



REGIONE SICILIA

CITTA' METROPOLITANA DI PALERMO

PROGETTO:

Località Impianto

COMUNI DI MONREALE, ROCCAMENA, CORLEONE(PA)
CONTRADE ARCIVOCALE, GIANGROSSO, CASTELLANA, PONTE, STICCA, GAMBERI,
CAPPARINI, GALARDO, PETRULLA, GIAMMARIA

Località Conessione

COMUNE DI MONREALE (PA)
CONTRADA AQUILA

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO

Realizzazione impianto agrivoltaico denominato "S&P 12" con
potenza di picco 367.572,00 kWp e potenza nominale 300.000 kW

CODICE ELABORATO:

PROPONENTE	TIPOLOGIA DOCUMENTO	PROGRESSIVO	REV
SP12	REL	026	00

EPD = ELABORATO DEL PROGETTO DIGITALE; REL = RELAZIONE;
ADD = ALTRA DOCUMENTAZIONE; IST = ISTANZA

DATA:

25/11/2022

ELABORATO:

SP12REL026_00-SeP12-
Relazione_Idraulica

TAV:

REL026

N. PAG.

201

Rev.	Data Rev.	Data Rev.

PROGETTISTI:

Ing. Sapienza Angelo



Ing. Rizzuto Vincenzo



SPAZIO RISERVATO PER LE APPROVAZIONI

SOCIETA':

S&P 12 S.R.L.

SICILIA E PROGRESSO

sede legale: Corso dei Mille 312, 90047 Partinico (PA)

C.F.: 06974410828 tel.: 0919865917 - fax: 0918902855

email: svilupposep12@gmail.com

pec: svilupposep12@pec.it



INDICE

INDICE	2
1 PREMESSA	3
2 PRESENTAZIONE DEL PROGETTO	4
2.2 Inquadramento Territoriale.....	5
3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO.....	18
4 METODO TCEV SICILIA – PIOGGE BREVI - SUPERFICI DI INFLUENZA	20
5 MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI.....	25
6 VERIFICHE IDRAULICHE	33
6.1 Modello di calcolo utilizzato	33
6.2 Modello Digitale del Terreno.....	35
6.3 Impostazioni di calcolo	35
6.4 Risultati della modellazione idraulica	36
7 CONCLUSIONI - COMPATIBILITA' IDRAULICA	47
8 ATTRAVERSAMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO.....	48
8.1 Calcolo erosione	48
9 INVARIANZA IDRAULICA	51
9.1 Studio Invarianza Idraulica- Stazione di rete.....	52
9.2 Stima dei volumi di compenso ai fini dell'invarianza idraulica.....	53
9.3 Studio Invarianza Idraulica – Impianto Agro-Fotovoltaico	56
9.4 Stima dei volumi di compenso vasche di laminazione - Impianto Agro-Fotovoltaico.....	57
10 SISTEMA DI DRENAGGIO – IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	59
ALLEGATO 1 – SEZIONI HEC RAS.....	61

1 PREMESSA

Il presente studio è redatto al fine di definire la compatibilità idraulica per la realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento mono assiale per la produzione di energia elettrica denominato "S&P 12", da realizzarsi nei territori dei Comuni di Corleone (PA), Monreale (PA) e Roccamena (PA).

La relazione riporta i risultati dell'analisi idrologica ed idraulica del bacino di pertinenza all'interno del quale ricade l'area di interesse.

Lo studio è basato partendo dal modello digitale del terreno (DTM) 2m x 2m della porzione di territorio relativa ai fogli CTR 607070, 607110, 607100, 607140, 607150 e 619030.

Si è effettuata un'elaborazione mediante simulazione di calcolo con software HEC-RAS versione 5.0.7 sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dello US Army Corps of Engineers, avendo impostato nei dati di input le portate di picco di piena e le opportune condizioni al contorno.

