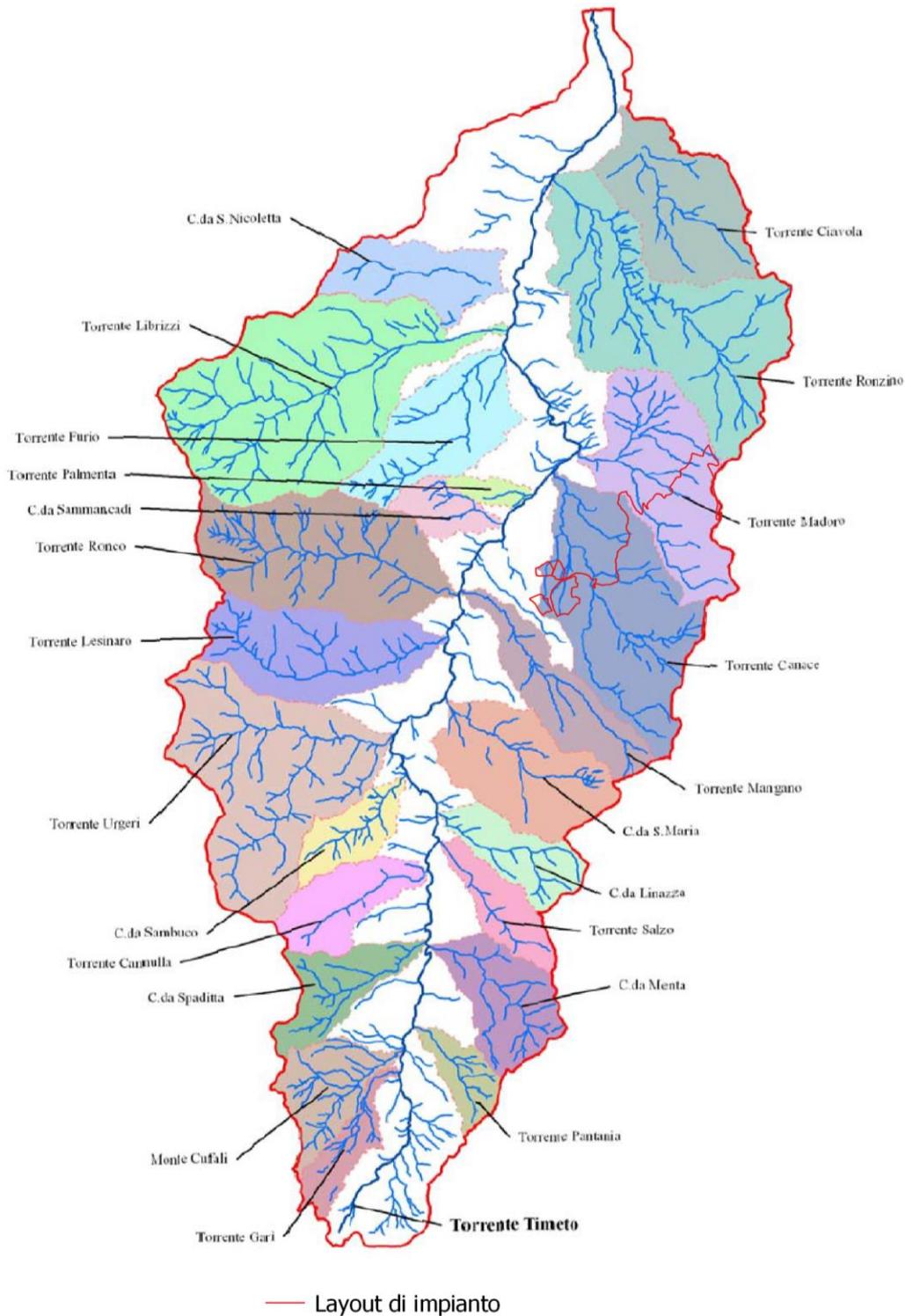


Figura 14: Localizzazione del layout di impianto (in rosso) rispetto ai principali sottobacini e al reticolo idrografico del Torrente Timeto. Fonte: Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) - Bacino Idrografico del Torrente Timeto (012) (<https://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/bac012-timeto.htm>).

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|    | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">20 di 83</p> |

All'interno del bacino non vi sono affluenti importanti; si evidenziano, comunque, due affluenti minori: il torrente Ronzino affluente di destra, il cui bacino ricade nel territorio comunale di Patti e il torrente Librizzi, affluente di sinistra, che scorre a confine tra i comuni di Montagnareale e Librizzi. L'asta principale, di lunghezza totale pari a circa 23 Km, assume la denominazione di Torrente Timeto sin dalla sorgente che si trova a circa 1300 m s.l.m, con una pendenza media totale pari a circa il 5,5%. In Figura 14 si osserva che il layout di impianto interessa il sottobacino del Torrente Madoro (per quanto riguarda la sottostazione elettrica di trasformazione esistente "Minerva", la SE RTN esistente di Patti e parte del cavidotto MT) ed il sottobacino del Torrente Canace (area di posizionamento dei pannelli fotovoltaici e parte del cavidotto MT).

Dal punto di vista morfologico, il bacino del torrente Timeto ricade nel settore nord-orientale della Sicilia, caratterizzato dalla presenza del sistema montuoso dei Monti Peloritani. Il paesaggio peloritano presenta una morfologia decisamente aspra: strette valli, con versanti scoscesi e accidentati, profondamente incise da talweg brevi e a notevole pendenza, si alternano a rilievi che raggiungono quote superiori anche ai 1300 metri s.l.m.. Tale paesaggio si differenzia nettamente dal resto del territorio siciliano ed anche dai vicini Monti Nebrodi, ove l'orografia appare di stile più morbido e mostra strette analogie con l'Aspromonte calabro ed il relativo sistema montuoso.

Nel quadro morfologico dell'area peloritana fanno spicco elementi idrografici particolari, tipici dell'arco calabro-peloritano, denominati "Fiumare". Queste sono contraddistinte da corsi d'acqua di ridotta lunghezza e pendenza notevole, soprattutto nella parte medio-alta del bacino, area in cui ricadell'impianto in progetto, dove l'elevato trasporto solido è tale da assumere, in alcune porzioni del corso principale e nelle aste secondarie, il carattere di debris-flow (colata di detrito). Di contro, nel tratto medio-terminale delle Fiumare si registrano pendenze relativamente basse e il letto ghiaioso-ciottoloso, molto ampio e apparentemente sproporzionato, testimonia impetuosità delle portate di piena. Inoltre esse sono caratterizzate da un regime idrologico marcatamente torrentizio, strettamente dipendente dalla distribuzione delle precipitazioni. Tali elementi idrici sono tipici delle aree di recente sollevamento, laddove rilievi di notevole altezza, assai prossimi alla costa, portano a forti differenze di quota in spazi ridotti e favoriscono delle accentuate pendenze dei talweg. Infatti, il paesaggio assume spesso caratteristiche di alta collina e di montagna non lontano dalla zona di costa.

In un contesto generale sono distinguibili tre fasce orientate all'incirca E-W di cui una pianeggiante, una seconda a carattere collinare ed una terza decisamente montuosa. I tratti morfologici più significativi, che caratterizzano le tre fasce nell'area esaminata, sono in stretta dipendenza della

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">21 di 83</p> |

natura dei terreni affioranti e delle condizioni strutturali. L'area di intervento ricade tra la fascia costiera e quella intermedia; la prima, ad andamento pianeggiante e ampia circa 500 metri tra il centro abitato di Patti e la frazione Mongiove di Patti, si collega al tratto terminale della valle del Torrente Timeto in prossimità dello sbocco nella pianura costiera, dove raggiunge un massimo di ampiezza di 1,4 km. Questa fascia pianeggiante si presenta con una spianata a debole pendenza verso il mare. La fascia intermedia, di raccordo tra la zona costiera e quella montana, risulta interessata prevalentemente da un sistema collinare caratterizzato da acclività variabili (ad aree poco acclivi e con forme sub-arrotondate si alternano le porzioni di territorio contrassegnate da rotture di pendenza notevoli) e condizionato dai terreni argillosi della *Formazione delle Argille Scagliose*, dai rilievi rocciosi del *Flysch di Capo d'Orlando* e dalle coltri detritiche delle metamorfite di alto grado dell'*Unità dell'Aspromonte*, con instabilità diffusa e resistenza all'erosione da moderata a bassa, oltretutto da brusche rotture di pendenza in relazione all'accostamento di litologie estremamente varie. Particolarmente evidente, circa il rapporto morfologia–litologia, è il contrasto che contraddistingue la massa prevalentemente argillosa (*Argille Scagliose Antisicilidi*) sia dalle sovrastanti calcareniti delle *Calcareniti di Floresta* che dalle sottostanti arenarie del *Flysch di Capo d'Orlando*, dai micascisti e gneiss dell'*Unità dell'Aspromonte* e dalle filladi con intercalazioni di marmi di medio grado metamorfico dell'*Unità di Mandanici*, con evidenti scarpate in prossimità dei contatti tettonici.

6 DATI IDROLOGICI DISPONIBILI

L'analisi statistica degli estremi idrologici è stata condotta partendo innanzitutto dalla ricerca e dalla modellazione dei dati idrologici disponibili, effettuata scegliendo le stazioni di riferimento e analizzando le serie storiche collezionate. In particolare, come sarà possibile vedere nel seguito, tra le stazioni presenti all'interno dell'area, le serie storiche a cui si è fatto riferimento sono quelle che contenevano le altezze massime di pioggia cadute ogni anno in occasione di eventi di durata pari a 1h, 3h, 6h, 12h e 24h, per il bacino di interesse.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 22 di 83 |

6.1 STAZIONI DI RIFERIMENTO

Le stazioni di riferimento sono state individuate considerando le stazioni termopluviometriche e pluviometriche, aventi serie storiche statisticamente significative, situate all'interno del bacino idrografico del Torrente Timeto, interessato dal progetto in discussione, o più prossime ad esso.

Ai fini del presente studio le stazioni di riferimento considerate sono:

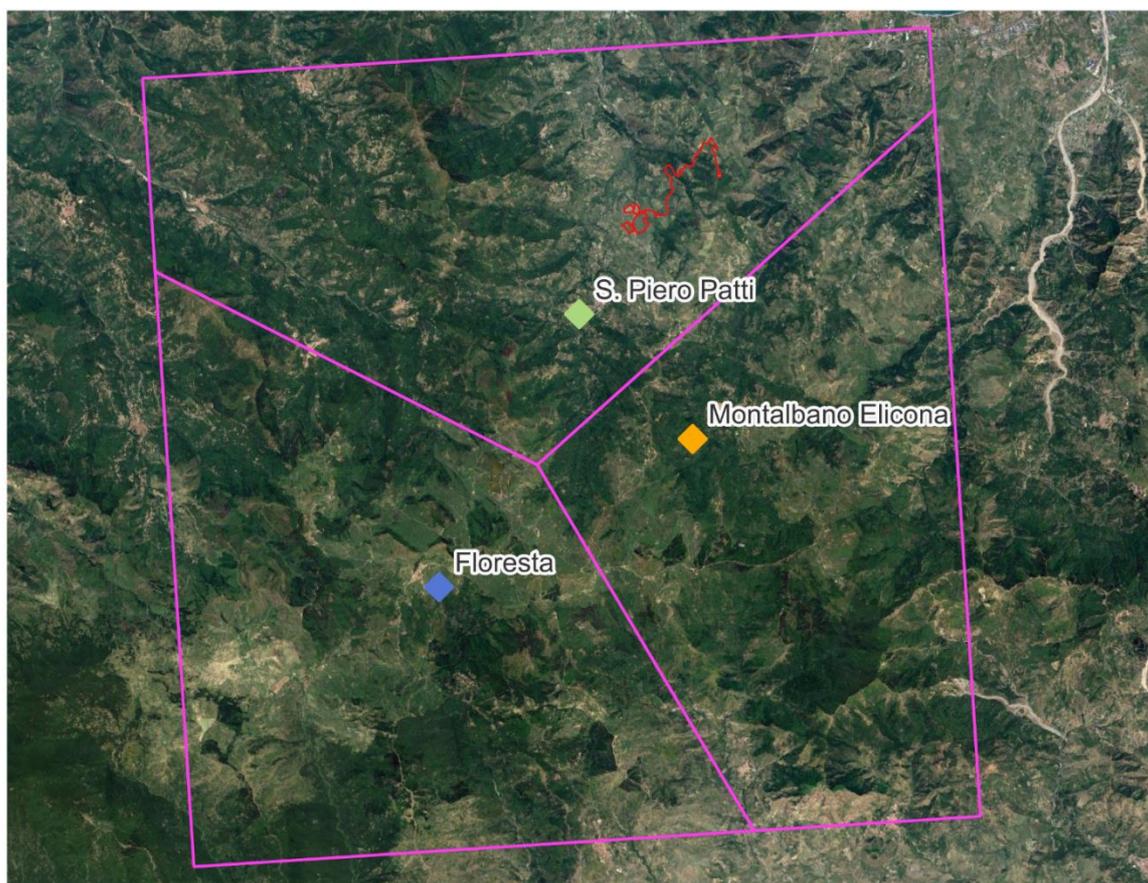
- Stazione di Floresta, nel Comune di Floresta;
- Stazione di Montalbano Elicona, nel Comune di Montalbano Elicona (ME);
- Stazione di S. Piero Patti, nel Comune di San Piero Patti (ME).

Tabella 1: Elenco delle stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche considerate. Fonte:

<https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>.

| Stazione | Bacino | Anni di osservazione considerati | Strumento | Quota (m s.l.m.) | Altezza dell'apparecchio dal suolo (m) | Coordinate (UTM) | |
|--------------------|-----------|----------------------------------|-------------------|------------------|--|------------------|---------|
| | | | | | | Nord (m) | Est (m) |
| Floresta | Alcantara | 1990 - 2018 | Termo-pluviometro | 1270 | 2,00 | 4204039 | 492682 |
| Montalbano Elicona | Elcona | 1990 - 2016 | Pluviometro | 929 | 2,00 | 4207734 | 500000 |
| S. Piero Patti | Timeto | 1996 - 2018 | Pluviometro | 440 | 9,00 | 4211433 | 497075 |

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 23 di 83 |



- Layout di impianto
- Poligoni di Voronoi
- Stazioni pluviometriche considerate
- ◆ Floresta
- ◆ Montalbano Elicona
- ◆ S. Piero Patti

Figura 15: Stazioni pluviometriche di riferimento.

Le serie storiche dei dati di pioggia sono state desunte dagli annali idrologi dell'Osservatorio Acque della Regione Sicilia¹.

¹ <https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 24 di 83 |

6.2 DATI DI PIOGGIA DISPONIBILI

Le tabelle seguenti riportano le serie storiche rilevate presso le stazioni di riferimento e registrate negli annali idrologici della Regione Sicilia, in relazione ad eventi di pioggia di massima intensità, registrati in termini di altezze massime di pioggia cadute negli anni di cui si dispone la registrazione, in occasione di eventi di durata pari a 1h, 3h, 6h, 12h e 24h.

Le serie storiche riportate di seguito sono state scelte sulla base dei criteri precedentemente definiti e sono riferibili al sottobacino considerato in cui ricade l'area di progetto.

Tabella 2: Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h registrate presso la stazione di Floresta, consultabili negli annali idrologici della Regione Sicilia.

Fonte: <https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>.

| Anno | 1h | | 3h | | 6h | | 12h | | 24h | |
|------|------|---------|------|---------|------|---------|-------|---------|-------|---------|
| | mm | Data | mm | Data | mm | Data | mm | Data | mm | Data |
| 2018 | 40,0 | 24 Ago. | 59,2 | 24 Ago. | 59,2 | 24 Ago. | 62,4 | 24 Ago. | 77,0 | 27 Nov |
| 2017 | 13,0 | 16 Lug. | 25,4 | 22 Gen. | 42,6 | 22 Gen. | 61,0 | 22 Gen. | 92,4 | 8 Mar. |
| 2016 | 21,6 | 12 Set. | 24,6 | 12 Set. | 29,4 | 3 Mag. | 50,8 | 7 Gen. | 70,4 | 6 Gen. |
| 2015 | 20,6 | 24 Lug. | 35,0 | 31 Ott. | 48,6 | 31 Ott. | 75,8 | 31 Ott. | 86,6 | 31 Ott. |
| 2014 | 21,4 | 6 Set. | 31,0 | 6 Set. | 41,6 | 13 Nov. | 61,0 | 23 Ott. | 84,0 | 5 Apr |
| 2013 | 33,0 | 11 Ott. | 46,8 | 11 Ott. | 54,0 | 25 Mar. | 63,0 | 25 Mar. | 63,6 | 25 Mar |
| 2008 | 25,6 | 11 Dic. | 49,0 | 11 Dic. | 61,8 | 11 Dic. | 100,0 | 3 Dic. | 116,0 | 11 Dic. |
| 2006 | 20,0 | 21 Apr. | 40,2 | 21 Apr. | 42,6 | 21 Apr. | 54,6 | 23 Dic. | 83,6 | 23 Dic. |
| 2005 | 20,8 | 6 Mag. | 29,6 | 13 Dic. | 51,2 | 13 Dic. | 79,6 | 13 Dic. | 125,8 | 13 Dic. |
| 2004 | 23,0 | 9 Dic. | 47,0 | 9 Dic. | 58,8 | 9 Dic. | 74,0 | 9 Dic. | 74,4 | 8 Dic |
| 2001 | 30,4 | 23 Ago. | 54,4 | 13 Gen. | 79,2 | 13 Gen. | 112,8 | 13 Gen. | 131,8 | 13 Gen. |
| 2000 | 17,8 | 15 Mag. | 28,6 | 9 Set. | 48,0 | 13 Gen. | 77,0 | 13 Gen. | 100,8 | 13 Gen. |
| 1999 | 20,0 | 28 Set. | 36,0 | 3 Gen. | 61,8 | 3 Gen. | 86,0 | 3 Gen. | 152,6 | 3 Gen. |
| 1998 | 27,2 | 27 Set. | 39,2 | 27 Set. | 39,6 | 27 Set. | 42,2 | 27 Set. | 51,6 | 23 Nov. |

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 25 di 83 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|-------|----|------|
| 1997 | 34,0 | 23 | Nov. | 35,6 | 23 | Nov. | 41,0 | 24 | Set. | 46,8 | 8 | Gen. | 71,4 | 23 | Nov. |
| 1996 | 30,0 | 3 | Ott. | 54,2 | 3 | Ott. | 62,0 | 3 | Ott. | 69,6 | 3 | Ott. | 102,2 | 3 | Ott. |
| 1993 | 23,0 | 28 | Feb. | 45,8 | 28 | Feb. | 70,4 | 28 | Feb. | 86,0 | 27 | Feb. | 114,6 | 27 | Feb. |
| 1991 | 11,8 | 4 | Set. | 23,0 | 22 | Dic. | 34,6 | 22 | Dic. | 43,6 | 27 | Gen. | 58,0 | 27 | Gen. |

Tabella 3: Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h registrate presso la stazione di Montalbano Elicona, consultabili negli annali idrologici della Regione Sicilia. Fonte: <https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>.

| Anno | 1h | | 3h | | 6h | | 12h | | 24h | |
|-------------|------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| | mm | Data | mm | Data | mm | Data | mm | Data | mm | Data |
| 2016 | 15,0 | 11 Mar. | 30,0 | 11 Mar. | 42,8 | 11 Mar. | 49,8 | 11 Mar. | 64,6 | 11 Mar |
| 2015 | 28,8 | 15 Ago. | 45,4 | 17 Mag. | 61,2 | 17 Mar. | 75,6 | 31 Ott. | 91,0 | 31 Ott |
| 2014 | 42,0 | 11 Nov. | 63,0 | 11 Nov. | 70,2 | 11 Nov. | 88,8 | 6 Nov. | 119,2 | 6 Nov. |
| 2013 | 63,2 | 21 Ago. | 66,2 | 21 Ago. | 66,8 | 21 Ago. | 69,4 | 21 Ago. | 81,4 | 30 Set. |
| 2012 | 21,6 | 8 Mar. | 35,8 | 7 Mar. | 53,8 | 7 Mar. | 80,0 | 21 Feb. | 121,4 | 21 Feb. |
| 2011 | 20,2 | 20 Set. | 33,0 | 1 Feb. | 65,0 | 1 Feb. | 121,6 | 1 Feb. | 132,4 | 31 Gen. |
| 2010 | 19,0 | 27 Gen. | 41,0 | 27 Gen. | 61,0 | 27 Gen. | 97,6 | 26 Gen. | 126,2 | 26 Gen. |
| 2009 | 27,0 | 3 Nov. | 46,9 | 3 Nov. | 69,9 | 13 Gen. | 109,0 | 13 Gen. | 127,1 | 12 Gen. |
| 2008 | 80,0 | 11 Dic. | 128,0 | 11 Dic. | 187,0 | 11 Dic. | 260,0 | 11 Feb. | 297,0 | 11 Dic. |
| 2007 | 19,4 | 26 Set. | 27,4 | 26 Set. | 31,0 | 26 Set. | 40,0 | 10 Feb. | 69,2 | 10 Feb |
| 2006 | 26,0 | 12 Lug. | 33,0 | 30 Gen. | 60,0 | 30 Gen. | 105,0 | 30 Gen. | 168,4 | 30 Gen. |
| 2005 | 52,8 | 13 Dic. | 59,0 | 13 Dic. | 95,2 | 13 Dic. | 129,4 | 13 Dic. | 184,4 | 13 Dic |
| 2004 | 50,0 | 12 Nov. | 69,8 | 12 Nov. | 70,0 | 12 Nov. | 70,0 | 12 Nov. | 70,0 | 12 Nov. |
| 2003 | 34,0 | 11 Dic. | 76,0 | 11 Dic. | 100,0 | 11 Dic. | 130,2 | 11 Dic. | 160,0 | 11 Dic. |
| 2002 | 44,0 | 21 Nov. | 76,0 | 21 Nov. | 97,0 | 26 Nov. | 121,0 | 26 Nov. | 121,2 | 26 Nov |
| 2001 | 26,0 | 13 Gen. | 59,0 | 13 Gen. | 100,0 | 13 Gen. | 150,0 | 13 Gen. | 177,0 | 13 Gen. |

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 26 di 83 |

| | | | | | | | | | | |
|------|------|---------|------|---------|------|---------|-------|---------|-------|---------|
| 2000 | 18,0 | 13 Gen. | 46,0 | 13 Gen. | 81,2 | 13 gen. | 136,2 | 13 Gen. | 204,4 | 13 Gen. |
| 1999 | 17,6 | 19 Dic. | 33,0 | 29 Nov. | 45,0 | 29 Nov. | 73,2 | 29 Nov. | 103,8 | 29 Nov. |
| 1998 | 21,6 | 2 Ott. | 25,4 | 2 Ott. | 32,2 | 2 Ott. | 36,0 | 2 Ott. | 38,6 | 21 Gen. |
| 1997 | 40,4 | 23 Nov. | 61,0 | 23 Nov. | 63,2 | 23 Nov. | 63,2 | 23 Nov. | 70,4 | 23 Nov. |
| 1996 | 29,6 | 21 Lug. | 51,2 | 10 Ott. | 77,4 | 9 Ott. | 110,0 | 9 Dic. | 171,4 | 9 Dic. |
| 1995 | 20,8 | 25 Ago. | 24,2 | 25 Ago. | 29,2 | 13 Mar. | 38,0 | 13 Mar. | 54,0 | 13 Mar. |
| 1993 | 16,8 | 25 Nov. | 39,0 | 25 Nov. | 56,4 | 25 Nov. | 88,8 | 25 Nov. | 105,0 | 25 Nov. |
| 1992 | 22,4 | 24 Set. | 33,0 | 24 Set. | 41,6 | 30 Giu. | 43,6 | 30 Giu. | 60,6 | 25 Gen. |
| 1991 | 23,4 | 23 Nov. | 50,4 | 23 Nov. | 58,2 | 23 Nov. | 65,0 | 23 Nov. | 70,2 | 23 Nov. |
| 1990 | 38,0 | 20 Ago. | 43,8 | 2 Ago. | 44,0 | 2 Ago. | 57,4 | 13 Feb. | 77,6 | 13 Feb. |

Tabella 4: Altezze di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi di pioggia di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h registrate presso la stazione di San Piero Patti, consultabili negli annali idrologici della Regione Sicilia. Fonte: <https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>.

| Anno | 1h | | 3h | | 6h | | 12h | | 24h | |
|------|------|---------|------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| | mm | Data | mm | Data | mm | Data | mm | Data | mm | Data |
| 2018 | 43,4 | 24 Ago. | 62,8 | 24 Ago. | 65,6 | 24 Ago. | 65,6 | 24 Ago. | 68,4 | 24 Giu. |
| 2017 | 20,4 | 10 Feb. | 24,8 | 22 Gen. | 48,8 | 22 Gen. | 74,6 | 22 Gen. | 80,4 | 22 Gen. |
| 2016 | 28,4 | 6 Ago. | 31,0 | 6 Ago. | 31,0 | 6 Ago. | 31,0 | 6 Ago. | 40,8 | 6 Gen. |
| 2015 | 27,8 | 17 Mag. | 43,8 | 17 Mag. | 47,2 | 17 Mag. | 59,4 | 31 Ott. | 70,0 | 31 Ott. |
| 2013 | 30,6 | 11 Ott. | 40,2 | 11 Ott. | 40,2 | 11 Ott. | 45,4 | 15 Mar. | 50,6 | 15 Mar. |
| 2012 | 11,8 | 2 Dic. | 19,8 | 6 Dic. | 35,0 | 7 Mar. | 44,2 | 7 Giu. | 61,8 | 21 Feb. |
| 2008 | 30,0 | 11 Dic. | 62,0 | 11 Dic. | 104,0 | 11 Dic. | 142,2 | 11 Dic. | 166,6 | 11 Dic. |
| 2006 | 19,0 | 15 Set. | 36,4 | 15 Set. | 36,4 | 15 Set. | 53,4 | 11 Mar. | 57,6 | 11 Mar. |
| 2005 | 20,0 | 2 Apr. | 24,0 | 13 Dic. | 46,0 | 13 Dic. | 74,2 | 13 Dic. | 102,8 | 13 Dic. |
| 2003 | 19,4 | 14 Set. | 33,0 | 11 Gen. | 47,8 | 11 Gen. | 60,2 | 12 Dic. | 86,0 | 11 Dic. |

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 27 di 83 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|-------|----|------|-------|----|------|
| 2002 | 46,0 | 21 | Nov. | 81,8 | 21 | Nov. | 82,8 | 21 | Nov. | 87,8 | 21 | Nov. | 90,2 | 21 | Nov. |
| 2001 | 27,0 | 5 | Mag. | 51,6 | 5 | Mag. | 89,0 | 13 | Gen. | 133,6 | 13 | Gen. | 157,8 | 13 | Gen. |
| 2000 | 12,6 | 8 | Set. | 23,6 | 18 | Apr. | 35,4 | 12 | Apr. | 44,2 | 12 | Apr. | 63,8 | 13 | Gen. |
| 1996 | 27,4 | 8 | Ott. | 75,8 | 3 | Ott. | 80,2 | 3 | Ott. | 97,2 | 3 | Ott. | 136,8 | 3 | Ott. |

Si riportano di seguito gli istogrammi raffiguranti le precipitazioni di massima intensità, registrate ai pluviografi delle sottostazioni utili al presente studio, per ogni durata dell'evento di precipitazione (1h, 3h, 6h, 12h e 24h).