Le simulazioni per le verifiche idrauliche sono state condotte su base DTM attraverso un modello idraulico stazionario mono-dimensionale, per un tempo di ritorno pari a 5, 100, 200 e 300 anni per i tratti del reticolo in prossimità della stazione di rete e un tempo di ritorno pari a 5 anni per i tratti del reticolo in prossimità del campo agro-fotovoltaico, in ottemperanza alle procedure dettate dal PAI e nel rispetto della disciplina contenuta nel Regio Decreto 523/1904 e nel DSG 119/2022.

Nei paragrafi a seguire si riportano i risultati ottenuti dallo studio idrologico e idraulico. Più in particolare, verranno mostrate le analisi idrologiche e le verifiche idrauliche che hanno consentito di stimare le portate di progetto ad assegnato tempo di ritorno e successivamente di rappresentare gli effetti dell'intervento sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata, mediante la modellazione idraulica in moto permanente monodimensionale di quei tratti del reticolo esistente che potrebbero interferire con il futuro assetto di progetto.

Lo studio include, inoltre, una verifica che gli interventi di trasformazione territoriale, per tramite della realizzazione di opportune misure di compensazione opportunamente dimensionate, non alterino la risposta idraulica del bacino oggetto dell'intervento, tenendo conto degli indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica contenuti nel D.D.G. 102/2021.

2 PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

2.1 Descrizione del progetto

S&P 12 s.r.l., redattrice del progetto, è una società attiva nella produzione di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, in particolar modo, dal solare fotovoltaico. È iscritta presso la Camera di Commercio di Palermo con n. Rea PA-428830, Partita IVA 06974410828, ha sede legale presso Partinico (PA) in corso dei Mille n. 312.

S&P 12 s.r.l. si propone di realizzare un impianto agro-fotovoltaico, per sé stessa con consegna alla rete dell'energia prodotta, curando in proprio tutte le attività necessarie.

Nella filosofia progettuale di S&P 12 s.r.l. si intende valorizzare l'energia prodotta con tecnologia fotovoltaica, contestualizzando al meglio l'impianto nel rispetto delle caratteristiche territoriali e ambientali peculiari dei siti in cui essi vengono realizzati con l'implementazione del progetto agronomico per la produzione di prodotti tipici locali; investendo in tali risorse si intende contribuire al miglioramento ambientale delle aree di progetto.

S&P 12 s.r.l. intende realizzare nei territori dei Comuni di Corleone (PA), Monreale (PA) e Roccamena (PA) un impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento monoassiale per la produzione di energia elettrica.

L'impianto che la S&P 12 srl presenta in autorizzazione è suddiviso in 3 macro-aree ed è composto da:

- Lotto **A**, con campi agro-fotovoltaici siti nel Comune di Monreale (PA), nelle contrade Arcivocale, Castellana, Giangrosso;
- Lotto **B**, con campi agro-fotovoltaici siti nei territori dei Comuni di Monreale (PA) e Roccamena (PA), nelle contrade Capparini, Gamberi, Ponte e Sticca;
- Lotto **C**, con campi agro-fotovoltaici siti nei territori del Comune di Corleone (PA) e Roccamena (PA), nelle contrade Galardo, Giammaria, Petrulla;
- Stazione di elevazione e Utente, sita in C. da Arcivocale (Lotto A) nel Comune di Monreale (PA);
- Stazione di Rete, sita in C. da Aquila nel Comune di Monreale (PA);
- Stazione di elevazione **B1**, sita nel Lotto B, in C. da Ponte (Monreale, PA);
- Stazione di elevazione **B2**, sita nel Lotto B, in C. da Sticca (Roccamena, PA);
- Stazione di smistamento **C**, sita nel Lotto C, in C. da Galardo (Roccamena, PA);
- Cavidotti di collegamento MT (30kV) alle stazioni di smistamento, nei Comuni di Corleone (PA), Monreale (PA) e Roccamena (PA);

- Cavidotti di collegamento AT (150 kV), tra le stazioni di elevazione e la stazione Utente sita nel lotto A (Arcivocale);
- Cavidotti di collegamento AT (220 kV), tra la stazione Utente e la stazione Rete.

L'impianto si sviluppa su una superficie lorda complessiva di circa 1.065,09 ha di cui:

- 233,40 ha appartenenti all'area di impianto ricadente nel Comune di Monreale (PA), Lotto A;
- 570,01 ha appartenenti all'area di impianto ricadente nei Comuni di Monreale (PA) e Roccamena (PA), Lotto B;
- 261,68 ha appartenenti all'area di impianto ricadente nei Comuni di Corleone (PA) e Roccamena (PA), Lotto C;

In particolare:

Lotti	Contrade	Area contrada
Lotto A	Arcivocale	41,22
	Giangrosso	121,08
	Castellana	71,10
Totale lotto A		233,40
Lotto B	Sticca	63,98
	Gamberi	144,42
	Capparini	128,86
	Ponte	232,77
Totale lotto B		570,01
Lotto C	Galardo	102,08
	Petrulla	121,56
	Giammaria	38,05
Totale lotto C		261,68
TOTALE		1065,09

Gli impianti avranno una potenza di 367.572,00 kWp (300.000,00 kW) e l'energia prodotta sarà ceduta alla rete elettrica di alta tensione, tramite la costruenda stazione di rete a 220 kV, idonea ad accettare la potenza.

2.2 Inquadramento Territoriale

L'area di interesse ricade nella Zona Territoriale Omogenea "ZONA E", ossia Zona Agricola e non vi è alcun tipo di vincolo in corrispondenza delle strutture, locali e attrezzature che compongono l'impianto.

L'area ricade all'interno del bacino idrografico BAC-057 Fiume del Belice, secondo il Piano del Bacino dell'Assetto Idrogeologico (PAI).

L'impianto del progetto S&P 12 è previsto nei Comuni di Monreale (PA), Corleone (PA) e Roccamena, in particolare:

- La realizzazione del lotto di impianto denominato "A" ricadente nel territorio del Comune di Monreale (PA), contrade Arcivocale, Giangrosso e Castellana, è individuata al N.C.T del comune di Monreale nel foglio di mappa n. 123, occupando le particelle n. 9, 10, 11, 13, 14, 15, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 43, 58, 60, 62, 65, 68, 70, 72, 73, 79, 82, 83, 98, 110, 111, 113, 134, 146, 147, 152, 155, 156, 157, 159, 167, 173, 177, 178, 183, 184, 186, 187, 301, 305, 322, 327, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 380, 381, 382, 383, 384, 385, nel foglio di mappa n. 145, occupando le particelle n. 88, 518, nel foglio di mappa n. 146, occupando le particelle 35, 36 (quota parte), 39, 40, 60, 68, 149, 150, 361, 362, 363, 364, 365, 554 (quota parte), 555, 556, 557, 558, nel foglio di mappa n. 147, occupando le particelle 187, 188, 263, 264, 266, nel foglio di mappa n. 165, occupando le particelle n. 3, 45, 48, 53, 97, 204, 283, 284, 295, 297;
- La realizzazione del lotto di impianto denominato "B" ricadente nei territori del Comune di Monreale (PA) e Roccamena (PA), contrade Ponte, Capparini, Sticca e Gamberi, è individuata al N.C.T del comune di Monreale nel foglio di mappa n. 196, occupando le particelle n. 7, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 33, 34, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 72, 73, 79, 83, 89, 105, 145, 146, 149, 15, 217, 265, 391 (Quota parte), nel foglio di mappa n. 199, occupando le particelle n. 1, 82, 83, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 100, 101, 102, 103, 104, 110, 116, 117, 139, 140, 148, 149, 150, 154, 156, 157, 164, 172, 175, 182, 186, 188, 191, 192, 194, 252, 263, 266, 268, 285, 288, 289, 290, 291, 294, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 327, 328, 329, 330, 334, 425, 426, 427, 428, 439, nel foglio di mappa n. 200, occupando le particelle n. 1, 4, 13, 24, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 44, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 96, 97, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 175, 176, 184, 267, 270, 274, 278, 279, 281, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 309, 311, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 351, 352, 535, 600, 601, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 724, 725, 726, 736, 737, 738, 739, 740, 785, 803, 806, , nel foglio di mappa n. 201, occupando le particelle n. 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 86, 87, 89, 90, 93, 95, 96, 97, 98, 167, 168, 169, 221, 258, 261, 263, 265, 267, 281, 284 (Quota parte), 285, 288, 289, 302, 303, 306, 307, 308, 331, 332, 341, 342, 345, 346, 351 (Quota parte), 353, 354, 376, 377, 380, 381, ed al N.C.T del comune di Roccamena nel foglio di mappa n. 12, occupando le particelle n. 2, 9, 24, 27, 30, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 53, 74, 76, 91, 92, 93 (Quota parte), 94, 95, 133, 136, 137, 138, 142, 144, 151, 588, 589 (Quota parte), 590, 591, 592, 593, 594, 595, 598, 604, 605, 607, 610.