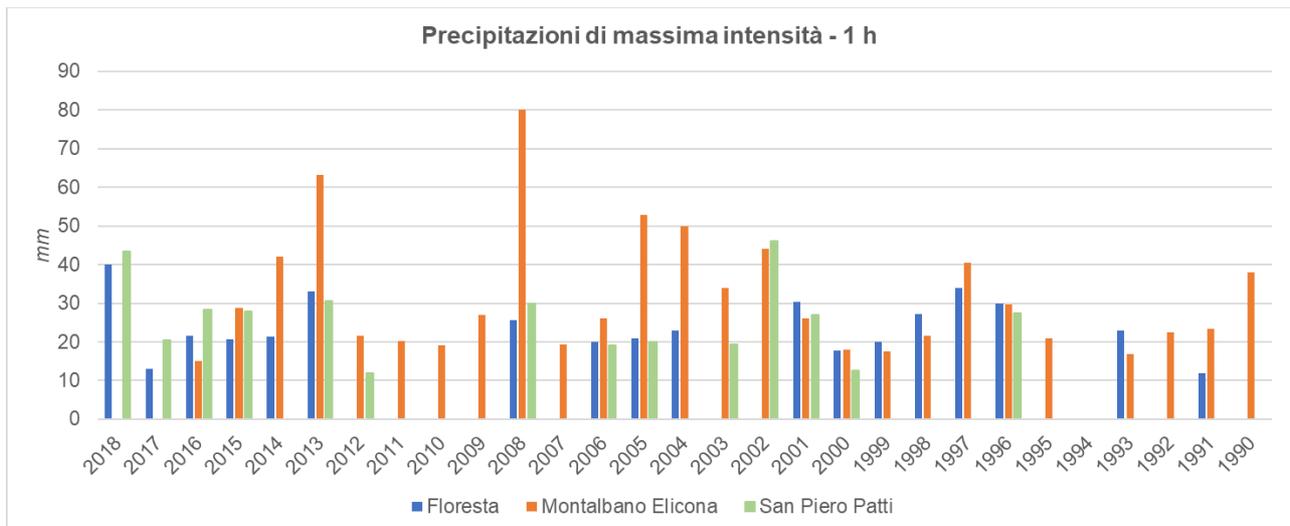


Figura 16: Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi delle sottostazioni utili al presente studio, in occasione di eventi di durata pari a 1h. Fonte: <https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>.

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 28 di 83 |

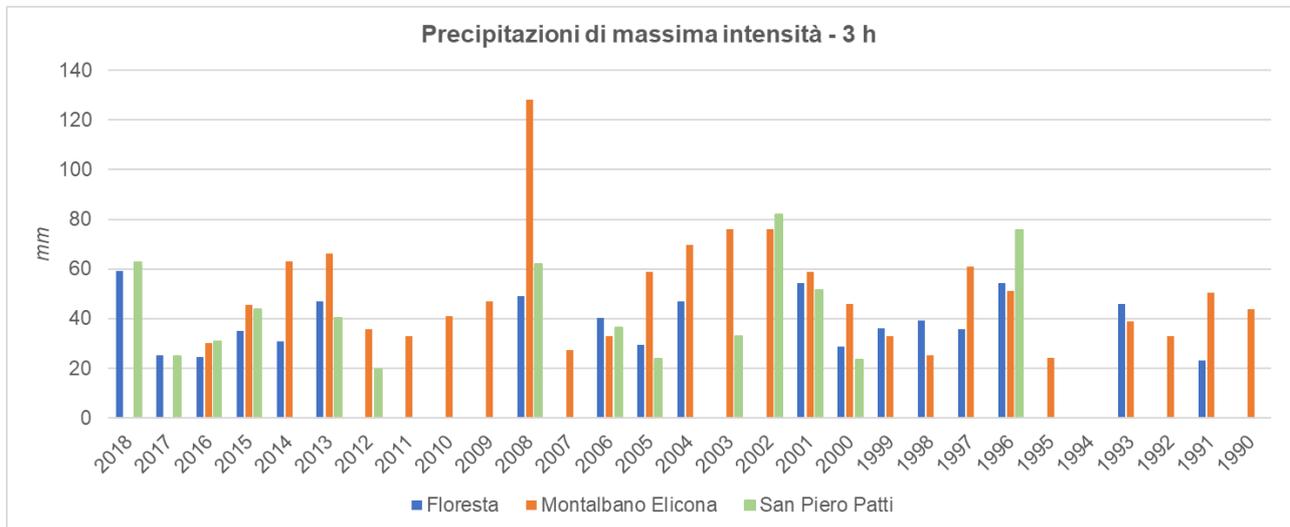


Figura 17: Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi delle sottostazioni utili al presente studio, in occasione di eventi di durata pari a 3h. Fonte: <https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>.

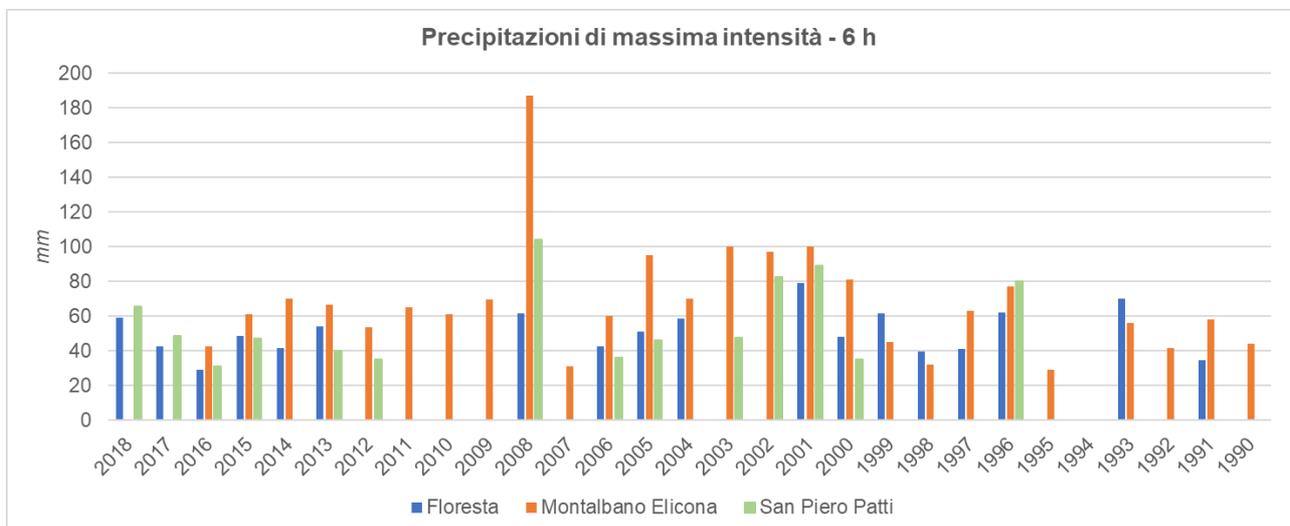


Figura 18: Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi delle sottostazioni utili al presente studio, in occasione di eventi di durata pari a 6h. Fonte: <https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>.

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 29 di 83 |

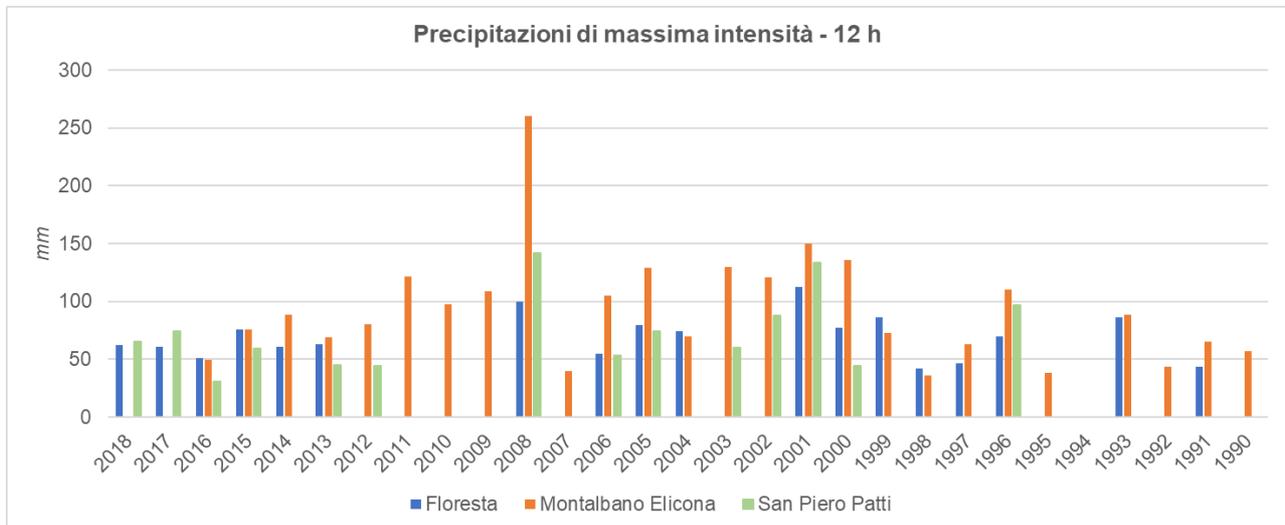


Figura 19: Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi delle sottostazioni utili al presente studio, in occasione di eventi di durata pari a 12h. Fonte: <https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>.

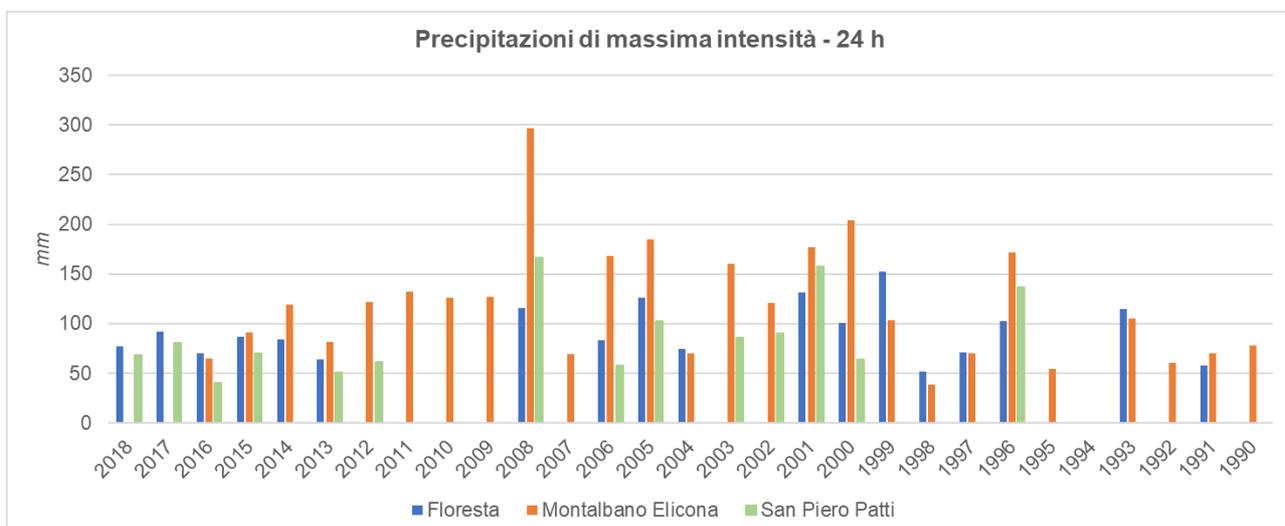


Figura 20: Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi delle sottostazioni utili al presente studio, in occasione di eventi di durata pari a 24h. Fonte: <https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>.

Per poter ottenere una serie storica consistente e quindi utilizzabile ai fini della modellazione idrologica e al fine di tenere in debita considerazione tutti i dati di pioggia disponibili, si è fatto ricorso al Metodo delle Distanze Inverse Pesate in cui il valore stimato in un punto è influenzato dalle

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 30 di 83 |

stazioni più vicine, di conseguenza la stima risulta essere inversamente proporzionale alla distanza dei punti di misura attraverso la relazione proposta di seguito. Pertanto, dalle serie storiche disponibili per eventi di intensità massima corrispondente a durate di 1h, 3h, 6h, 12h e 24h, sono state ricavate altezze di pioggia risultanti da medie pesate come nella formula che segue:

$$P = \frac{\sum_1^N \left(\frac{P_i}{d_i^2} \right)}{\sum_1^N \left(\frac{1}{d_i^2} \right)}$$

Dove:

- P = altezza di pioggia ottenuta da media pesata sulle distanze inverse [mm];
- P_i = altezza di pioggia della stazione “i-esima” [mm];
- D_i = distanza della stazione “i-esima” dal sito di progetto [m].

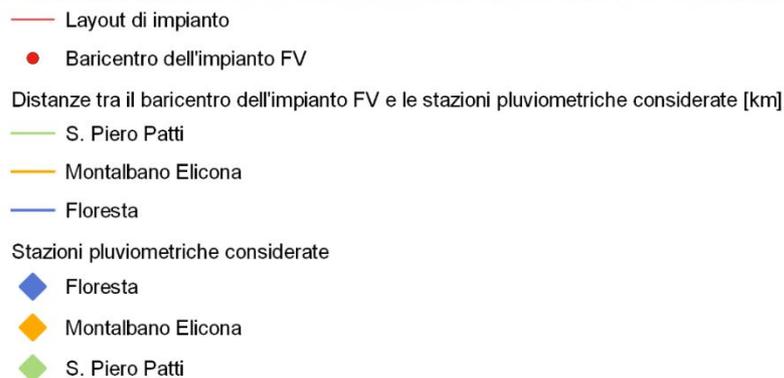
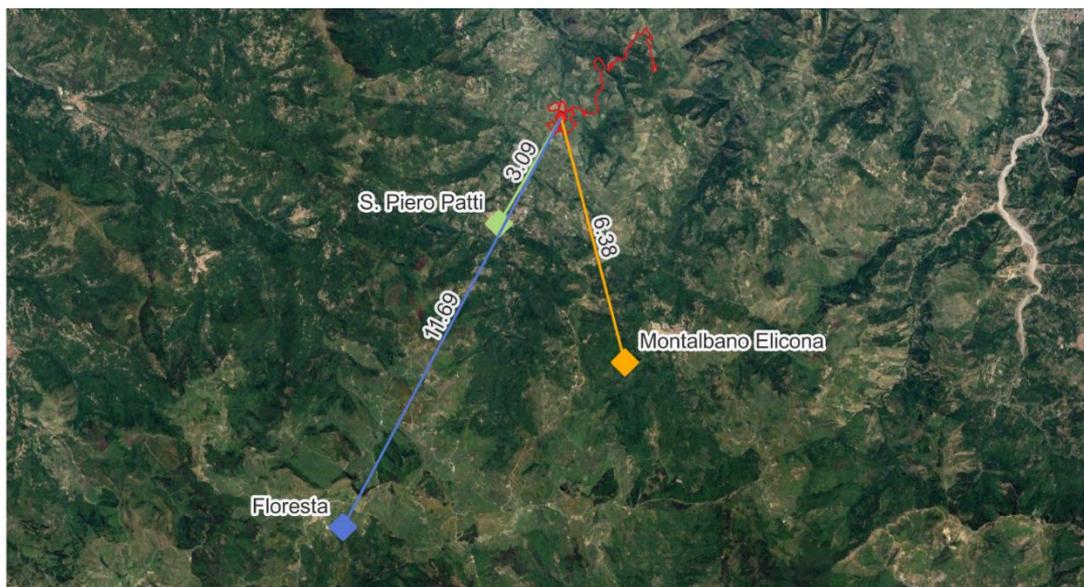


Figura 21: Distanze tra il baricentro dell'impianto FV in progetto e le stazioni pluviometriche considerate nel presente studio (esprese in km).

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 31 di 83 |

A valle dell'applicazione del metodo delle distanze inverse pesate alle stazioni di riferimento sono state ottenute le serie di dati riportate nella seguente tabella per ciascuna durata e per ogni annata interessata dai campioni statistici:

Tabella 5: Altezza di pioggia (mm) corrispondenti ad eventi piovosi di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h ricavate dall'applicazione del metodo delle distanze inverse ai dati registrati presso le stazioni di riferimento nel caso in esame.

| Anno | 1h | 3h | 6h | 12h | 24h |
|------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | mm | mm | mm | mm | mm |
| 2018 | 35,39 | 51,29 | 53,43 | 53,60 | 56,53 |
| 2017 | 16,33 | 20,36 | 39,67 | 60,42 | 66,55 |
| 2016 | 25,62 | 30,48 | 33,04 | 35,45 | 46,68 |
| 2015 | 27,59 | 43,62 | 49,80 | 63,20 | 74,68 |
| 2014 | 8,72 | 13,02 | 14,89 | 19,28 | 25,99 |
| 2013 | 36,61 | 45,24 | 45,74 | 50,67 | 56,85 |
| 2012 | 12,93 | 21,62 | 36,51 | 48,28 | 69,23 |
| 2011 | 3,64 | 5,95 | 11,72 | 21,92 | 23,87 |
| 2010 | 3,43 | 7,39 | 11,00 | 17,59 | 22,75 |
| 2009 | 4,87 | 8,45 | 12,60 | 19,65 | 22,91 |
| 2008 | 38,78 | 73,20 | 116,70 | 161,17 | 187,39 |
| 2007 | 3,50 | 4,94 | 5,59 | 7,21 | 12,47 |
| 2006 | 20,32 | 35,99 | 40,99 | 62,77 | 78,97 |
| 2005 | 25,96 | 30,61 | 55,15 | 84,44 | 118,74 |
| 2004 | 10,25 | 15,10 | 15,77 | 16,59 | 16,61 |
| 2003 | 20,99 | 38,98 | 54,65 | 69,59 | 94,73 |
| 2002 | 43,17 | 76,37 | 80,92 | 89,08 | 90,95 |
| 2001 | 27,00 | 53,08 | 90,46 | 135,44 | 159,87 |
| 2000 | 13,85 | 27,91 | 44,33 | 62,54 | 91,13 |
| 1999 | 4,25 | 7,88 | 11,43 | 17,81 | 26,90 |
| 1998 | 5,35 | 6,68 | 7,93 | 8,75 | 9,73 |
| 1997 | 9,11 | 12,91 | 13,59 | 13,90 | 16,52 |
| 1996 | 27,94 | 70,21 | 78,72 | 98,03 | 141,18 |

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 32 di 83 |

| Anno | 1h | 3h | 6h | 12h | 24h |
|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | mm | mm | mm | mm | mm |
| 1995 | 3,75 | 4,36 | 5,26 | 6,85 | 9,73 |
| 1994 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1993 | 4,26 | 9,49 | 13,94 | 20,62 | 25,08 |
| 1992 | 4,04 | 5,95 | 7,50 | 7,86 | 10,92 |
| 1991 | 4,85 | 10,32 | 12,35 | 14,06 | 15,77 |
| 1990 | 6,85 | 7,90 | 7,93 | 10,35 | 13,99 |

7 ANALISI DEI DATI IDROLOGICI DISPONIBILI

L'analisi statistica degli estremi idrologici è stata condotta secondo due diversi approcci, non necessariamente alternativi tra loro:

- Metodo di Gumbel;
- Metodo VAPI tramite analisi statistica TCEV.

7.1 DISTRIBUZIONE STATISTICA DI GUMBEL

La serie di dati ottenuta, dal 1990 al 2018, applicando il metodo delle distanze inverse ai dati registrati presso le stazioni di riferimento in termini di altezze di pioggia [mm], corrispondenti ad eventi di massima intensità per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h, sono state elaborate statisticamente per calcolare, per ciascuna durata considerata, i percentili corrispondenti a diversi periodi di ritorno (10, 20, 25, 50, 200, 250, 500 anni).

Nel dettaglio, con i dati (x_i) disponibili per ogni durata di interesse (1h, 3h, 6h, 12h, 24h), sono stati sviluppati i passaggi elencati nei punti che seguono:

Calcolo della media (μ) e del momento di primo ordine corretto (σ) applicando le seguenti formule:

$$\mu = \frac{\sum_1^N x_i}{N} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^N (x_i - \mu)^2}{(N-1)}}$$

Calcolo dei parametri della distribuzione di Gumbel α ed u applicando le seguenti formule:

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 33 di 83 |

$$\alpha = \frac{1.283}{\sigma} \quad u = \mu - 0.45\sigma$$

Calcolo dei percentili di Gumbel applicando la seguente formula in funzione dei parametri u , α e del tempo di ritorno (T in anni):

$$x = u + \frac{1}{\alpha} \left[-\ln \left[-\ln \left[\frac{T-1}{T} \right] \right] \right]$$

I risultati ottenuti sono stati raccolti nella seguente tabella:

Tabella 6: Altezze di pioggia [mm] calcolate per diverse durate e diversi periodi di ritorno (Distribuzione Statistica di Gumbel).

| | | T [anni] | | | | | | | |
|------------|----|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 10 | 20 | 25 | 50 | 100 | 200 | 250 | 500 |
| h [ore] | 1 | 31,87 | 38,91 | 41,14 | 48,03 | 54,86 | 61,66 | 63,85 | 70,64 |
| | 3 | 54,34 | 66,75 | 70,69 | 82,82 | 94,85 | 106,85 | 110,7 | 122,67 |
| | 6 | 71,7 | 88,13 | 93,35 | 109,41 | 125,35 | 141,23 | 146,34 | 162,19 |
| | 12 | 95,69 | 117,9 | 124,95 | 146,66 | 168,21 | 189,68 | 196,58 | 218,01 |
| | 24 | 117,82 | 144,98 | 153,6 | 180,14 | 206,49 | 232,74 | 241,18 | 267,37 |

I risultati dell'elaborazione statistica dei dati di pioggia oggetto della presente trattazione sono stati espressi sotto forma di *curve di possibilità pluviometrica* (o *linee segnalitrici di possibilità pluviometrica, LSPP*), rappresentate in forma esponenziale con evidenza dei parametri "a" ed "n":

Tabella 7: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (Distribuzione Statistica di Gumbel).

| | T [anni] | | | | | | | |
|---|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 25 | 50 | 100 | 200 | 250 | 500 |
| a | 33,238 | 40,646 | 42,995 | 50,243 | 57,427 | 64,585 | 66,888 | 74,033 |
| n | 0,414 | 0,4166 | 0,4172 | 0,4187 | 0,4198 | 0,4207 | 0,421 | 0,4216 |

| | | | |
|---|--|---------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 34 di 83 |

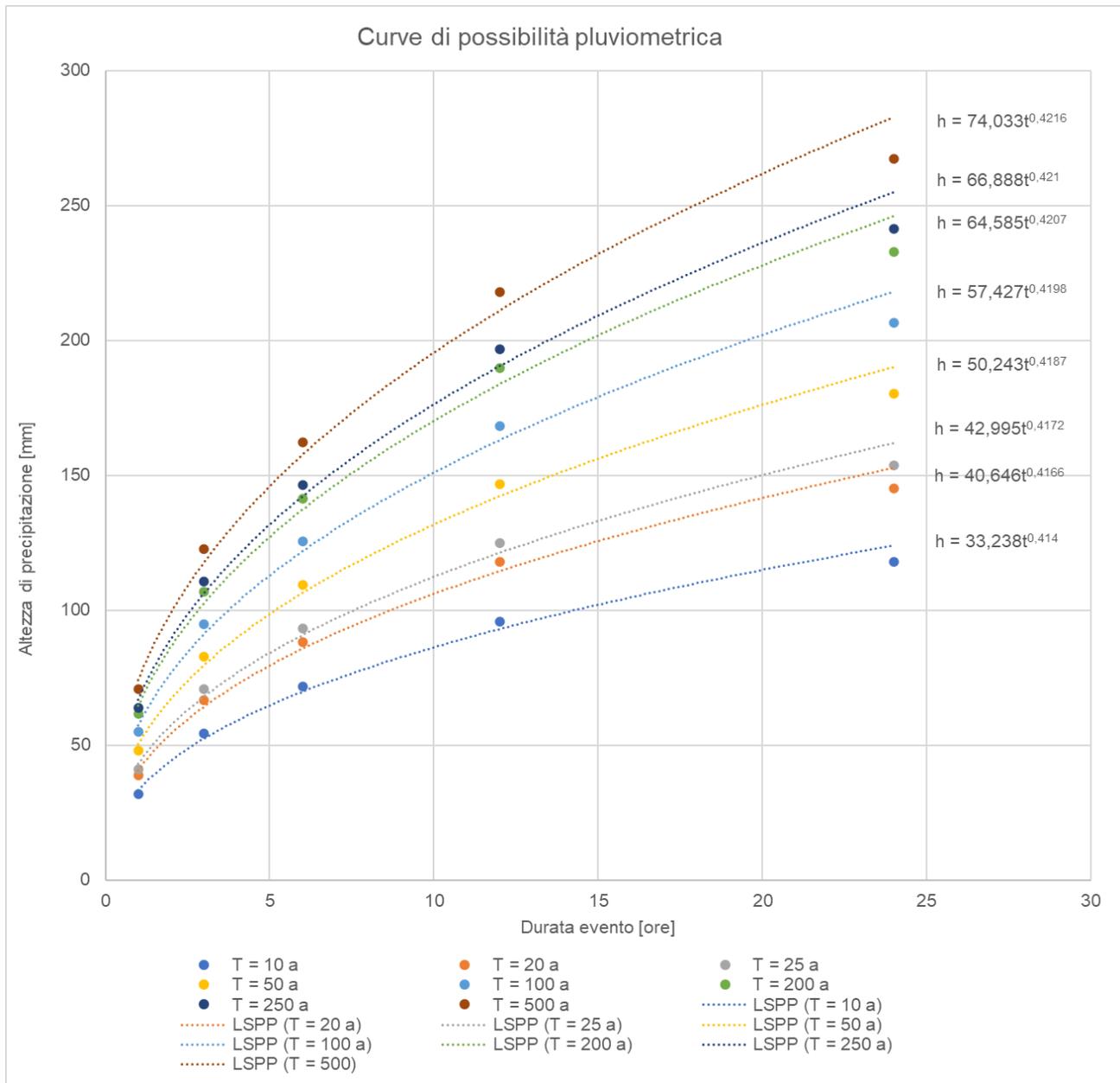


Figura 22: Linee Segnatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP) per ogni tempo di ritorno T.

7.2 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA VAPI

La stima della pioggia di massima intensità per un dato tempo di corrivazione e per un dato tempo di ritorno, viene sviluppata secondo i criteri sviluppati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 35 di 83 |

Il Progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali. La metodologia adottata nel progetto VAPI fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena e quindi non esiste un valore massimo assoluto, ma ad ogni valore della portata di piena viene associata una probabilità che si verifichino eventi di piena con valori superiori. Per ridurre le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari, si adotta una metodologia di analisi regionale che consente di utilizzare non solo tutta l'informazione idrometrica ma anche tutta quella pluviometrica posseduta su un dato territorio. Nell'ambito di tale studio si è utilizzata l'informazione pluviografica raccolta dal Servizio Idrografico Italiano e, in particolare, sono stati utilizzati i risultati dell'analisi statistica a scala regionale ed applicando la legge di distribuzione a doppia componente su tre livelli successivi di regionalizzazione, basato sulla seguente formula:

$$F_x(x) = \exp\left\{-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} \exp\left[-x/(\theta_* \theta_1)\right]\right\} \quad x \geq 0$$

Il modello a doppia componente appena citato è denominato TCEV (acronimo di Two Components Extreme Value): i parametri della TCEV sono 4 ed è quindi molto elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche disponibili la cui dimensione campionaria è in genere inferiore a 80. Per ridurre tale incertezza, si utilizzano tecniche di analisi regionale che consentono di stimare almeno alcuni dei parametri sulla base di tutte le serie storiche ricadenti all'interno di vaste aree indicate come zone e sottozone omogenee. In particolare:

- Al I livello di regionalizzazione per i due parametri di forma θ_* e Λ_* si può assumere un valore costante all'interno di ampie zone omogenee;
- Al II livello di regionalizzazione, oltre ai valori costanti dei parametri θ_* e Λ_* nelle zone omogenee, all'interno di queste è possibile identificare sottozone omogenee, entro cui si può ritenere costante anche il parametro di scala Λ_1 ;
- Al III livello di regionalizzazione, oltre ai parametri θ_* , Λ_* e Λ_1 di cui si può assumere un valore regionale, si persegue in modo regionale anche la stima del quarto parametro che sia θ_1 o μ in relazione all'approccio che si intende adottare.

I risultati ottenuti per Regione Siciliana:

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|    | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 36 di 83 |

Il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) permette di determinare le altezze di pioggia h e le relative intensità i , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica).

La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

I risultati sintetici del progetto VAPI per Regione Siciliana sono riportati nella *Sintesi del Rapporto Regionale Sicilia*². Per le precipitazioni da 1 a 24 ore sono state effettuate alcune considerazioni sui parametri della distribuzione di probabilità del massimo annuale dell'altezza di precipitazione in durata d , $h(d)$, che hanno portato alla identificazione di una dipendenza unica per tutta la regione, dei parametri di forma dalla durata, del tipo:

$$\Theta^*(d) = 1.95 + 0.0284 d$$

$$\Lambda^*(d) = 0.175 d^{0.301}$$

Al secondo livello, è stata effettuata una suddivisione dell'isola in 3 SZO, in cui il parametro di scala varia con la durata secondo le seguenti espressioni:

$$\text{SZO A: } \Lambda_1 = 14.55 d^{0.2419}$$

$$\text{SZO B: } \Lambda_1 = 12.40 d^{0.1802}$$

$$\text{SZO C: } \Lambda_1 = 11.96 d^{0.0960}$$

² <http://www.idrologia.polito.it/gndci/rapportiPdf/Sicilia.pdf>

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 37 di 83 |

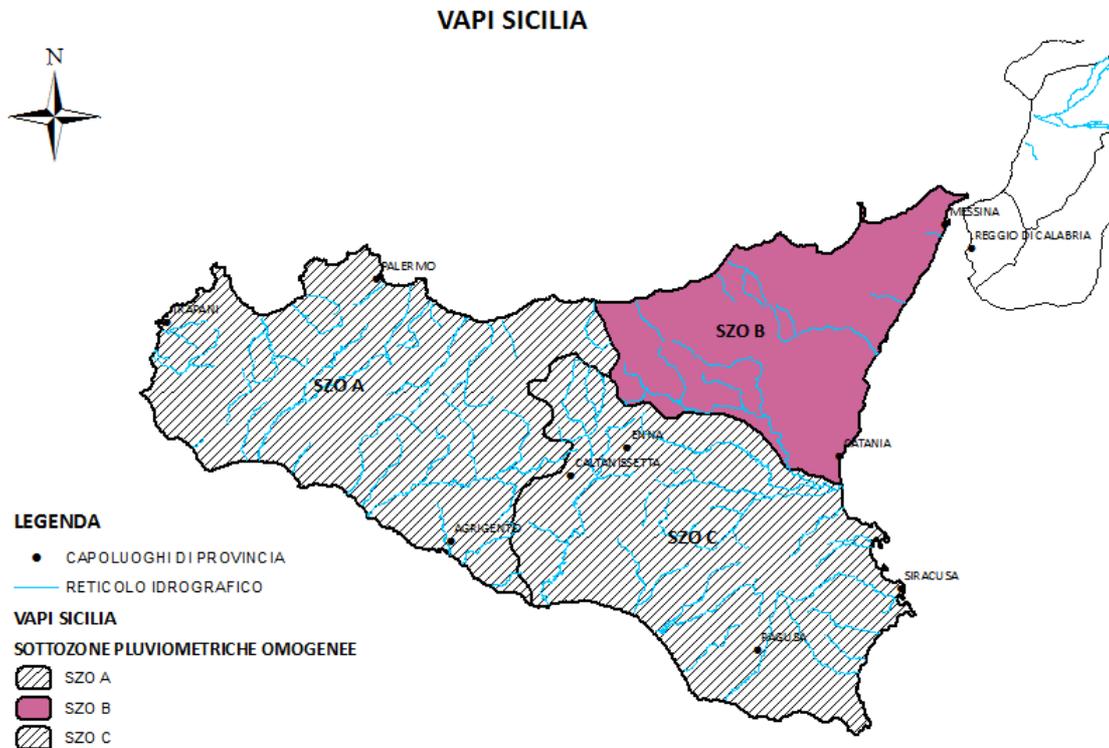


Figura 23: Sottozone omogenee al secondo livello di regionalizzazione.

L'espressione esplicita approssimata della curva di crescita, valida per $T \geq 10$ anni, diviene quindi una funzione anche della durata, secondo le seguenti espressioni:

$$\text{SZO A: } KT(d) = 0.5391 - 0.001635 d + (0.0002212 d^2 + 0.00117 d + 0.9966) \text{Ln } T$$

$$\text{SZO B: } KT(d) = 0.5135 - 0.002264 d + (0.0001980 d^2 + 0.00329 d + 1.0508) \text{Ln } T$$

$$\text{SZO C: } KT(d) = 0.5015 - 0.003516 d + (0.0003720 d^2 + 0.00102 d + 1.0101) \text{Ln } T$$

Per il calcolo della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia su una fissata durata d , $m[h(d)]$, per $d \geq 1$ ora, risulta valida una semplice espressione monomia del tipo:

$$m[h(d)] = a d^n$$

I parametri a ed n sono stati valutati in tutte le 155 stazioni di misura pluviografiche mediante regressione ai minimi quadrati in campo logaritmico. Per il progetto in discussione, ricadente nella SZO B (Timeto), i parametri a ed n sono pari, rispettivamente, a 28,30 mm/ora e 0,337.

I risultati ottenuti sono raccolti nella seguente tabella:

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|    | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 38 di 83 |

Tabella 8: Altezze di pioggia [mm] calcolate per diverse durate e diversi periodi di ritorno (Metodo VAPI).

| | | T [anni] | | | | | | | |
|------------|----|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 10 | 20 | 25 | 50 | 100 | 200 | 250 | 500 |
| h [ore] | 1 | 42,79 | 50,35 | 52,87 | 61,08 | 69,94 | 79,46 | 82,65 | 92,90 |
| | 3 | 61,81 | 72,95 | 76,70 | 89,00 | 102,23 | 116,25 | 120,89 | 135,58 |
| | 6 | 78,32 | 92,93 | 97,89 | 114,15 | 131,50 | 149,61 | 155,54 | 174,18 |
| | 12 | 99,99 | 119,98 | 126,81 | 149,04 | 172,32 | 196,17 | 203,91 | 228,04 |
| | 24 | 129,87 | 159,16 | 169,06 | 200,63 | 232,78 | 265,07 | 275,48 | 307,82 |

I risultati dell'elaborazione statistica dei dati di pioggia oggetto della presente trattazione sono stati espressi sotto forma di *curve di possibilità pluviometrica* (o *linee segnalitrici di possibilità pluviometrica, LSPP*), rappresentate in forma esponenziale con evidenza dei parametri *a* e *n*:

Tabella 9: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (Metodo VAPI).

| | T [anni] | | | | | | | |
|---|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 25 | 50 | 100 | 200 | 250 | 500 |
| a | 42,387 | 49,555 | 51,958 | 59,854 | 68,485 | 77,815 | 80,94 | 90,964 |
| n | 0,387 | 0,3604 | 0,3639 | 0,3723 | 0,3765 | 0,3772 | 0,3769 | 0,375 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">39 di 83</p> |

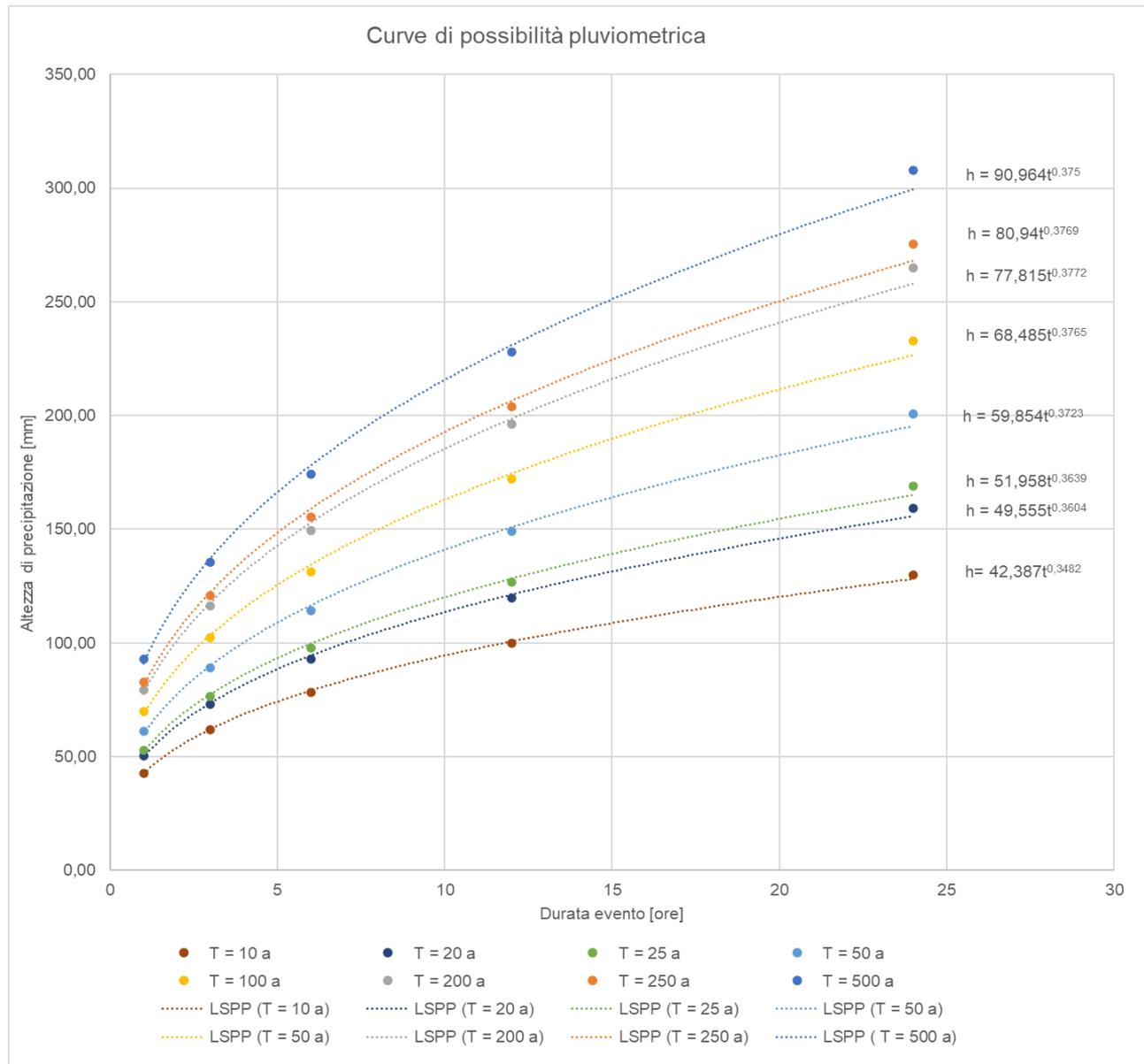


Figura 24: Curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno stimati con l'approccio VAPI.

Un ulteriore calcolo delle curve di probabilità pluviometrica è stato effettuato utilizzando la modellazione introdotta da *Conti et al., 2007*³, il quale si basa su una procedura gerarchica di regionalizzazione articolata su tre livelli successivi, in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

³ [file:///C:/Users/utente11/Downloads/Proceedings_Workshop_2007%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/utente11/Downloads/Proceedings_Workshop_2007%20(1).pdf)

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 40 di 83 |

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico Gt delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata t sia costante per la regione Sicilia. La Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri $\Theta^*=2.24$ e $\Lambda^*=0.71$ sono costanti ed indipendenti dalla durata t .

Il secondo livello di regionalizzazione riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee: Z0 –Z5, Z1, Z2, Z3, Z4 (Figura 26).

A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro λ_1 (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo Λ_1 (Figura 25), che risulta indipendente dalla durata.

| Zones | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Z0 | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 |
| Λ_1 | 24.429 | 19.579 | 17.669 | 14.517 | 15.397 | 24.402 |

Figura 25: Valore del parametro Λ_1 per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia. Fonte: Lo Conti et al, 2007 ([file:///C:/Users/utente11/Downloads/Proceedings Workshop 2007%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/utente11/Downloads/Proceedings%20Workshop%202007%20(1).pdf)).

Le sottozone Z0 e Z5, possono anche essere “unite” e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro Λ_1 .

In ogni sottozona la variabile adimensionale ht , $T'=ht/\mu$ (valore dell'altezza di pioggia di fissata durata t e tempo di ritorno T rapportata alla media μ della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$ht, T' = KT = a \cdot \ln(T) + b$$

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|    | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 41 di 83 |



Figura 26: Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia. Fonte: Lo Conti et al, 2007 ([file:///C:/Users/utente11/Downloads/Proceedings_Workshop_2007%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/utente11/Downloads/Proceedings_Workshop_2007%20(1).pdf)).

K_T è definito *fattore di crescita* e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei coefficienti a e b) e del tempo di ritorno T dell'evento meteorico.

$$K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

In tale relazione i coefficienti a e b sono stati tarati in funzione della particolare sottozona.

| | Zone | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Z0-Z5 | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 |
| a | 0.4485 | 0.4695 | 0.4799 | 0.5011 | 0.4946 |
| b | 0.5117 | 0.4889 | 0.4776 | 0.4545 | 0.4616 |

Figura 27: Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita. Fonte: Lo Conti et al, 2007 ([file:///C:/Users/utente11/Downloads/Proceedings_Workshop_2007%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/utente11/Downloads/Proceedings_Workshop_2007%20(1).pdf)).

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze - prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico) - relative al sito di misura.

Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$ht, T = K_T \cdot \mu(t)$$

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 42 di 83 |

in cui ht, T è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno T .

Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica μ risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata t :

$$\mu(t) = a \cdot t^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti a ed n sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti a ed n possono essere stimati sulla base della carta delle iso- a e delle iso- n . Nelle figure a seguire è possibile vedere la variazione dei coefficienti a ed n per Regione Siciliana.

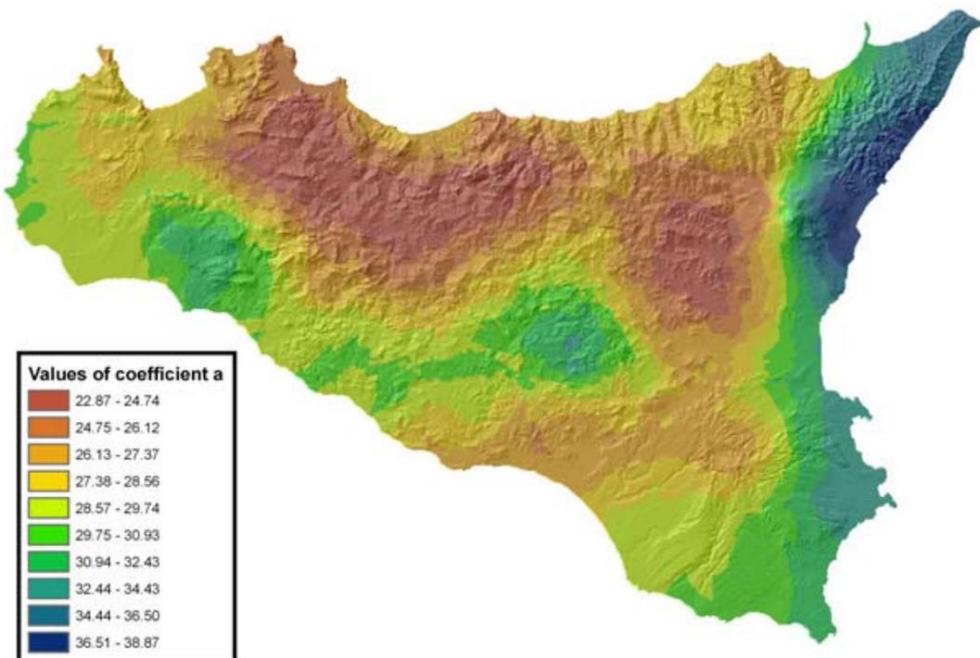


Figura 28: Valori dei coefficienti a per il territorio siciliano (Lo Conti et al., 2007).

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 43 di 83 |

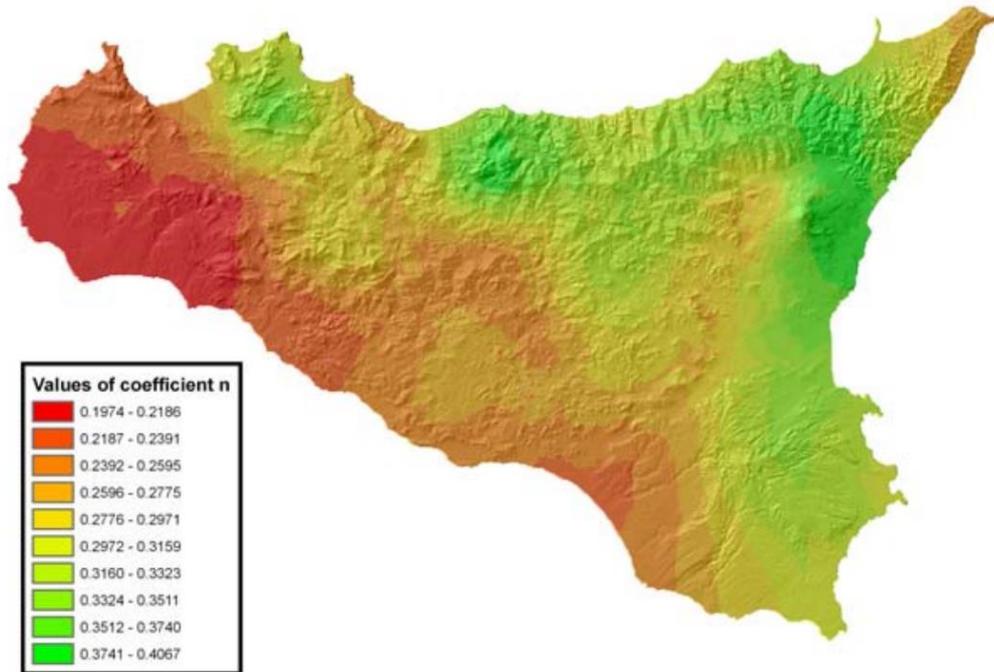


Figura 29: Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al., 2007).

Per il lavoro in oggetto, le aree ricadono all'interno della sottozona Z2.

Si riporta di seguito il calcolo delle altezze di pioggia necessarie per la determinazione della curva di possibilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno.

Tabella 10: Altezze di pioggia [mm] calcolate per diverse durate e diversi periodi di ritorno (Lo Conti et al., 2007).

| | | T [anni] | | | | | | | |
|------------|----|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 10 | 20 | 25 | 50 | 100 | 200 | 250 | 500 |
| h [ore] | 1 | 44,79 | 54,2 | 57,23 | 66,65 | 76,06 | 85,47 | 88,5 | 97,92 |
| | 3 | 64,85 | 78,48 | 82,87 | 96,5 | 110,13 | 123,76 | 128,15 | 141,78 |
| | 6 | 81,91 | 99,12 | 104,66 | 121,88 | 139,1 | 156,31 | 161,85 | 179,07 |
| | 12 | 103,45 | 125,2 | 132,2 | 153,94 | 175,68 | 197,43 | 204,43 | 226,17 |
| | 24 | 130,66 | 158,13 | 166,97 | 194,43 | 221,9 | 249,36 | 258,2 | 285,66 |

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 44 di 83 |

Tabella 11: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (Lo Conti et al., 2007).

| | T [anni] | | | | | | | |
|---|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 20 | 25 | 50 | 100 | 200 | 250 | 500 |
| a | 43,773 | 51,2 | 53,642 | 66,649 | 76,061 | 85,471 | 88,502 | 93,921 |
| n | 0,3405 | 0,3525 | 0,3563 | 0,3369 | 0,3369 | 0,3369 | 0,3369 | 0,3369 |

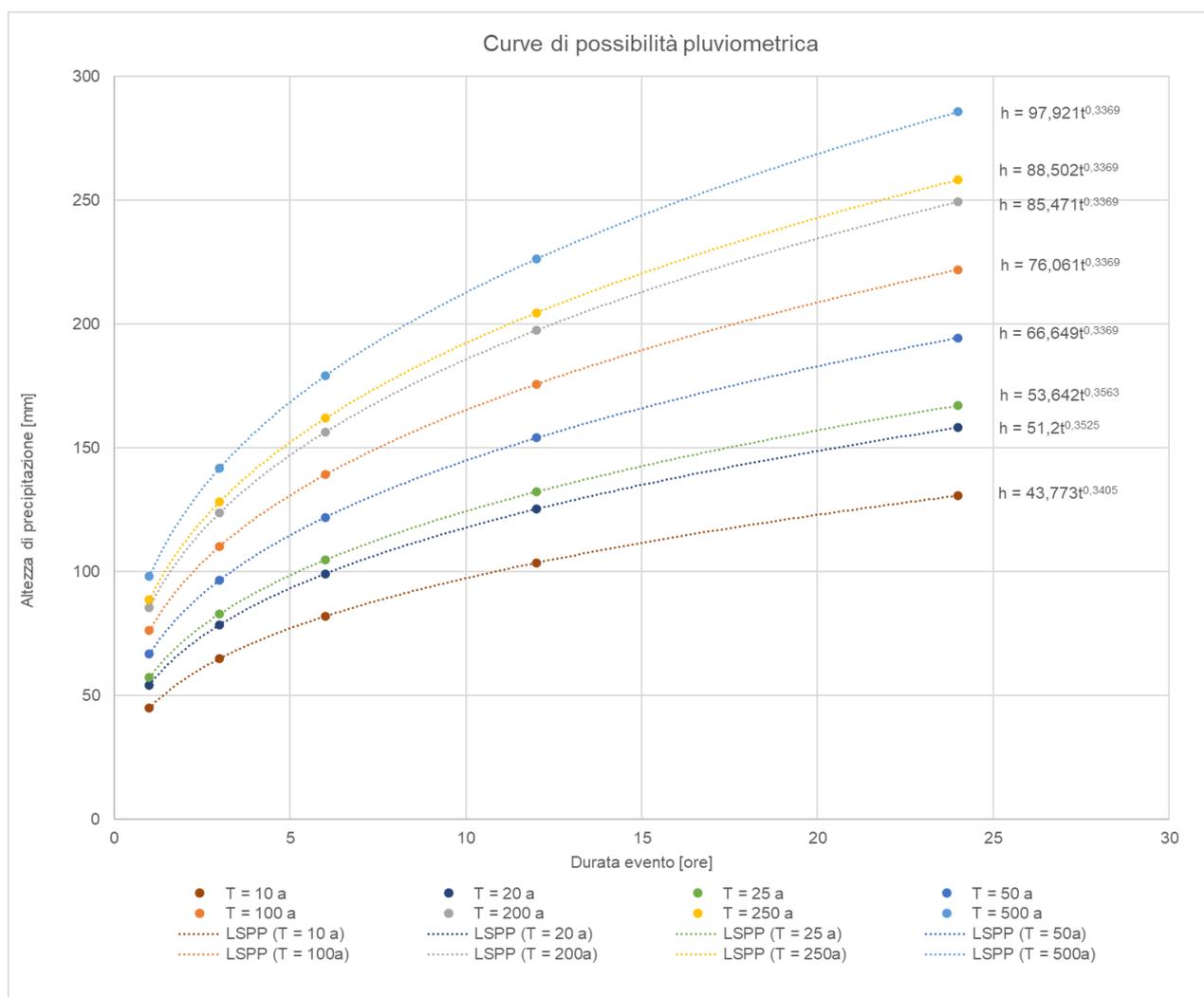


Figura 30: Curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno stimati con la modellazione introdotta da Lo Conti et al., 2007.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|    | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 45 di 83 |

8 METODI AFFLUSSI-DEFLUSSI

8.1 METODO RAZIONALE

Il metodo razionale è un procedimento particolarmente semplice ed efficace per calcolare la portata al colmo di piena Q con un tempo di ritorno T assegnato alla sezione di chiusura di un bacino. Generalmente utilizzato nel caso di bacini di estensione inferiore a 10 kmq si fonda sulla seguente formula:

$$Q = C \cdot S \cdot a \cdot T_c^{n-1}$$

Dove:

- Q = portata di progetto in (mc/s)
- S = sottobacino imbrifero a monte della sezione di chiusura (mq)
- C = coefficiente di deflusso medio del sottobacino imbrifero [adimensionale];
- T_c = tempo di corrivazione del bacino [sec];
- a = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.), funzione del T_r , coincidente con l'inclinazione della retta di tendenza della curva su scala logaritmica [mm/(secn)]
- n = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.), funzione del T_r , coincidente con l'intercetta della retta di tendenza della c.p.p. su scala logaritmica [adimensionale].

Il modello adottato assume le seguenti ipotesi:

- Piogge caratterizzate da un tempo di ritorno T_r generano portate al picco di identico tempo di ritorno T_r ;
- A parità di tempo di ritorno T_r , la portata al colmo maggiore è quella determinata dall'evento di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione (T_c , che diventa quindi tempo critico);
- La portata al colmo Q , determinata da una pioggia di intensità costante e durata T_c , è proporzionale al prodotto dell'intensità di pioggia ragguagliata all'area e dell'area del bacino S , attraverso un coefficiente C che comprende l'effetto delle perdite per infiltrazione.

La prima ipotesi risulta abbastanza aderente alla realtà, mentre la seconda e la terza assunzione possono giustificarsi schematizzando opportunamente il fenomeno della trasformazione afflussi – deflussi assumendo che le perdite siano proporzionali all'intensità di pioggia e che il tempo impiegato dall'acqua a raggiungere la sezione di chiusura dipenda soltanto dalla lunghezza del percorso compiuto.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 46 di 83 |

8.2 METODO SCS-CURVE NUMBER

Il modello afflussi-deflussi nel caso di sottobacini di estensione superiore a 10 kmq, adotta il modello sviluppato dall'SCS (Soil Conservation Service), secondo il metodo del Curve Number (CN) che permette di determinare la frazione della pioggia totale che in maniera diretta e preponderante contribuisce alla formazione dell'evento di piena, tenendo conto di perdite iniziali costituite da alcuni processi quali l'intercettazione della pioggia da parte delle chiome della vegetazione, dall'accumulo nelle locali depressioni del terreno e dall'imbibizione iniziale del terreno.

La procedura di calcolo che viene prevista dal metodo in trattazione viene illustrata nei seguenti passaggi, sintetizzati per punti:

- Stima del Curve Number, relativo a condizioni di elevata umidità (CN(III)), utilizzando la seguente formula:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{(0.43 + 0.0057 \cdot CN(II))}$$

Dove:

CN(II) = Curve Number, relativo a condizioni di umidità media, desumibile dalla seguente tabella in funzione di diversi tipi di suolo e copertura:

| 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. |

Figura 31: Tipi idrologici di suolo da considerare nella scelta del parametro CN.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 47 di 83 |

| Tipologie di uso del suolo | Tipo di suolo | | | |
|---|---------------|-------|-------|-------|
| | A | B | C | D |
| Suoli coltivati | 62-72 | 71-81 | 78-88 | 81-91 |
| Pascoli | 39-68 | 61-79 | 74-86 | 80-89 |
| Prati | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Boschi e foreste con copertura modesta | 45 | 66 | 77 | 83 |
| Boschi e foreste con buona copertura dall'erosione è sottobosco | 25 | 55 | 70 | 77 |
| Aree a parco e di fruizione ricreativa: | | | | |
| - con copertura erbacea superiore al 75% | 39 | 61 | 74 | 80 |
| - con copertura erbacea dal 50 al 75% | 49 | 69 | 79 | 84 |
| Aree commerciali (impermeabili per il 185%) | 89 | 92 | 94 | 95 |
| Aree industriali (impermeabili per il 72%) | 81 | 88 | 91 | 93 |
| Aree residenziali con percentuale media impermeabile: | | | | |
| 65% | 77 | 85 | 90 | 92 |
| 38% | 61 | 75 | 83 | 87 |
| 30% | 57 | 72 | 81 | 86 |
| 25% | 54 | 70 | 80 | 85 |
| 20% | 51 | 68 | 79 | 84 |
| Parcheggi, aree coperte (impermeabili) | 98 | 98 | 98 | 98 |
| Strade: | | | | |
| - asfaltate | 98 | 98 | 98 | 98 |
| -inghiaiate | 76 | 85 | 89 | 91 |

Figura 32: Valori del parametro CN per diverse combinazioni di suolo e copertura, considerando condizioni di media umidità CN(II) (Fonte: "Handbook of Hydrology", D.R. Maidment, 1992).

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 48 di 83 |

- Stima del volume specifico di saturazione del terreno con la seguente formula:

$$V_s = 25.4 \left(\frac{1000}{CN(III)} - 10 \right)$$

Dove:

V_s = volume specifico di saturazione del terreno (mm);

CN(III) = parametro numerico precedentemente calcolato.

- Stima della pioggia efficace con la seguente formula:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 \cdot V_s)^2}{(P + 0.8 \cdot V_s)}$$

Dove:

P_e = pioggia efficace (mm)

P = pioggia totale (mm), esprimibile sulla base delle curve di probabilità pluviometrica risultanti dall'analisi idrologica e riferibile ad una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (t_c);

V_s = volume specifico di saturazione del terreno [mm], precedentemente calcolato.

- Calcolo del tempo di accumulo nel bacino (t_a) in ore, in funzione del tempo efficace (t_{eff}) in ore e del tempo di ritardo (t_r) in ore, usando le seguenti formule:

$$t_a = 0.5 \cdot t_{eff} + t_r$$

$$t_{eff} = T_c \left(1 - \frac{0.2 S}{h_{T_c, T}} \right)$$

$$t_r = 0.6 \cdot T_c$$

Dove:

$h_{T_c, T}$ (mm) = altezza di pioggia esprimibile sulla base delle curve di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno (T) e del tempo totale di pioggia assunto pari al tempo di corrivazione del bacino (T_c);

T_c (ore) = tempo di corrivazione del bacino considerato.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|    | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 49 di 83 |

- Calcolo dell'idrogramma unitario, usando la seguente formula:

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{P_e \cdot S}{t_a}$$

Dove:

Q_p = portata di picco dell'idrogramma unitario [mc/sec*mm];

P_e = pioggia efficace [mm];

S = estensione del bacino [kmq];

t_a = tempo di accumulo [ore].

- Calcolo della portata al colmo, usando la seguente formula:

$$Q = Q_p \cdot h_{T_c, T}$$

Dove:

Q = portata al colmo [mc/s];

Q_p = portata di picco dell'idrogramma unitario [mc/sec*mm];

$h_{T_c, T}$ = altezza di pioggia calcolata sulla base della curva di probabilità pluviometrica in relazione ad un evento di durata pari al tempo di corrivazione (T_c) e di fissato tempo di ritorno (T).

9 ANALISI IDRAULICA E VERIFICA AREE ESONDABILI

Nell'analisi idraulica si è proceduto con la simulazione della portata al colmo di piena al fine di individuare le aree inondabili e stabilire la sicurezza idraulica delle aree. L'output dello studio idrologico-idraulico, simulando eventi con tempo di ritorno di 200 anni, consente di individuare la parte di territorio allagabile al fine di definire il livello di pericolosità: Alta, Media e Bassa.

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|    | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">50 di 83</p> |

9.1 INQUADRAMENTO AREE DI INTERVENTO

Oggetto del presente studio idraulico sono le aree occupate dall'impianto agrivoltaico. Esse ricadono nei territori comunali di Librizzi (ME) e Patti (ME) in Sicilia, e risultano comprese nel bacino idrografico del torrente Timeto.

Per quanto concerne le caratteristiche di utilizzazione del suolo del bacino Timeto, con riferimento alla "Carta dell'Uso del Suolo" (1994), realizzata dall'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente e dello Studio Agricolo-Forestale del comune di Patti, emerge che il quadro vegetazionale si presenta abbastanza ricco e diversificato. Il bacino si caratterizza per la dominanza, tra le colture agricole e arboree, dell'olivo seguito dal nocciolo. Alquanto diffuse risultano le aree destinate a pascolo e a seminativo; piuttosto limitate sono le aree boscate. Le aree urbanizzate interessano la porzione orientale del centro abitato di Patti ed i centri abitati di Librizzi e S. Piero Patti, oltre alle numerose frazioni e borgate disseminate nel territorio.

Nei territori comunali di Librizzi e di S. Piero Patti, ricadenti nella porzione media del bacino, la coltura a maggiore diffusione è il nocciolo, spesso consociato con il castagno. L'attività corilicola rappresenta la principale attività agricola. La sua diffusione si ha sia nelle zone a minore acclività di ripiani morfologici che nelle aree a forte pendenza, per raggiungere le sommità dei rilievi ove svolge un ruolo di tutela di primaria importanza dal punto di vista del dissesto idrogeologico. L'olivicoltura si riscontra principalmente in corrispondenza dei versanti più caldi e soleggiate. I seminativi (grano e foraggere varie) e la macchia arbustiva si riscontrano prevalentemente nella porzione centro-orientale.

9.2 INDIVIDUAZIONE DEI BACINI DI INTERESSE

Dallo studio del DTM LiDAR con risoluzione 1 m fornito dal Ministero della Transizione Ecologica attraverso l'ausilio del software QGIS, sono stati identificati gli impluvi naturali, le direzioni di drenaggio e i segmenti di flusso.

Fissata una sezione del corso d'acqua, che si indica come sezione di chiusura del bacino, è stato definito il bacino idrografico o imbrifero relativo alla sezione considerata, ossia il luogo dei punti della superficie terrestre che raccoglie le acque che scorrendo in superficie raggiungono tale sezione. La

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 51 di 83 |

definizione del bacino ha permesso di individuare lo spartiacque, ossia il luogo dei punti da cui hanno origine le linee di massima pendenza che finiscono per raggiungere la sezione di chiusura; esso si traccia in base alle isoipse e al reticolo dei canali imponendo il passaggio per le vette e le selle. Di seguito si riporta l'inquadramento dei bacini idrografici dei corsi d'acqua di interesse.

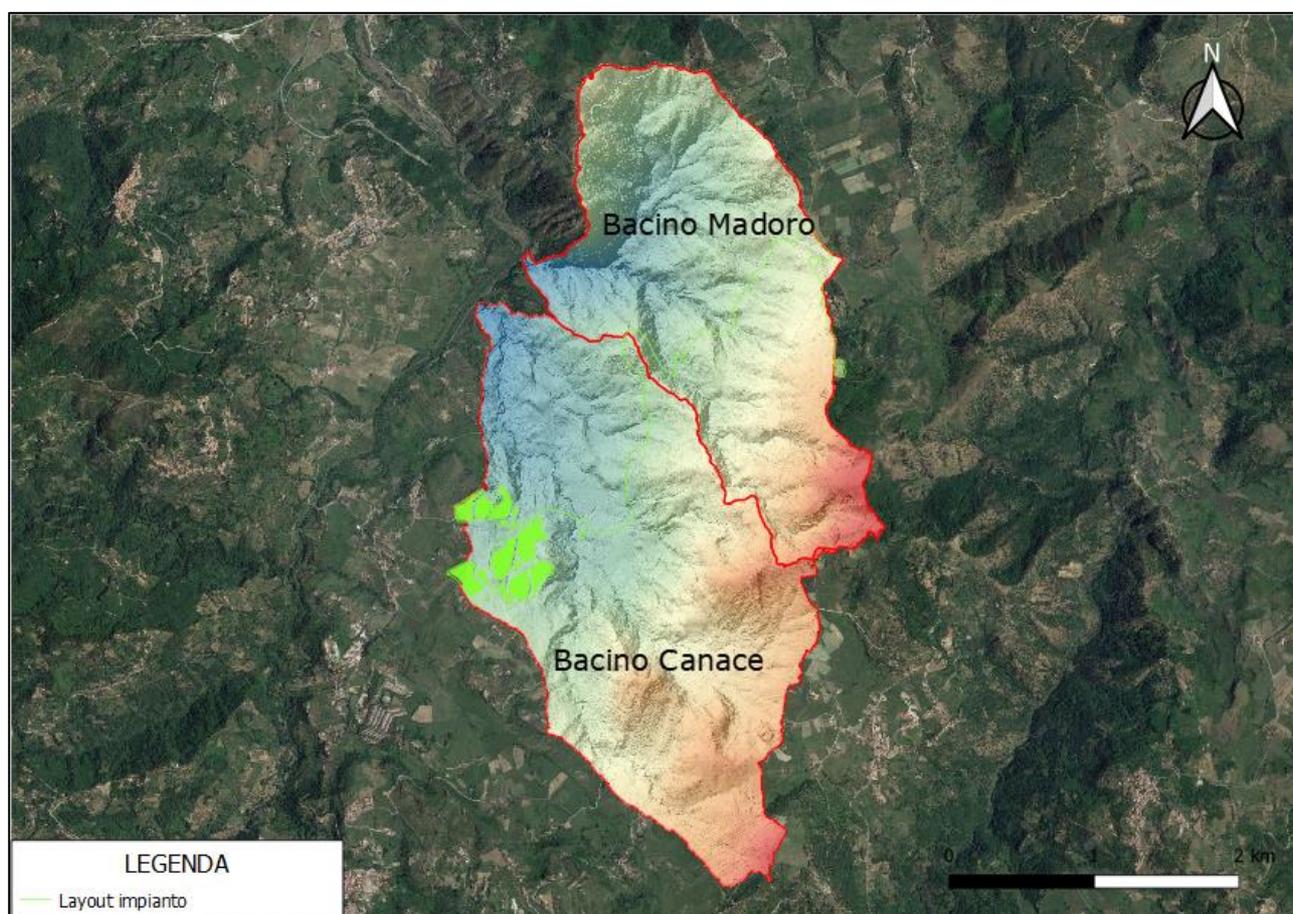


Figura 33: Individuazione dei bacini idrografici di riferimento estrapolati dal modello digitale del terreno.

In Figura 33 si osserva, come già rilevato nel paragrafo 5, che il layout di impianto interessa principalmente il sottobacino del Torrente Madoro ed il sottobacino del Torrente Canace. Si registra inoltre che alcune delle aree di impianto (la sottostazione elettrica di trasformazione esistente “Minerva”, la SE RTN esistente di Patti) non necessitano della verifica ad esondazione in quanto si collocano in prossimità della linea di displuvio dei bacini idrografici e dunque ad una quota altimetrica molto elevata rispetto agli impluvi che costituiscono il reticolo idrografico.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 52 di 83 |

In considerazione di quanto sopra esposto, si è proceduto alla verifica ad allagamento per quanto riguarda il tracciato del caviodotto e per le aree di impianto interessate dalla collocazione dei moduli agrivoltaici ricadenti all'interno dei sottobacini dei torrenti Madoro e Canace, le cui caratteristiche morfologiche son brevemente riportate in Tabella 12.

Tabella 12: Caratteristiche morfologiche del bacino.

| | Bacino T.n.te Madoro | Bacino T.n.te Canace |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pendenza media bacino (%) | 33,97% | 25,17% |
| Pendenza media asta principale (%) | 20,71% | 11,04% |
| Area (km ²) | 4,34 | 5,91 |
| Lunghezza asta (km) | 2,16 | 4,06 |

9.3 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione del bacino coincide con il tempo di durata della pioggia. Tale parametro indica il tempo che impiega una goccia d'acqua dal punto idraulicamente più svantaggiato a raggiungere la sezione di chiusura del bacino.

Per il calcolo del tempo di corrivazione sono state utilizzate le seguenti formule presenti in letteratura:

- **Formula di Pezzoli**

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_k}} \quad (\text{ore})$$

- **Formula di Pasini**

$$t_c = \frac{0.108 \sqrt[3]{A_b \cdot L}}{\sqrt{i_k}} \quad (\text{ore})$$

- **Formula di Viparelli**

$$t_c = \frac{L}{3600 \cdot V} \quad (\text{ore})$$

- **Formula di Ventura**

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A_b}{i}} \quad (\text{ore})$$

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 53 di 83 |

Dove:

A_b è l'area del bacino espressa in km²

i è la pendenza media del bacino

L è la lunghezza dell'asta principale

i_k è la pendenza media dell'asta principale

V è la velocità media della corrente assunta pari a 1.5 m/s

I valori del tempo di corrivazione sono stati ottenuti per il bacino oggetto di studio.

Di seguito si riportano i valori di t_c per le aree oggetto di intervento:

Tabella 13: Valori del tempo di corrivazione calcolato per i bacini in esame

| | Torrente Madoro | Torrente Canace |
|----------------------|------------------------|------------------------|
| Formula di Pezzoli | 0,0261 | 0,0672 |
| Formula di Pasini | 0,0500 | 0,0938 |
| Formula di Viparelli | 0,4000 | 0,7519 |
| Formula di Ventura | 0,0455 | 0,0616 |
| Tc medio | 0,1304 | 0,2436 |

Il tempo di corrivazione finale è stato ottenuto come media dei tempi di corrivazione calcolati con le formule di letteratura. Si è poi passati dal tempo di corrivazione in ore al tempo di corrivazione in minuti.

Come si evince dalla tabella, per i sottobacini di riferimento, il tempo di corrivazione risulta essere ampiamente inferiore all'ora. Ciò comporta che l'analisi delle Curve di Possibilità pluviometrica come imposta dal PAI, cioè l'analisi TCEV del VAPI, debba essere modificata in base alla durata espressa in minuti del tempo caratteristico, perché per eventi brevi, ($t < 60$ minuti) le curve di possibilità pluviometrica ottenute elaborando dati di pioggia con durata maggiore o uguale a 1 ora, non danno valori affidabili, infatti i valori ottenuti risultano essere sovrastimati rispetto a quelli che effettivamente si possono verificare.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 54 di 83 |

9.4 STIMA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER DURATE INFERIORE ALL'ORA (BELL)

In base a quanto sopra detto, si procede alla determinazione della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora applicando la formula di Bell. Bell ha osservato che i rapporti r_{δ} tra le altezze di durata τ molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50$$

Dove:

- $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia espressa in mm di una durata t e tempo di ritorno T ;
- $h_{60,T}$ è l'altezza di pioggia di durata 1 ora con determinato tempo di ritorno T ;
- t è la durata di pioggia espressa in minuti.

Questa formula consente di calcolare l'altezza di pioggia di durata inferiore ai 60 minuti e tempo di ritorno a partire dal valore di $h_{60,T}$ ottenuto dalla curva di probabilità pluviometrica relativa allo stesso tempo di ritorno T .

Pertanto prendendo in considerazione la curva di possibilità pluviometrica $h_{60,T} = h_{1,200} = 79,69 \text{ mm}$ relativa alla durata di 1 ora e al tempo di ritorno $T = 200$ anni ottenuta con la distribuzione di tipo TCEV e applicando la formula di Bell si ottengono i valori di pioggia inferiori all'ora di seguito riportati:

Tabella 14: Valori di pioggia per durate inferiori all'ora.

| T=200 | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| t(min) | 10 | 15 | 30 | 45 | 60 |
| ht,T | 36,57 | 44,71 | 60,69 | 71,41 | 79,69 |

I parametri della curva di possibilità pluviometrica per tempo di ritorno pari a $T = 200$ anni e durata inferiore ad un'ora sono riportati di seguito, con tempo t espresso in minuti:

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 55 di 83 |

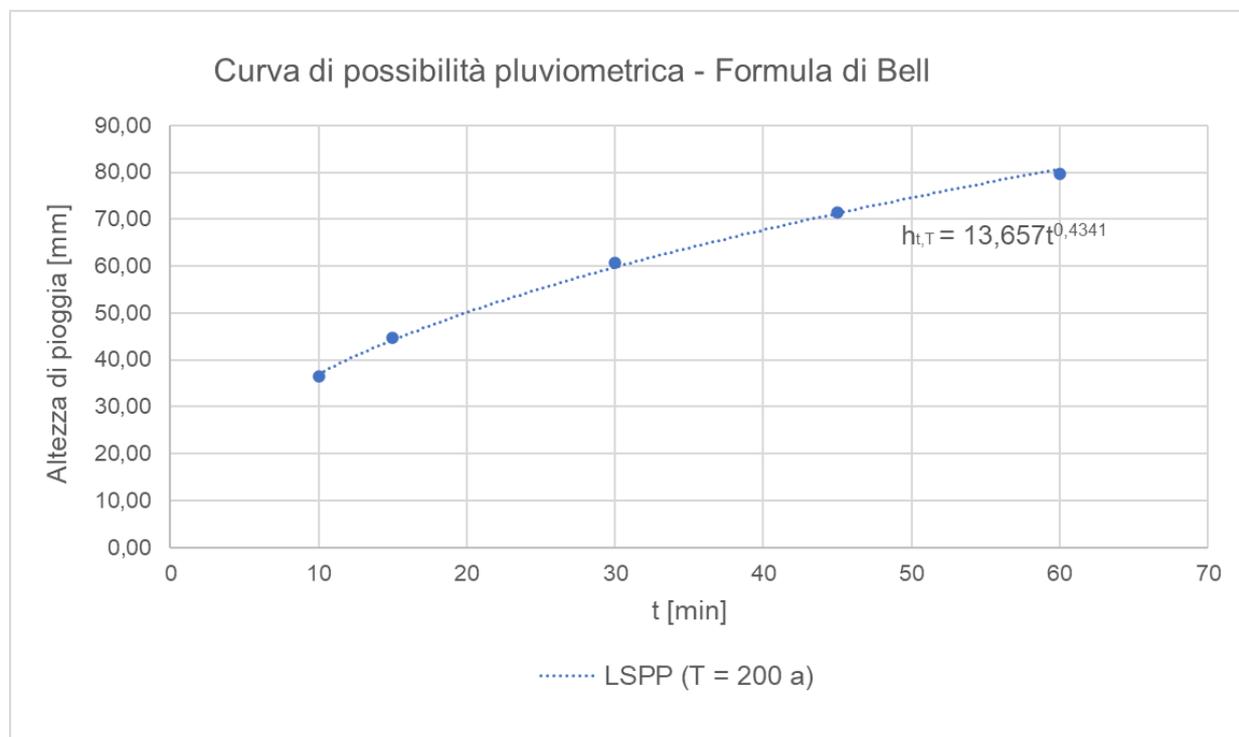


Figura 34: Curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora.

Tabella 15: Parametri della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiore all'ora.

| T | a | n |
|-----|--------|--------|
| 200 | 13,657 | 0,4341 |

9.5 APPLICAZIONE METODO SCS – CURVE NUMBER

Nonostante il sottobacino in esame sia di dimensioni inferiori a 10 kmq, e pertanto basterebbe l'applicazione del metodo razionale per la determinazione della portata al colmo di piena, si è deciso comunque di eseguire il calcolo della portata di picco con il metodo del SCS Curve Number.

Dal momento che il processo di trasformazione afflussi-deflussi è composto da una prima fase, che consiste nella determinazione delle piogge nette e in una seconda fase che consiste nella trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali, al fine di poter effettuare tale trasformazione è stato utilizzato il software HEC-HMS, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Service del US Army Corps of Engineers e che permette appunto di simulare la risposta di un bacino idrografico investito da un evento meteorico di caratteristiche note.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 56 di 83 |

In particolare, utilizzando le informazioni ricavate dalla curva di possibilità pluviometrica stimata dalla distribuzione probabilistica TCEV al II livello di regionalizzazione ricalcolata con la formula di Bell per tempi di pioggia inferiore all'ora, si è ricavato il pluviogramma di progetto per un tempo di ritorno di 200 anni.

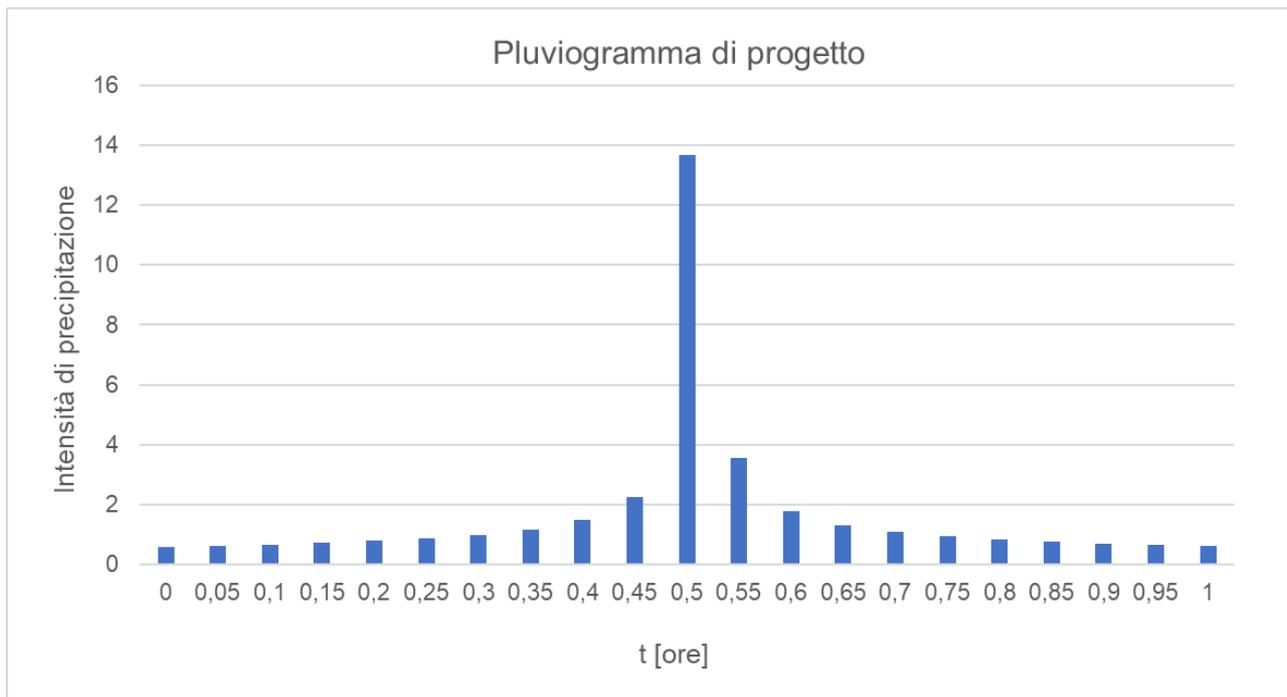
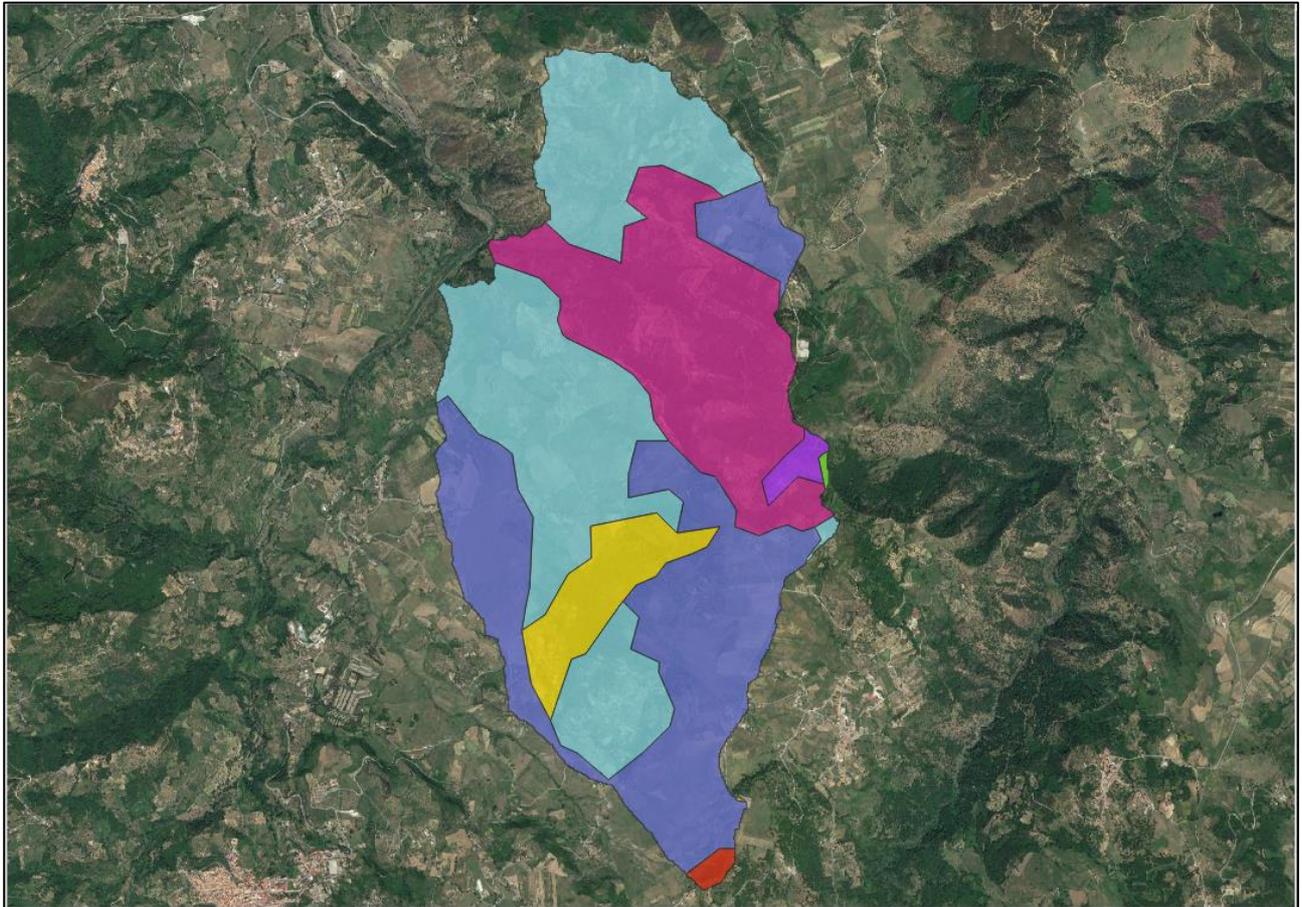


Figura 35: Pluviogramma di progetto.

Il pluviogramma così determinato è stato caricato sul software HEC-HMS nel quale, per i bacini in esame, sono stati inseriti ulteriori dati relativi alla geometria. Il valore del curve number è stato assunto pari a $CN(II) = 69$ per il bacino del torrente Madoro e $CN(II) = 78$ per il bacino del torrente Canace, ricavati dalla sovrapposizione della permeabilità e dell'uso del suolo dell'area dei bacini:

| | | | |
|---|---|-----------------------------|--|
|   | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p>Rev. 0</p> | |
|  | <p>22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag. 57 di 83</p> | |



LEGENDA

USO DEL SUOLO

- Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
- Boschi a prevalenza di leccio e/o sughera
- Boschi a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)
- Colture intensive (Seminativi semplici)
- Macchia bassa e garighe
- Oliveti
- Praterie naturali d'alta quota con presenza di specie arboree ed arbustive

Figura 36 - Uso del suolo

| | | | |
|---|---|-----------------------------|--|
|   | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p>Rev. 0</p> | |
|  | <p>22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag. 58 di 83</p> | |

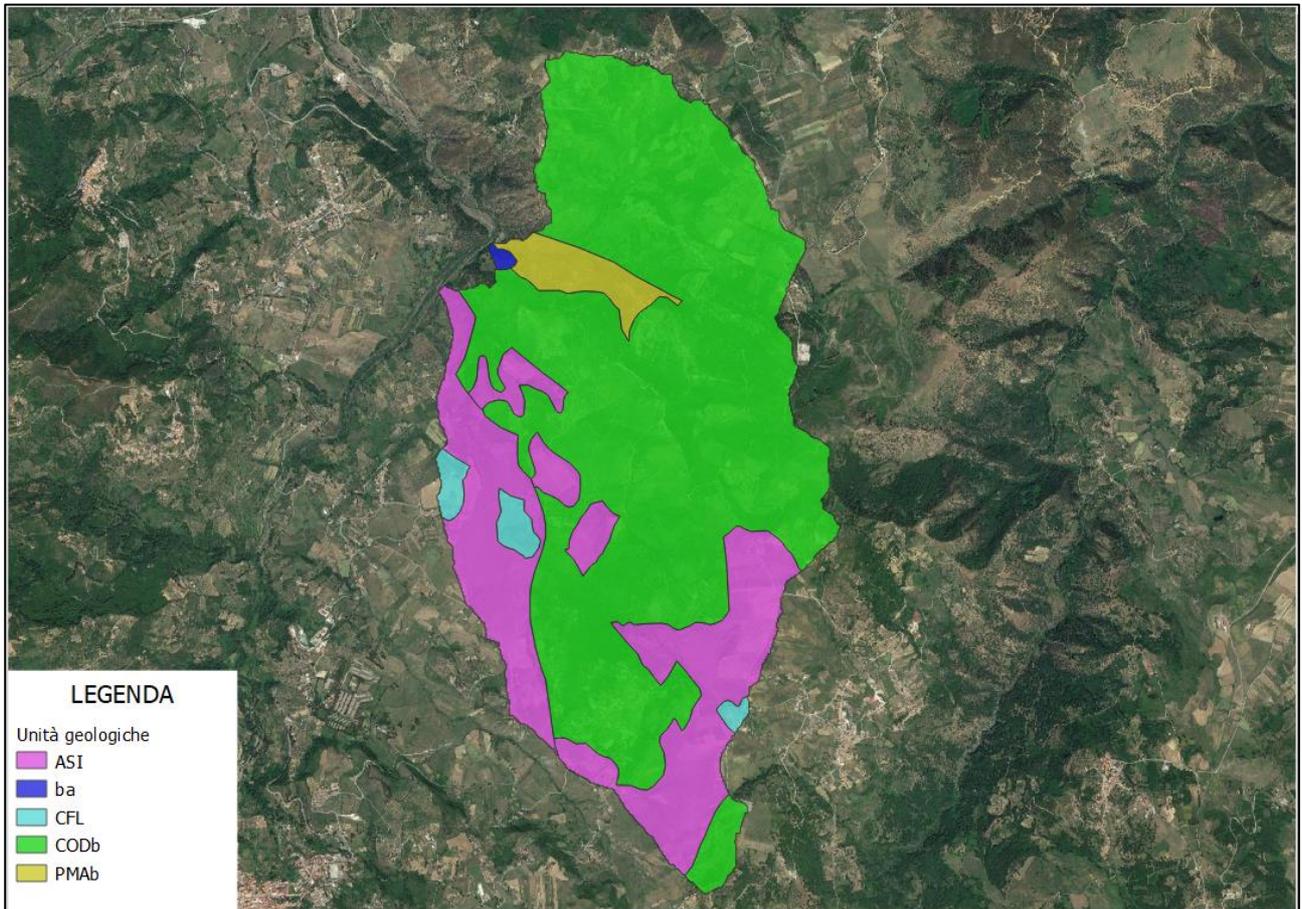


Figura 37 - Unità geologiche estratte dal progetto CARG ISPRA

| | | | |
|---|---|--------------------|------------------------|
|   | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p>Rev.</p> | <p>0</p> |
|  | <p>22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag.</p> | <p>59 di 83</p> |

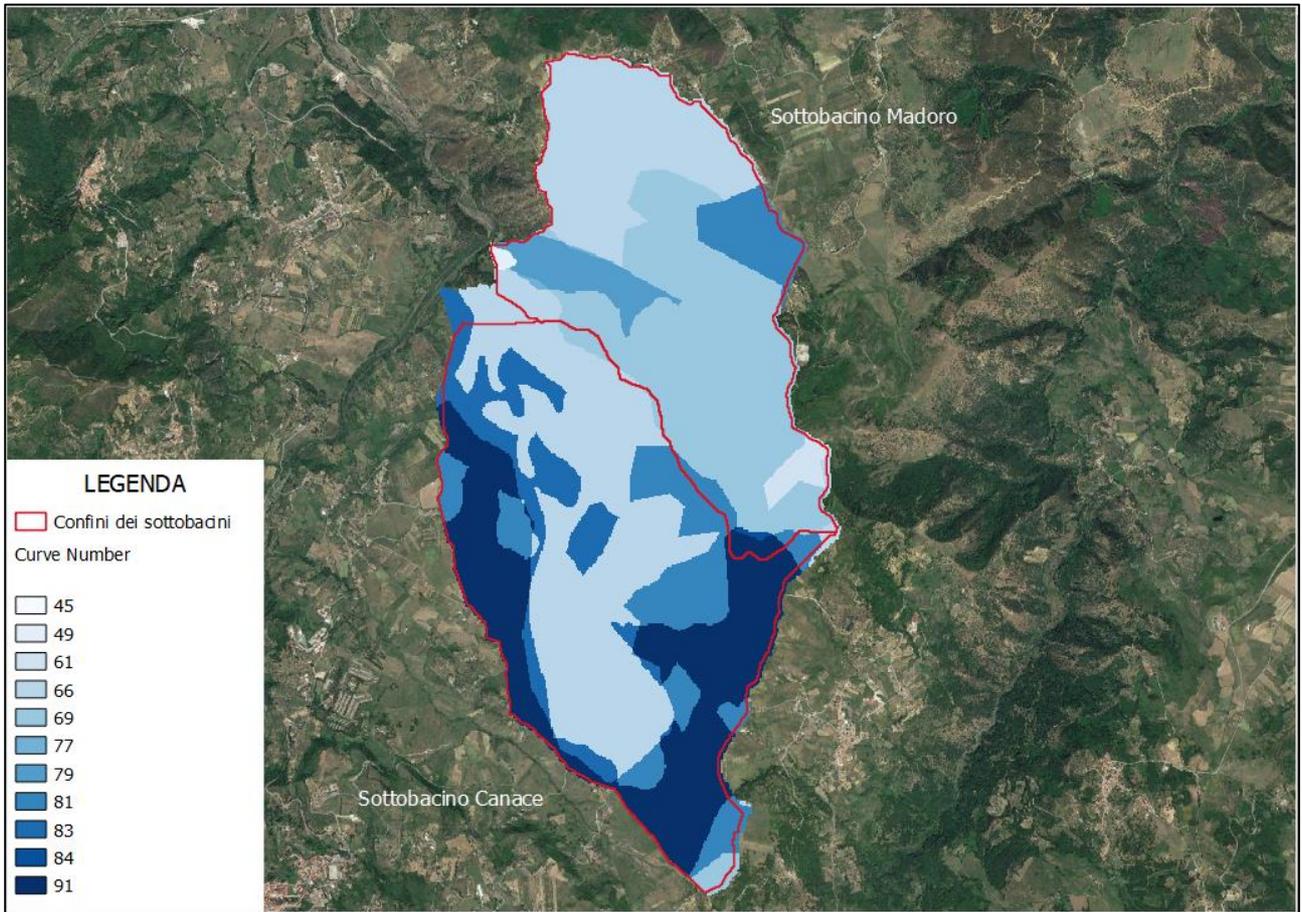


Figura 38 - Carta del Curve Number

Si riportano di seguito gli idrogrammi di piena ottenuti dalla simulazione idrologica:

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">60 di 83</p> |

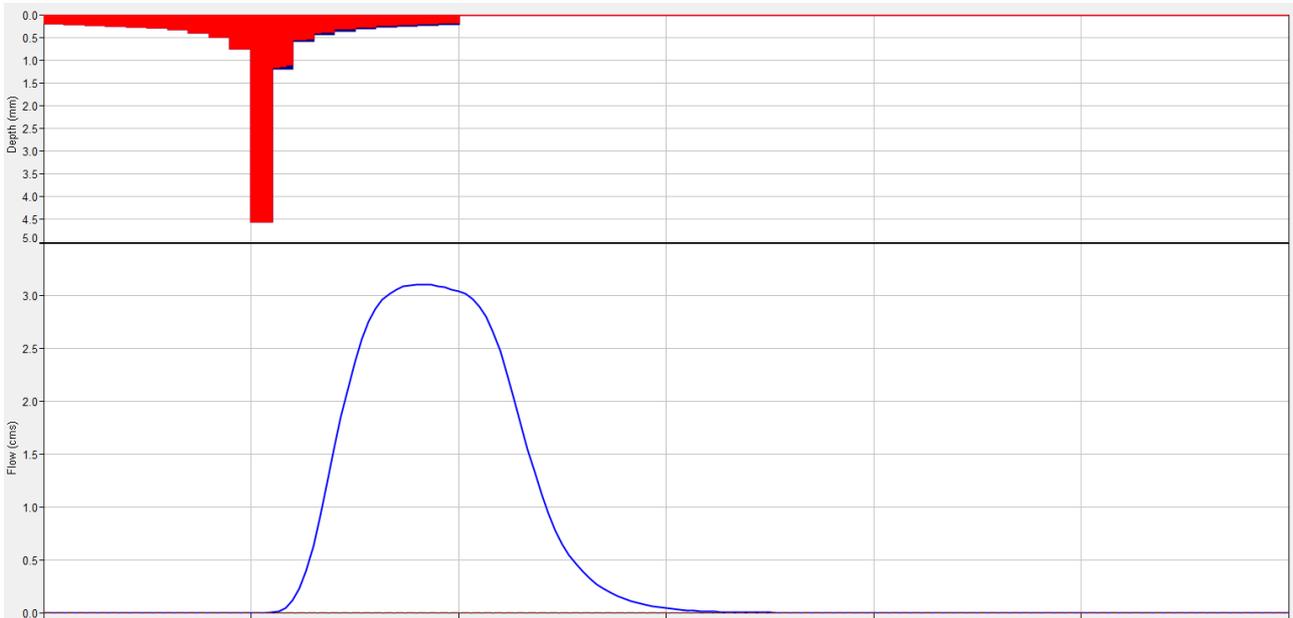


Figura 39 - Idrogramma di piena del sottobacino Madoro

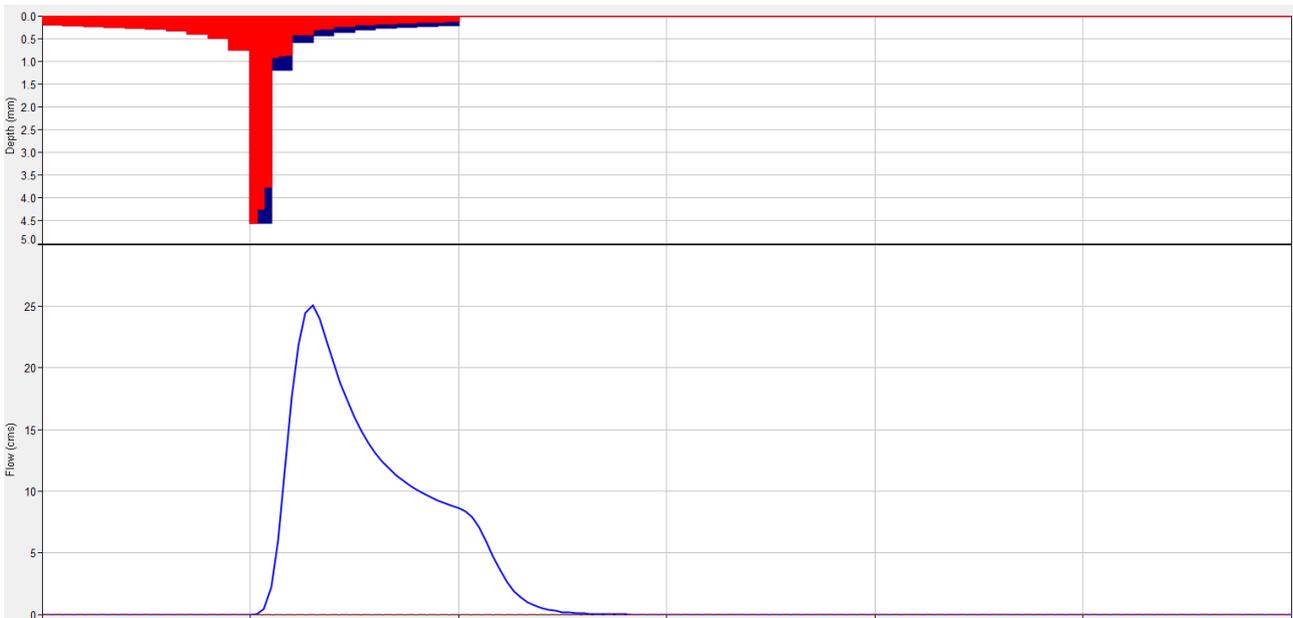


Figura 40 - Idrogramma di piena del sottobacino Canace

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">61 di 83</p> |

9.6 VERIFICA DELLE AREE ESONDABILI

La verifica delle aree esondabili è stata effettuata anche per i due tratti di corsi d'acqua che interessano il tracciato del cavidotto.

L'analisi idraulica è stata condotta in condizioni di moto permanente, utilizzando, come input la portata al colmo di piena degli idrogrammi calcolati col metodo del SCS-Curve Number.

La verifica è stata effettuata considerando un tempo di ritorno di 200 anni.

Il primo passaggio è stato quello di costruire un modello geometrico dell'area di intervento, al fine di comprendere l'andamento del flusso lungo l'asse dei corsi d'acqua.

La verifica delle aree esondabili è stata condotta utilizzando il software HEC-RAS 6.2 ed effettuando quindi la schematizzazione idraulica del fenomeno indagato come di seguito descritto:

- schematizzazione dello sviluppo longitudinale dei corsi d'acqua studiato sulla base del DTM;
- schematizzazione di sezioni trasversali dei corsi d'acqua:
- non essendo stato possibile effettuare dei rilievi puntuali delle sezioni dei corsi d'acqua da analizzare, le caratteristiche geometriche sono state desunte dal modello digitale del terreno.
- Inserimento del valore della scabrezza in termini di coefficiente di Manning che per la tipologia dei corsi d'acqua da analizzare è stato assunto un valore cautelativo pari a 0.06 determinato sulla base della tabellazione di Chow V.T., 1959

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 62 di 83 |

Tabella 16: Valori del coefficiente di resistenza di Manning

| tipo di superficie | Minimo | Normale | Massimo |
|---|--------|---------|---------|
| ALVEI DI PIANURA | | | |
| non vegetati, rettilinei, corrente regolare | 0.025 | 0.030 | 0.033 |
| come sopra ma con pietre e alghe | 0.030 | 0.035 | 0.040 |
| non vegetati, tortuosi con molenti e rapide | 0.033 | 0.040 | 0.045 |
| come sopra ma con pietre e alghe | 0.035 | 0.045 | 0.050 |
| come sopra, in magra | 0.040 | 0.048 | 0.055 |
| non vegetati, tortuosi, pietre, molenti e rapide | 0.045 | 0.050 | 0.060 |
| molto irregolari e alghe molto fitte | 0.075 | 0.100 | 0.150 |
| ALVEI DI MONTAGNA (SPONDE CON ALBERI E CESPUGLI) | | | |
| sul fondo: ghiaia, ciotoli e massi radi | 0.030 | 0.040 | 0.050 |
| sul fondo: ciotoli e grandi massi | 0.040 | 0.050 | 0.070 |
| GOLENE E PIANE INONDABILI | | | |
| prato senza cespugli, erba bassa | 0.025 | 0.030 | 0.035 |
| prato senza cespugli, erba alta | 0.030 | 0.035 | 0.050 |
| campi incolti | 0.020 | 0.030 | 0.040 |
| coltivazioni a filari | 0.025 | 0.035 | 0.045 |
| colture di cereali in pieno sviluppo | 0.030 | 0.040 | 0.050 |
| aree con cespugli sparsi e erba alta | 0.035 | 0.050 | 0.070 |
| aree con cespugli bassi e alberi, in inverno | 0.035 | 0.050 | 0.060 |
| aree con cespugli bassi e alberi, in estate | 0.040 | 0.060 | 0.080 |
| cespugli fitti, in inverno | 0.045 | 0.070 | 0.110 |
| cespugli fitti, in estate | 0.070 | 0.100 | 0.160 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">63 di 83</p> |

9.6.1 ANALISI IDRAULICA

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni per i corsi d'acqua considerati.



Figura 41 - Risultati della simulazione per il corso d'acqua denominato Canace

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">64 di 83</p> |

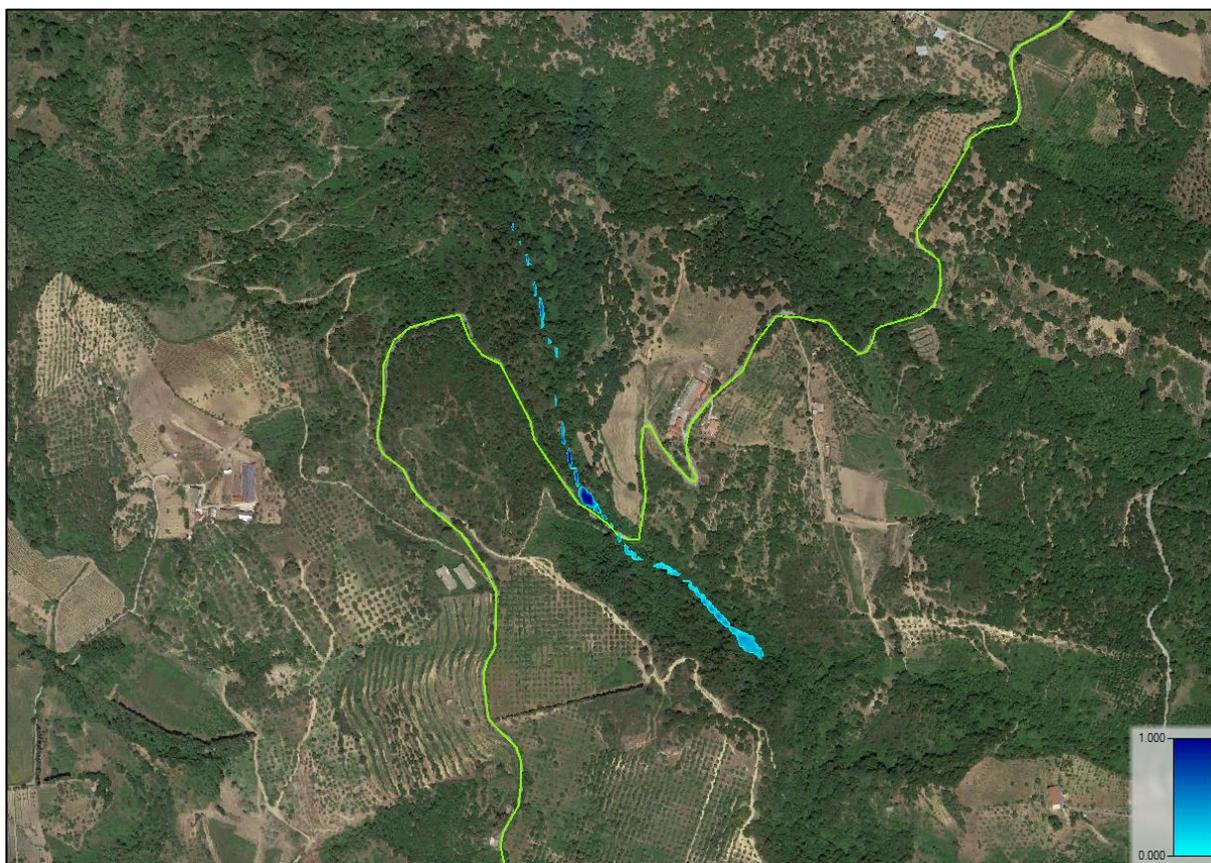


Figura 42 - Risultati della simulazione per il corso d'acqua denominato Madoro

Come si evince dall'immagine precedente il tirante idrico, ovvero la distanza dal pelo libero al fondo del canale, non supera la sezione dello stesso in nessuno dei tratti analizzati; pertanto, a valle della simulazione effettuata non sono riscontrabili aree soggette ad allagamento.

9.6.2 ANALISI IDRAULICA ALL'INTERNO DELLE AREE DI IMPIANTO

Nel proseguo della trattazione verrà affrontata l'analisi idraulica per le aree occupate dai moduli fotovoltaici in quanto, la zona in esame presenta degli impluvi naturali che attraversano la zona.

| | | | |
|---|---|-----------------------------|--|
|  | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p>Rev. 0</p> | |
|  | <p>22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag. 65 di 83</p> | |

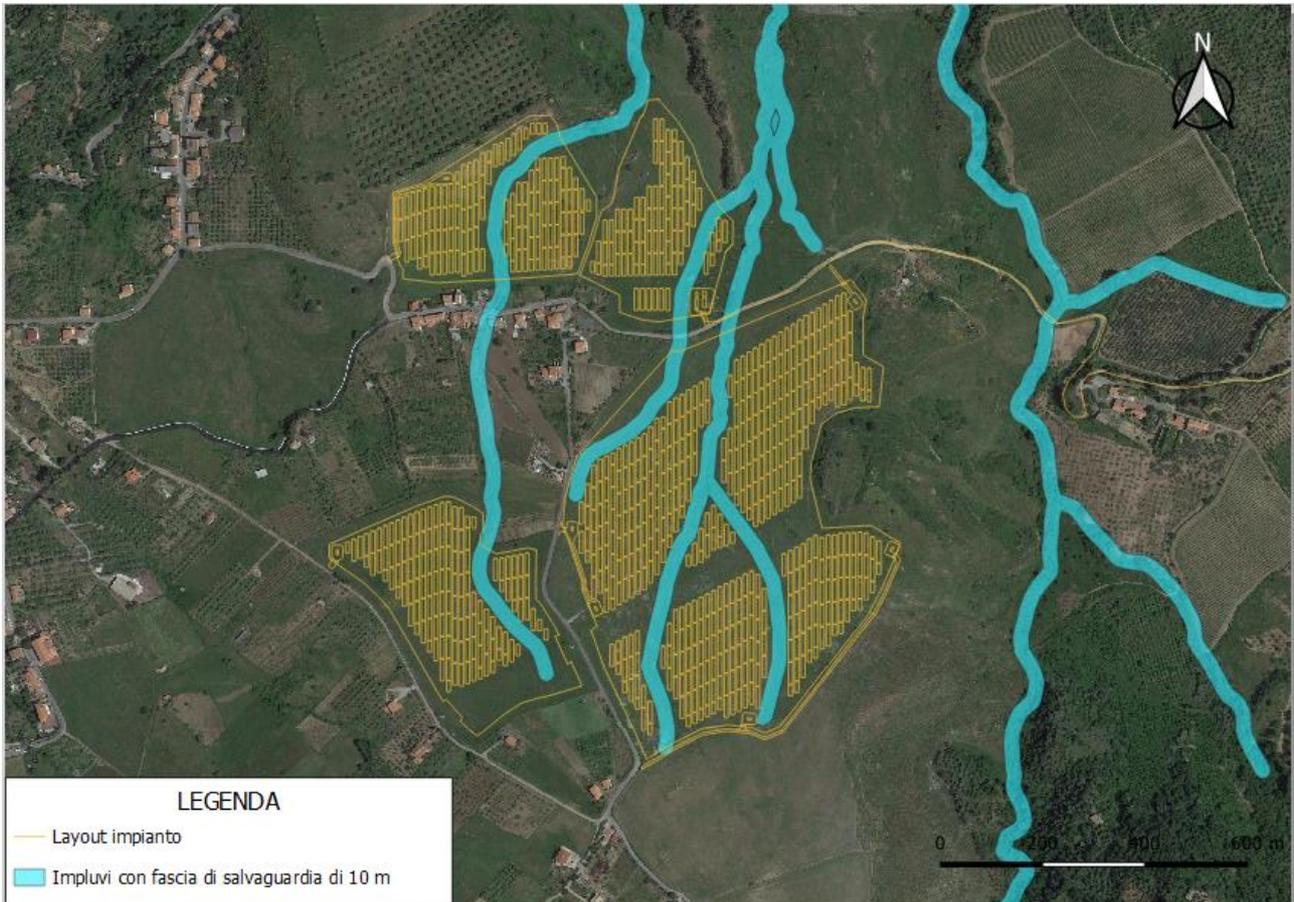


Figura 43 - Inquadramento dell'area occupata dai moduli fotovoltaici e fasce di salvaguardia di 10 m per gli impluvi naturali

Dall'analisi del modello digitale del terreno attraverso l'uso del software HEC-HMS è stato possibile individuare i sottobacini sottesi agli impluvi in esame considerando delle sezioni di chiusura poste poco più a valle delle aree occupate dai moduli fotovoltaici.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">66 di 83</p> |

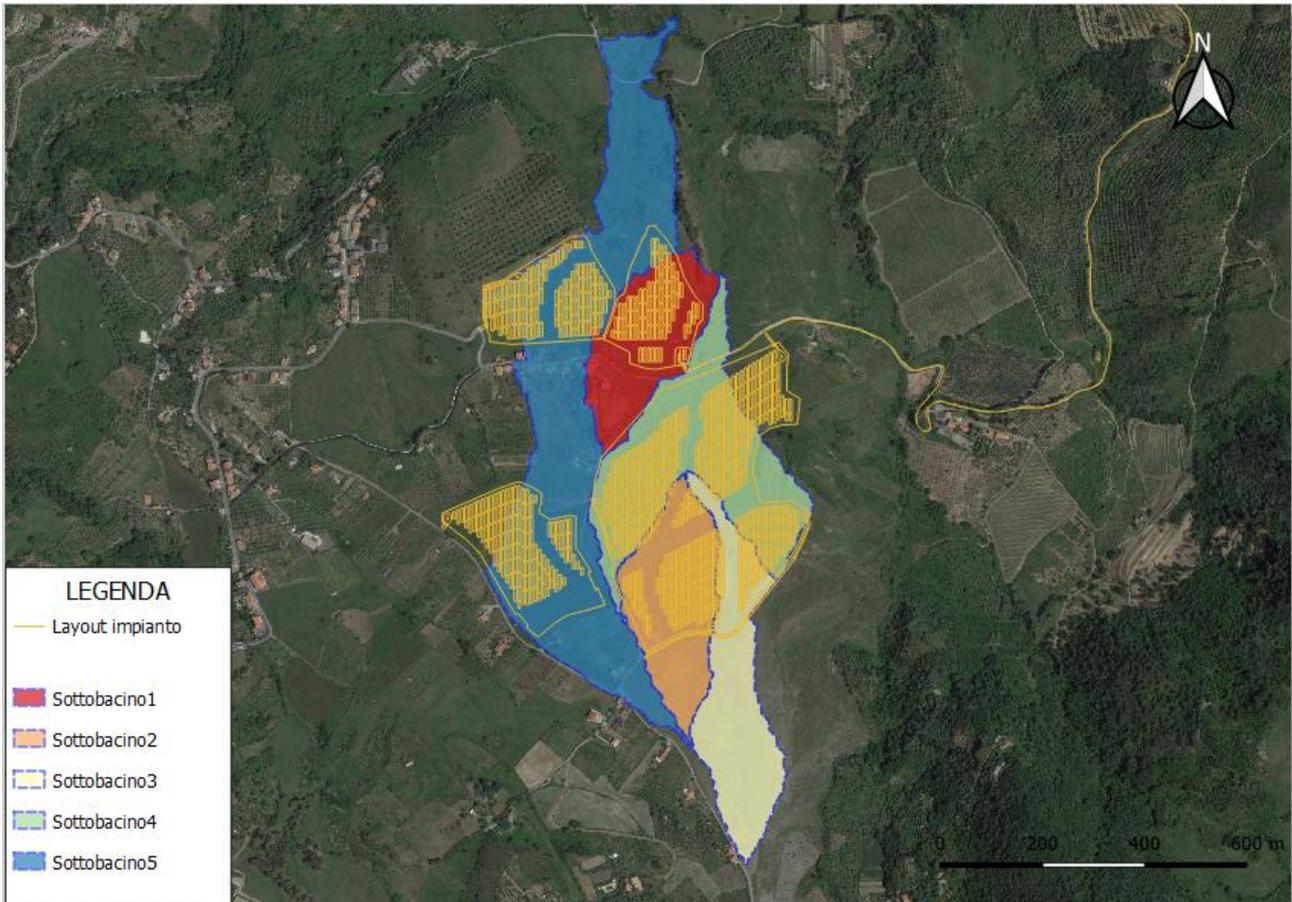


Figura 44 - Inquadramento dei sottobacini sottesi dagli impluvi naturali

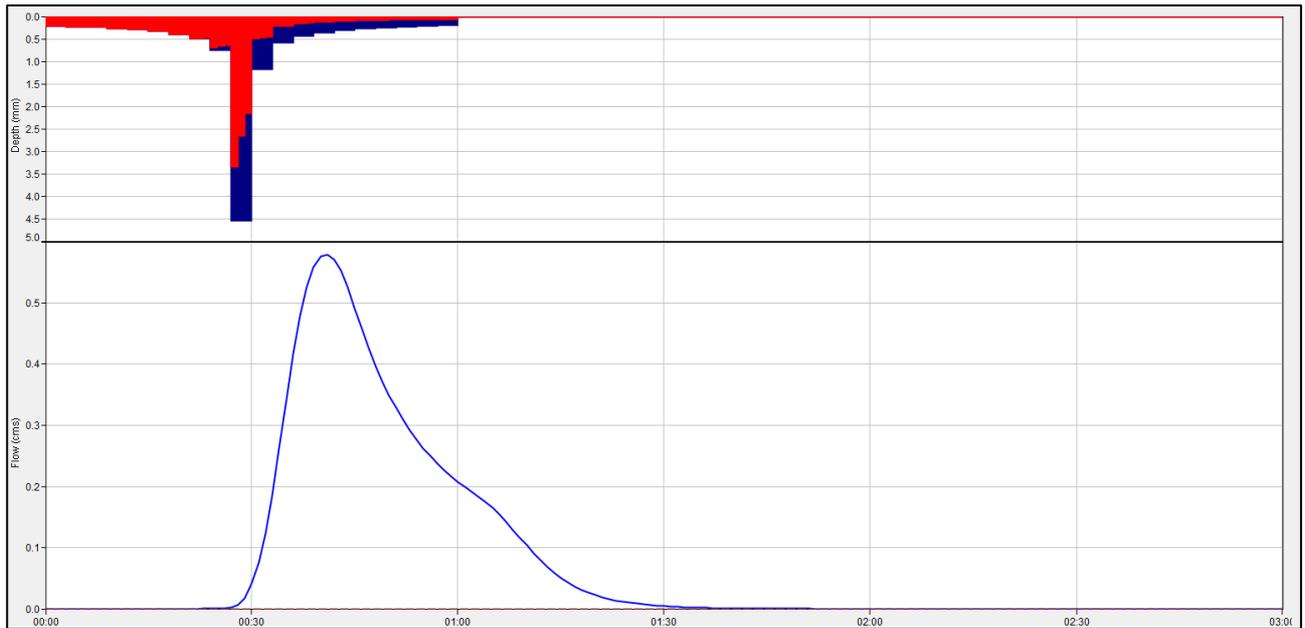
Come visto in precedenza, anche per i sottobacini individuati per l'area occupata dai moduli fotovoltaici verrà sviluppato il modello S.C.S. curve number inserendo, all'interno del programma HEC-HMS, i valori relativi al Curve Number e al tempo di corrivazione.

Gli idrogrammi utili ai fini della simulazione idraulica sono quelli relativi ai sottobacini 1, 2, 3 e 5.

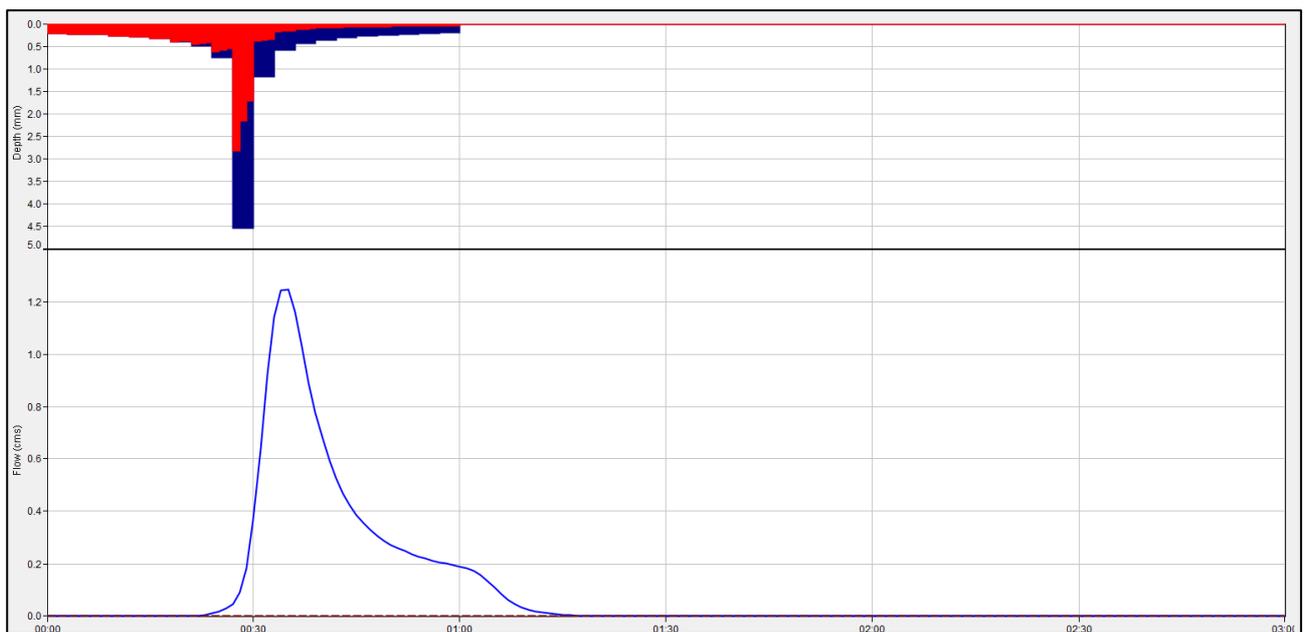
Di seguito si riportano gli idrogrammi per i suddetti bacini:

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">67 di 83</p> |

- Sottobacino 1

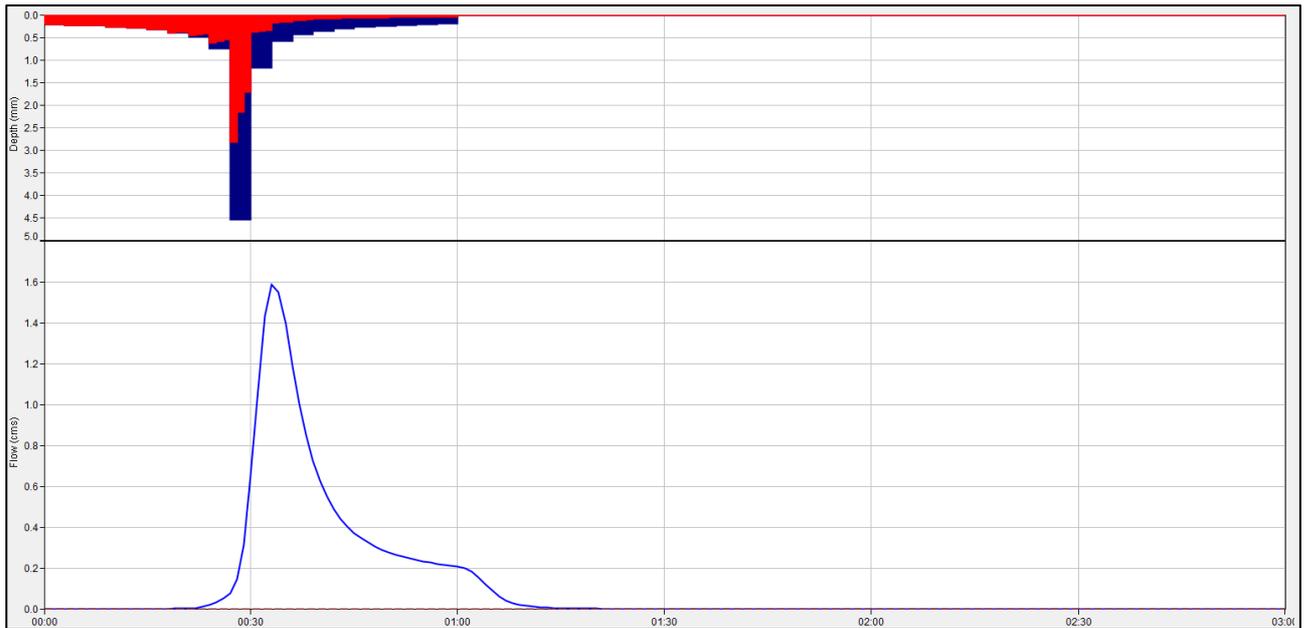


- Sottobacino 2

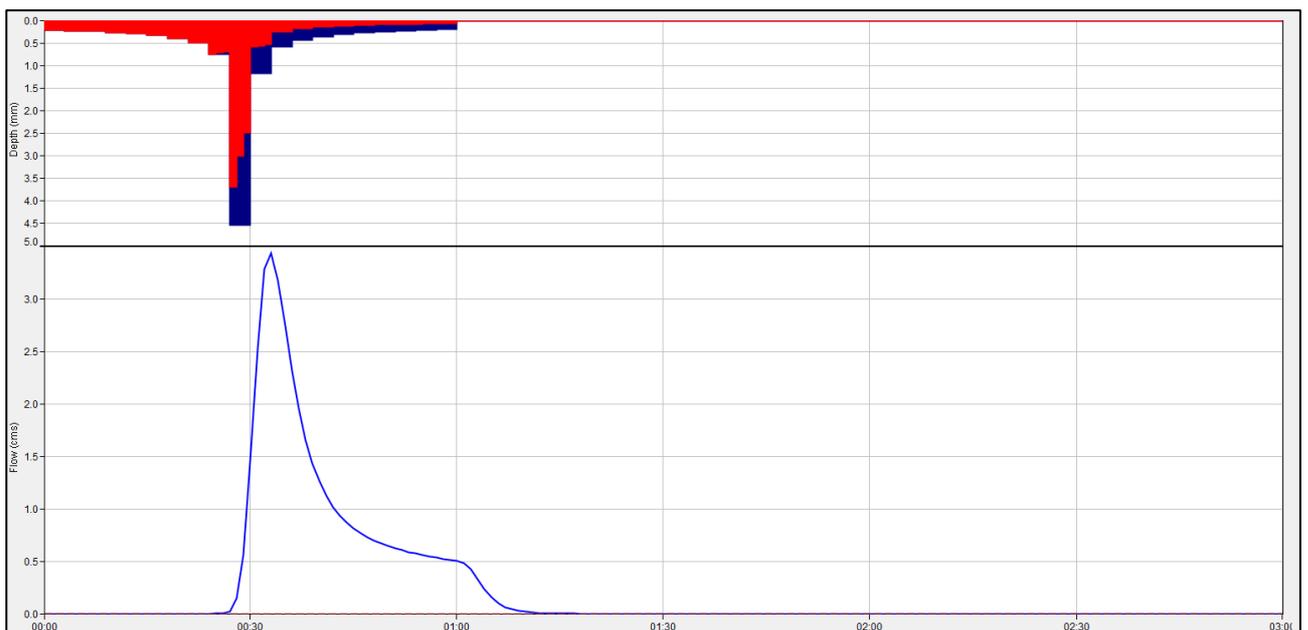


| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">68 di 83</p> |

- Sottobacino 3



- Sottobacino 5



| | | | |
|---|---|----------------------|-----------------|
|  | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p>Rev. 0</p> | |
|  | <p>22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag.</p> | <p>69 di 83</p> |

Gli idrogrammi di piena ottenuti sono inseriti come input nel modello idraulico sviluppato con il software HEC-RAS 6.2 ottenendo i seguenti risultati:

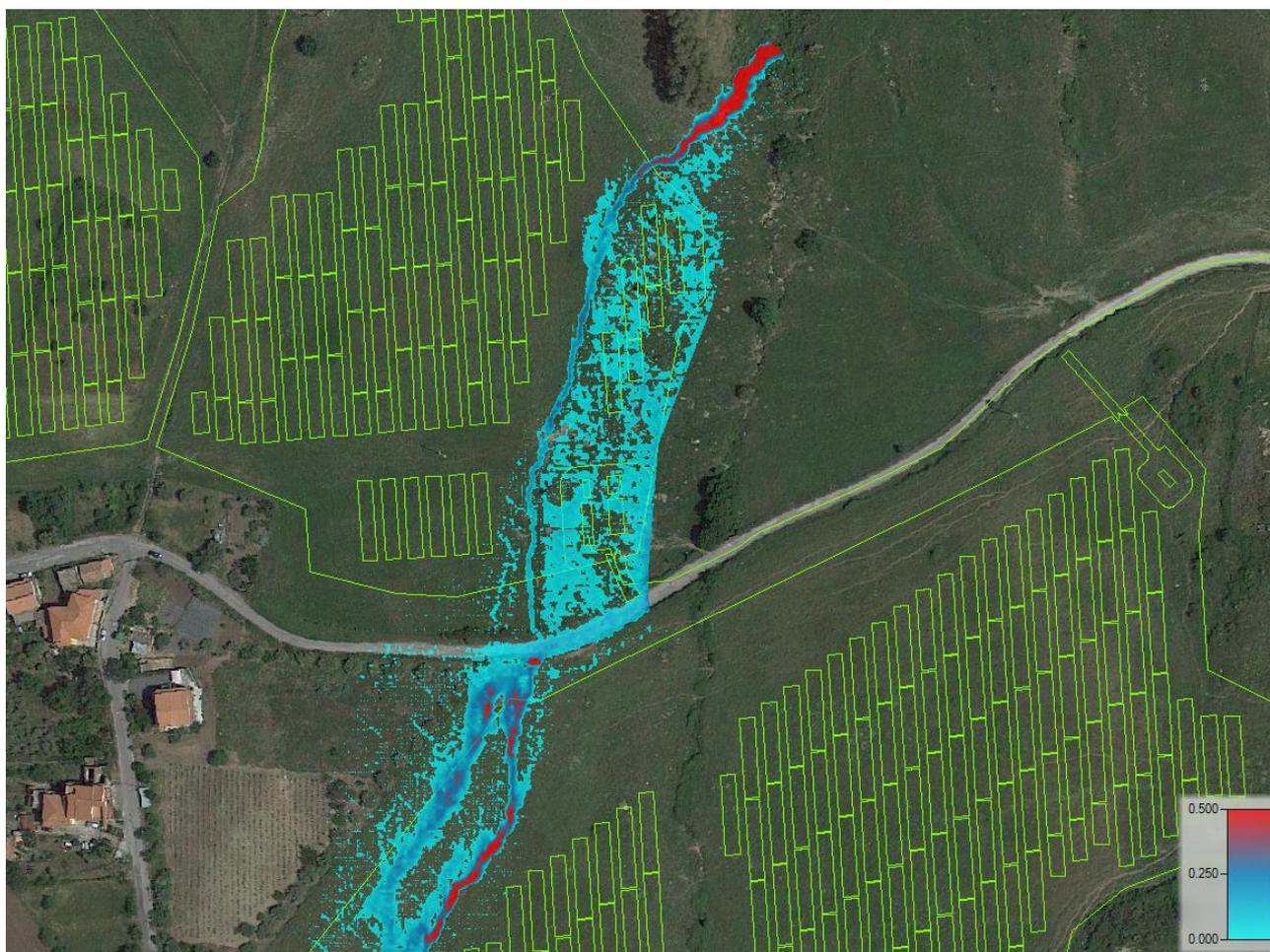


Figura 45 - Individuazione delle aree allagabili per le aree di impianto

| | | | |
|---|---|-----------------------------|--|
|   | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p>Rev. 0</p> | |
|  | <p>22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag. 70 di 83</p> | |

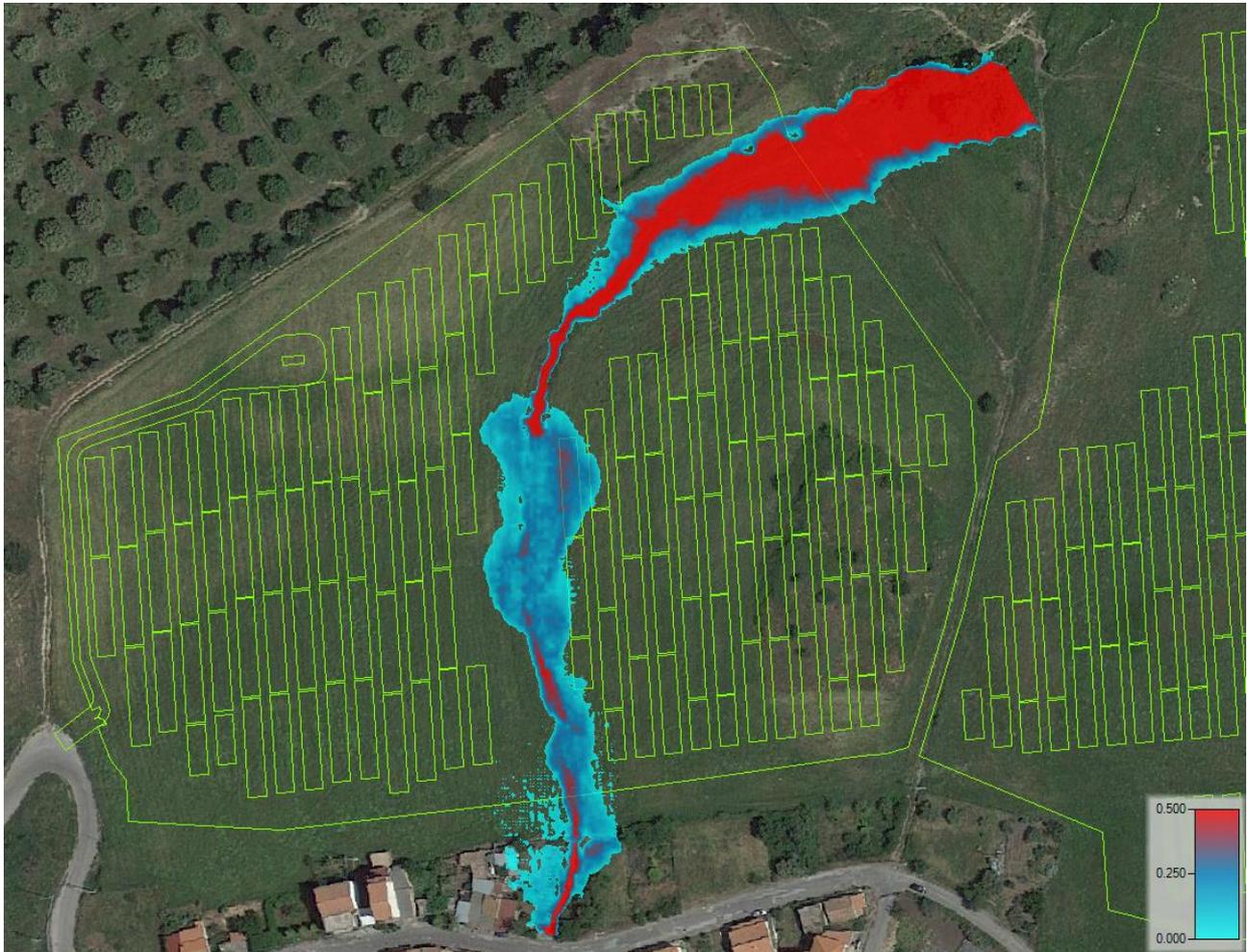


Figura 46 - Individuazione delle aree allagabili per le aree di impianto

| | | | |
|---|---|-----------------------------|--|
|   | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p>Rev. 0</p> | |
|  | <p>22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag. 71 di 83</p> | |

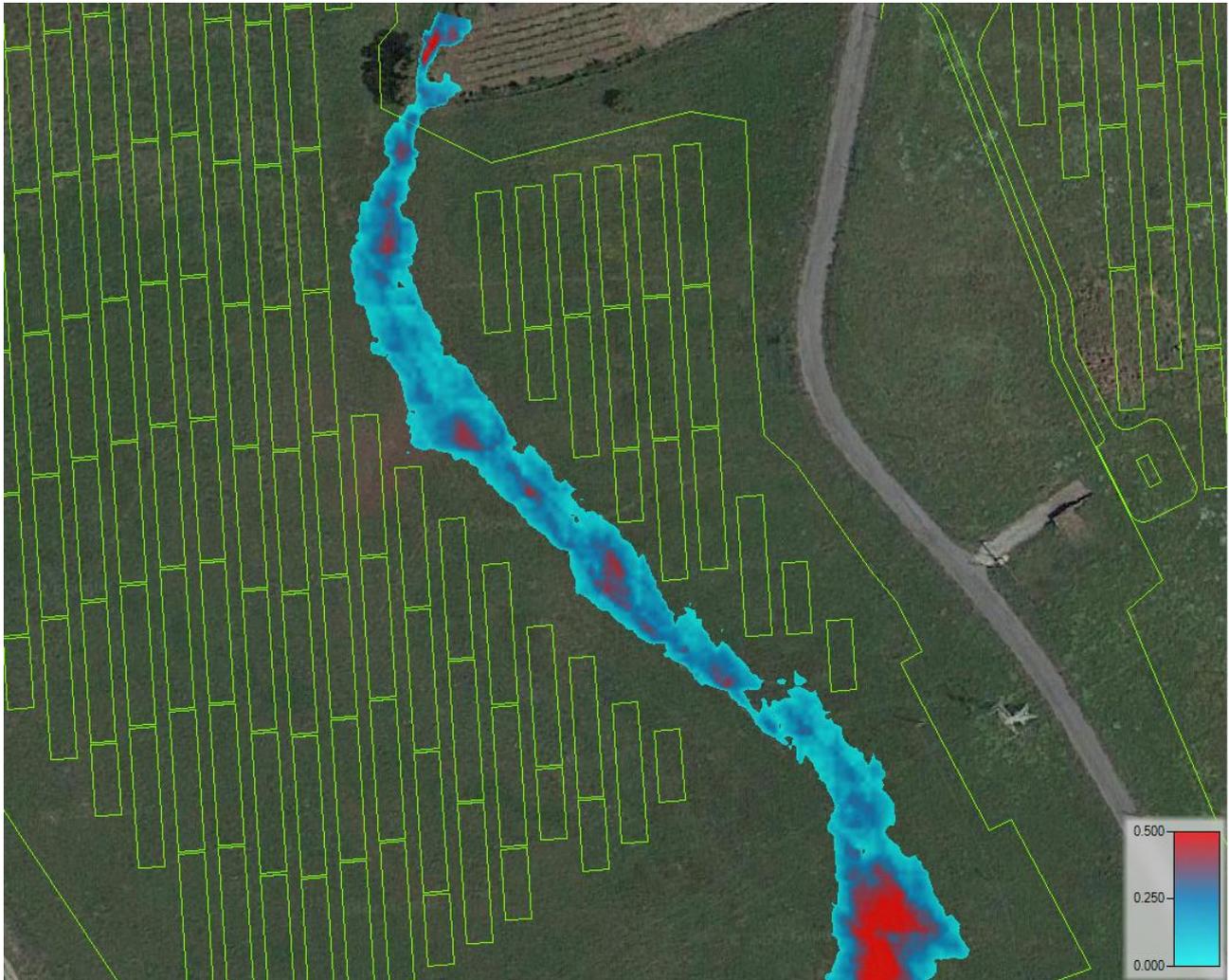


Figura 47 - Individuazione delle aree allagabili per le aree di impianto

| | | | |
|---|---|-----------------------------|--|
|  | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p>Rev. 0</p> | |
|  | <p>22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag. 72 di 83</p> | |

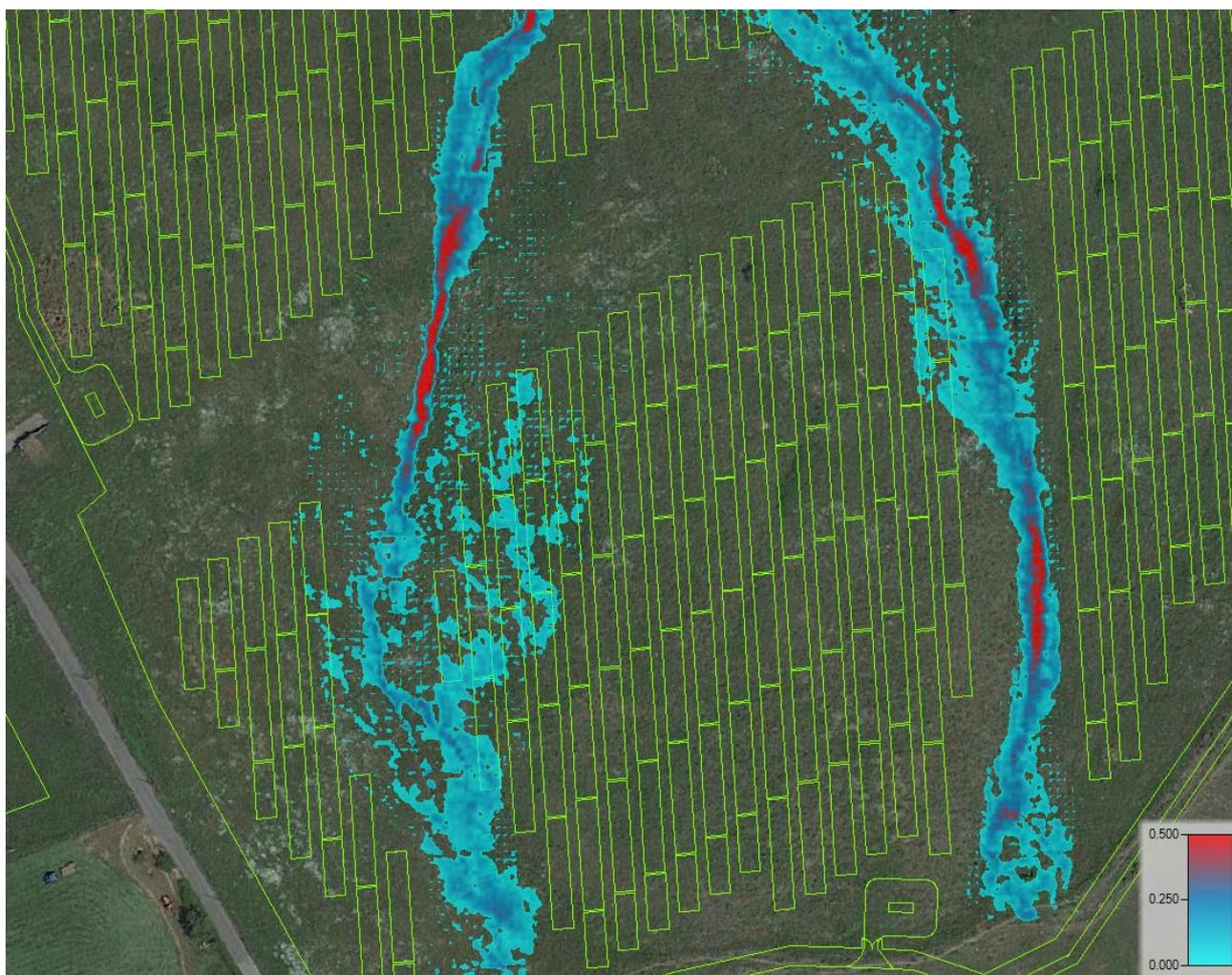


Figura 48 - Individuazione delle aree allagabili per le aree di impianto

| | | | |
|---|---|----------------------|-----------------|
|  | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p>Rev. 0</p> | |
|  | <p>22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag.</p> | <p>73 di 83</p> |

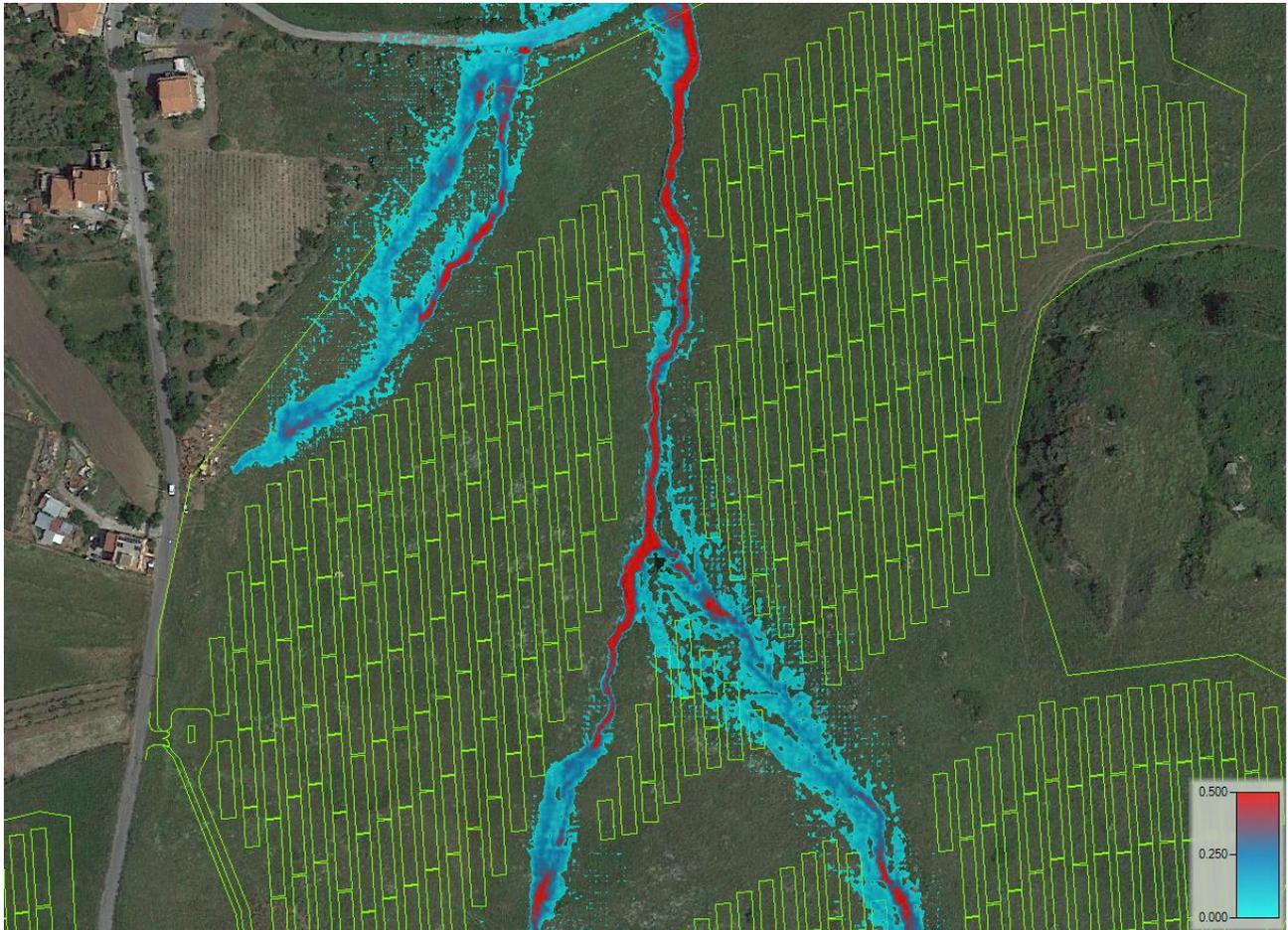


Figura 49 - Individuazione delle aree allagabili per le aree di impianto

Dalle immagini sopra riportate si può osservare come alcuni moduli fotovoltaici vengono interessati dall'evento di piena, tuttavia, i tiranti idrici che investono i moduli sono inferiori ai 40 cm, altezza di entità tale da non provocare particolari criticità all'impianto.

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">74 di 83</p> |

10 DIMENSIONAMENTO CUNETTA PER DRENAGGIO STRADE E REGIMAZIONE DELLE ACQUE

Le strutture fotovoltaiche in progetto sono su pali infissi, pertanto, è stato definito uno schema di regimazione delle acque a partire dalle naturali pendenze delle aree di intervento verificando il deflusso naturale delle acque all'interno delle aree. Lungo le strade di impianto (che saranno in terra battuta) verrà invece predisposto un dreno calcolato in accordo alle verifiche idraulica riassunte nel paragrafo successivo (il dimensionamento dovrà essere opportunamente revisionato in una successiva fase esecutiva).

L'impermeabilizzazione dei suoli è prevista solo relativamente ai basamenti delle cabine e delle Power Station ed ai piccoli plinti di fondazione della recinzione perimetrale. Le strutture su cui verranno installati i moduli fotovoltaici verranno realizzate tramite infissione, così da non sono prevedere getti in calcestruzzo. Di conseguenza non si avrà impermeabilizzazione dei suoli sottostanti.

L'intervento in progetto non altera significativamente e non compromette la permeabilità dei terreni, le acque raccolte saranno convogliate dal sistema di drenaggio dell'impianto (strade e aree su cui sono posizionati i cabinati) nel più prossimo recettore idrico. Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato "22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-T09_Rete di drenaggio superficiale".

La rete per l'evacuazione delle acque meteoriche dal corpo stradale viene progettata in maniera da captare la totalità delle acque piovane che cadono all'interno dell'area scolante.

In sostanza la rete è costituita da una cunetta laterale, situata al bordo della carreggiata che intercetta le acque piovane che vengono scaricate nelle scarpate laterali.

Gli elementi che costituiscono la rete sono quindi le cunette laterali alla carreggiata.

10.1 INDIVIDUAZIONE DEI BACINI DI INFLUENZA

La delimitazione dei bacini di influenza relativi alle cunette stradali da realizzare è stata ottenuta studiando la morfologia del terreno e l'analisi delle curve di livello estratte da modello digitale del terreno.

Per le strade di collegamento delle aree è stato tracciato il bacino scolante individuando i sottobacini di influenza.

Di seguito si riportano le schematizzazioni ottenute.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">75 di 83</p> |

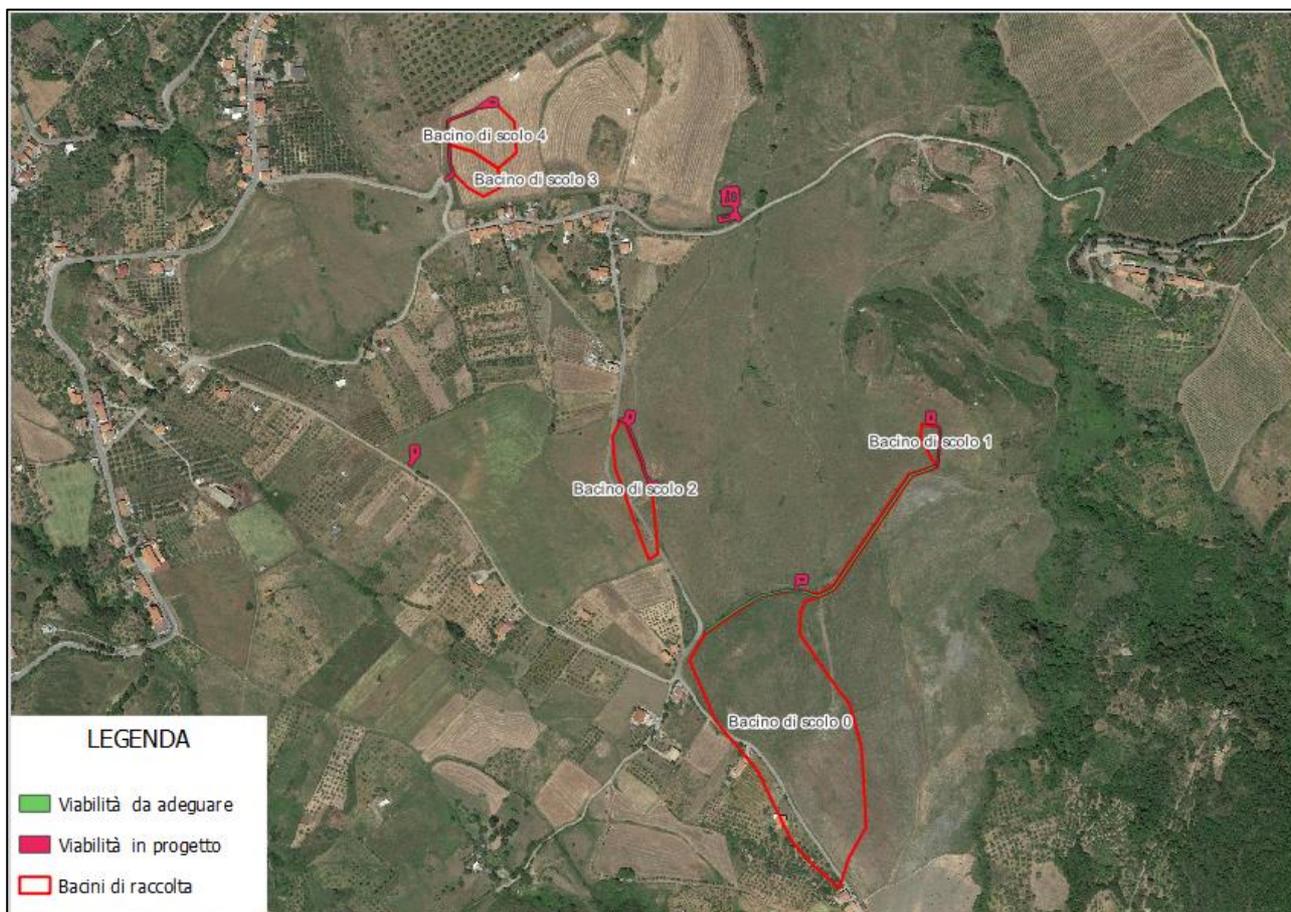


Figura 50 - Inquadramento dei bacini di scolo

10.2 STIMA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER DURATE INFERIORE ALL'ORA (BELL)

Si procede alla determinazione della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora applicando la formula di Bell. Bell ha osservato che i rapporti $r\delta$ tra le altezze di durata τ molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 76 di 83 |

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50$$

Dove:

- $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia espressa in mm di una durata t e tempo di ritorno T ;
- $h_{60,T}$ è l'altezza di pioggia di durata 1 ora con determinato tempo di ritorno T ;
- t è la durata di pioggia espressa in minuti.

Questa formula consente di calcolare l'altezza di pioggia di durata inferiore ai 60 minuti e tempo di ritorno a partire dal valore di $h_{60,T}$ ottenuto dalla curva di probabilità pluviometrica relativa allo stesso tempo di ritorno T .

Pertanto prendendo in considerazione la curva di possibilità pluviometrica $h_{60,T} = h_{1,10} = 42.79$ relativa alla durata di 1 ora e al tempo di ritorno $T=10$ anni ottenuta con la distribuzione di tipo TCEV e applicando la formula di Bell si ottengono i valori di pioggia inferiori all'ora di seguito riportati:

Tabella 17 - Valori di pioggia inferiori all'ora

| t(min) | $h_{t,T}$ |
|--------|-----------------------------|
| 10 | 19.69 |
| 15 | 24.08 |
| 30 | 32.68 |
| 45 | 38.45 |
| 60 | 42.91 |

I parametri della curva di possibilità pluviometrica per tempo di ritorno pari a $T = 10$ anni e durata inferiore ad un'ora sono riportati di seguito, con tempo t espresso in minuti:

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 77 di 83 |

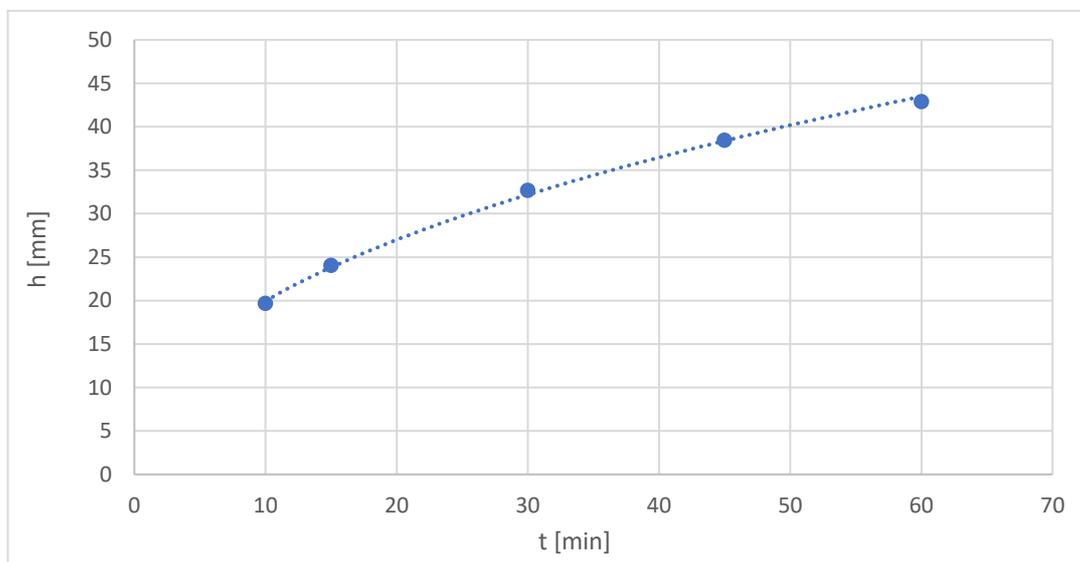


Figura 51 - Curva di possibilità pluviometria per durate inferiori all'ora

Tabella 18: Parametri della curva di possibilità pluviometria per durate inferiori all'ora

| | |
|---|--------|
| a | 7.3541 |
| n | 0.4341 |

10.3 CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA

Il calcolo della portata al colmo di piena per i vari bacini di influenza è stato ottenuto applicando la formula del Metodo Razionale:

$$Q = C \cdot S \cdot a \cdot T_c^{n-1}$$

Dove:

- Q= portata di progetto in (mc/s)
- S= sottobacino imbrifero a monte della sezione di chiusura (mq)
- C = coefficiente di deflusso medio del sottobacino imbrifero [adimensionale];
- T_c = tempo di corrivazione del bacino [sec];

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 78 di 83 |

- a = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.), funzione del T_r , coincidente con l'inclinazione della retta di tendenza della curva su scala logaritmica [mm/(secn)]
- n = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.), funzione del T_r , coincidente con l'intercetta della retta di tendenza della c.p.p. su scala logaritmica [adimensionale].

Le caratteristiche geometriche dei due bacini di influenza sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 19 - Caratteristiche geometriche dei sottobacini

| Sottobacino | Area [km ²] | L Asta [km] | Pendenza [m/m] |
|-------------|-------------------------|-------------|----------------|
| 0 | 0.055 | 0.425 | 0.135 |
| 1 | 0.001 | 0.052 | 0.324 |
| 2 | 0.005 | 0.1 | 0.156 |
| 3 | 0.003 | 0.057 | 0.059 |
| 4 | 0.006 | 0.097 | 0.077 |

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso è stato assunto per tutti i bacini di influenza un valore pari a $c = 0.15$ in base al tipo di suolo e alla copertura del bacino (cfr. valori del coefficiente ϕ proposti dalla guida F.A.O. per la formula razionale come già argomentato nella presente relazione).

Per il calcolo del tempo di corrivazione si è fatto riferimento alla formula di Kirpick. Di seguito si riportano i risultati ottenuti per il calcolo della portata al colmo di piena con tempo di ritorno pari a 10 anni.

Tabella 20: Calcolo della portata al colmo di piena.

| Sottobacino | C | Tc Kirpick [ore] | i [mm/h] | Qp [m ³ /sec] |
|-------------|------|------------------|----------|--------------------------|
| 0 | 0.15 | 0.074 | 32.03 | 0.0074 |
| 1 | 0.15 | 0.011 | 96.87 | 0.0004 |
| 2 | 0.15 | 0.023 | 62.11 | 0.0014 |
| 3 | 0.15 | 0.022 | 64.24 | 0.0008 |
| 4 | 0.15 | 0.030 | 53.96 | 0.0013 |

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 79 di 83 |

10.4 DIMENSIONAMENTO CUNETTE STRADALI

Il dimensionamento viene condotto confrontando il valore di portata proveniente dal calcolo del Metodo Razionale, con il valore di portata ricavato dall'equazione di continuità di Manning, considerando il materiale di finitura e le caratteristiche geometriche della sezione idraulica della cunetta:

$$Q = A_m \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}$$

con R, pari al raggio idraulico, così definito:

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

- Q=portata del canale in m³/s;
- Am=area bagnata in m²;
- n=coefficiente di resistenza di Manning in (s / m^{1/3});
- i=pendenza longitudinale del dreno.

I criteri con i quali è stata svolta l'analisi idraulica sono:

- Scelta di una sezione tipo trapezoidale con geostuoia e inerbimento con idrosemina di area pari a 0.32 mq con le seguenti caratteristiche dimensionali:

Tabella 21: Caratteristiche geometriche cunetta di scolo.

| B | b | h | β | Sezione |
|----------|----------|----------|----------|----------------|
| 1.20 | 0.40 | 0.40 | 45 | Trapezia |

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. 0 | |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 80 di 83 |

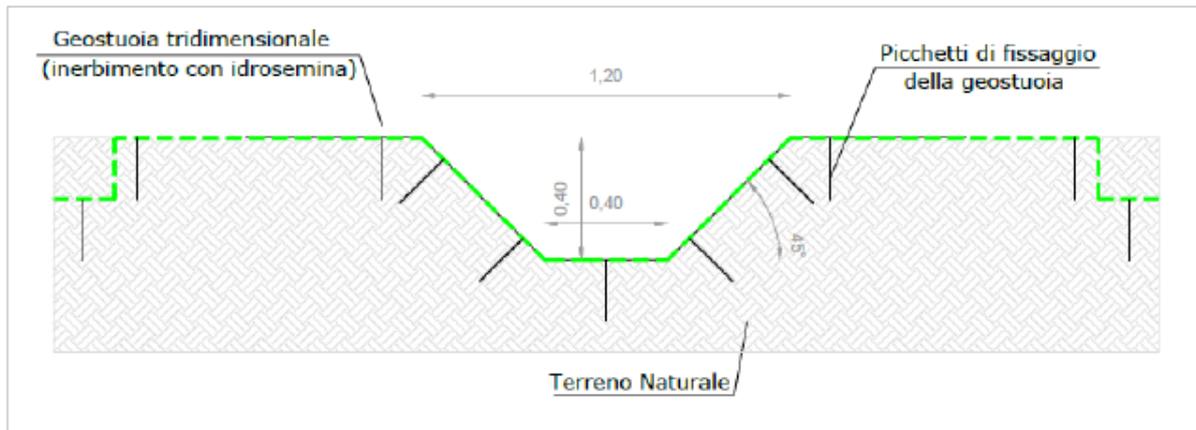


Figura 52: Sezione drenaggio – Canale trapezoidale in terra.

- Rispetto della massima altezza $h = 0.4$ m per la quale la cunetta riesce a convogliare l'intera portata transitante.

Di seguito si riportano pertanto i calcoli idraulici utili ai fini del dimensionamento della cunetta.

Tabella 22: Dimensionamento cunette strade.

| Sottobacini | B (m) | Am (mq) | Pm (m) | R | i | n | h |
|-------------|-------|---------|--------|------|------|------|------|
| 0 | 0.61 | 0.05 | 0.81 | 0.06 | 0.07 | 0.03 | 0.10 |
| 1 | 0.42 | 0.00 | 0.45 | 0.01 | 0.28 | 0.03 | 0.01 |
| 2 | 0.47 | 0.02 | 0.54 | 0.03 | 0.08 | 0.03 | 0.04 |
| 3 | 0.45 | 0.01 | 0.50 | 0.02 | 0.08 | 0.03 | 0.03 |
| 4 | 0.48 | 0.02 | 0.56 | 0.03 | 0.05 | 0.03 | 0.04 |

Come si evince dai calcoli idraulici la soluzione ipotizzata di cunetta in terra non rivestita riesce a convogliare interamente la portata di progetto dato che l'altezza del tirante idrico non supera i 40 cm.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 81 di 83 |

11 CONCLUSIONI

Sulla scorta di quanto illustrato nel presente studio è possibile affermare che:

- Le aree di progetto ricadono nel bacino idrografico del fiume Timeto e in sottobacini idrografici per i quali è possibile stimare afflussi meteorici corrispondenti a diversi tempi di ritorno sulla base di un campione di dati pluviometrici statisticamente significativo, costituito in particolare da serie storiche riferite ad eventi di massima intensità e di durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore, disponibili con riferimento ad un periodo compreso tra il 1990 ed il 2018 in 3 stazioni le quali risultano essere rappresentative del bacino idrografico di interesse;
- Per quanto concerne l'analisi statistica degli estremi idrologici, essa è stata condotta per i bacini secondo i due approcci del Metodo di Gumbel e del Metodo della TCEV con processo di regionalizzazione tramite VAPI;
- La verifica delle aree esondabili dai corsi d'acqua è stata condotta utilizzando il software HEC-RAS 6.2 ed effettuando quindi la schematizzazione idraulica del fenomeno per i sottobacini dei corsi d'acqua Madoro e Canace. **Per i corsi d'acqua, sono state tracciate le varie sezioni trasversali effettuando il calcolo con portate al colmo di piena stimate in corrispondenza di un tempo di ritorno di 200 anni: come precedentemente specificato, la verifica evidenzia che nessun corso d'acqua analizzato è soggetto ad esondazione per eventi di piena e tempi di ritorno di 200 anni e pertanto le aree risultano non allagabili;**
- Per quanto riguarda l'area occupata dai moduli fotovoltaici si osserva che alcuni di questi vengono interessati dall'evento di piena, tuttavia, i tiranti idrici che investono i moduli sono inferiori ai 40 cm, altezza di entità tale da non provocare particolari criticità all'impianto.
- Le strutture fotovoltaiche in progetto sono su pali infissi, pertanto, è stato definito uno schema di regimazione delle acque a partire dalle naturali pendenze delle aree di intervento verificando il deflusso naturale delle acque all'interno delle aree.

L'impermeabilizzazione dei suoli è prevista solo relativamente ai basamenti delle cabine e delle Power Station ed ai piccoli plinti di fondazione della recinzione perimetrale. Le strutture su cui verranno installati i moduli fotovoltaici verranno realizzate tramite infissione, così da non prevedere getti in calcestruzzo. Di conseguenza non si avrà impermeabilizzazione dei suoli sottostanti.

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|    | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME) | Rev. | 0 |
|  | 22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 82 di 83 |

L'intervento in progetto non altera significativamente e non compromette la permeabilità dei terreni, le acque raccolte saranno convogliate dal sistema di drenaggio dell'impianto (strade e aree su cui sono posizionati i cabinati) nel più prossimo recettore idrico. Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato "22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-T09_Rete di drenaggio superficiale".

- Il dimensionamento delle cunette stradali per il drenaggio delle acque piovane ha previsto il tracciamento dei bacini d'influenza per l'individuazione delle caratteristiche geometriche dell'area. Successivamente è stata calcolata la curva di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno pari a 10 anni e con l'applicazione di modelli afflussi – deflussi come il modello razionale (per sottobacini di estensione minore di 10 kmq) è stato possibile calcolare la portata di progetto con la quale dimensionare le cunette stesse. Dai calcoli idraulici si può concludere che la sezione di cunetta ipotizzata riesce a convogliare interamente tutta la portata di progetto per ogni tratto stradale in progetto

Il Tecnico
Ing. Leonardo Sblendido




| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|    | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 21,75 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 19,40 MW Comune di Librizzi (ME)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">22-00074-IT-LIBRIZZI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">83 di 83</p> |

12 BIBLIOGRAFIA

“REGIONAL FREQUENCY ANALYSIS OF EXTREME PRECIPITATION IN SICILY, ITALY”, *F. Lo Conti, L.V. Noto, M. Cannarozzo, G. La Loggia*, 2007, Dept of Hydraulic Engineering and Environmental Application, University of Palermo, Italy.