- La realizzazione del lotto di impianto denominato "C" ricadente nel territorio dei Comuni di Corleone (PA) e Roccamena (PA), contrade Galardo, Petrulla e Giammaria è individuata al N.C.T del comune di Roccamena nel foglio di mappa n. 4, occupando le particelle n. 7, 8, 12, 17, 195, 198, 472, 506, 512, 540, 638, 639, 641, 642, 684, 685, 749, 788, 789, 818, 820, 821, nel foglio di mappa n. 6, occupando le particelle n. 15, 18, 221, nel foglio di mappa n. 9, occupando le particelle n. 3, 19, 82 (quota parte), 83, 97, 98, 358, 360, 604 (quota parte), ed al N.C.T del comune di Corleone nel foglio di mappa n. 65, occupando le particelle n. 1, 2, 13, 19, 27, 29, 31, 62, 63, 64, 68, 70, 71, 72 (quota parte), 75, 76,78, 80, 85, 86,88, 89, 90, 91, 92, 93, 117, 118, 122, 123, e nel foglio di mappa n. 83, occupando le particelle catastali n. 16, 75, 76, 321;
- La realizzazione della stazione di elevazione e Utente sita nel Lotto A, in Contrada Arcivocale, ricadente nel territorio del Comune di Monreale (PA), è individuata al N.C.T. del Comune di Monreale (PA) nel foglio di mappa n. 147, occupando le particelle catastali n. 188, 264;
- La realizzazione della stazione di elevazione denominata 'B1', in Contrada Ponte, ricadente nel territorio del Comune di Monreale (PA), è individuata al N.C.T. del Comune di Monreale (PA) nel foglio di mappa n. 200, occupando la particella catastale n. 2;
- La realizzazione della stazione di elevazione denominata 'B2', in Contrada Sticca, ricadente nel territorio del Comune di Roccamena (PA), è individuata al N.C.T. del Comune di Roccamena (PA) nel foglio di mappa n. 12, occupando la particella catastale n. 30;
- La realizzazione della stazione di elevazione denominata 'C', in Contrada Galardo, ricadente nel territorio del Comune di Roccamena (PA), è individuata al N.C.T. del Comune di Roccamena (PA) nel foglio di mappa n. 4, occupando la particella catastale n. 17;
- La realizzazione della stazione di consegna e Rete denominata 'Monreale 3', ricadente nel territorio del Comune di Monreale, Contrada Aquila, è individuata al N.C.T. del Comune di Monreale (PA) nel foglio di mappa 128, occupando la particella catastale n. 342.

Le coordinate geografiche (baricentro approssimativo) dei siti di impianto e delle stazioni Utente e Rete sono:

Coordinate Stazione Utente	Coordinate Stazione Rete	Coordinate Lotto A	Coordinate Lotto B	Coordinate Lotto C
Lat: 37.854444	Lat: 37.903056	Lat: 37.859841	Lat: 37.881053	Lat: 37.870515
Long: 13.241389	Long: 13.297778	Long: 13.066033	Long: 13.058682	Long: 13.096639



Figura 1 – Ubicazione area impianto e stazione di consegna (Google Earth)



Figura 2 A - Ortofoto dell'area della stazione ricadente sul territorio di Monreale (PA) Contrada Aquila

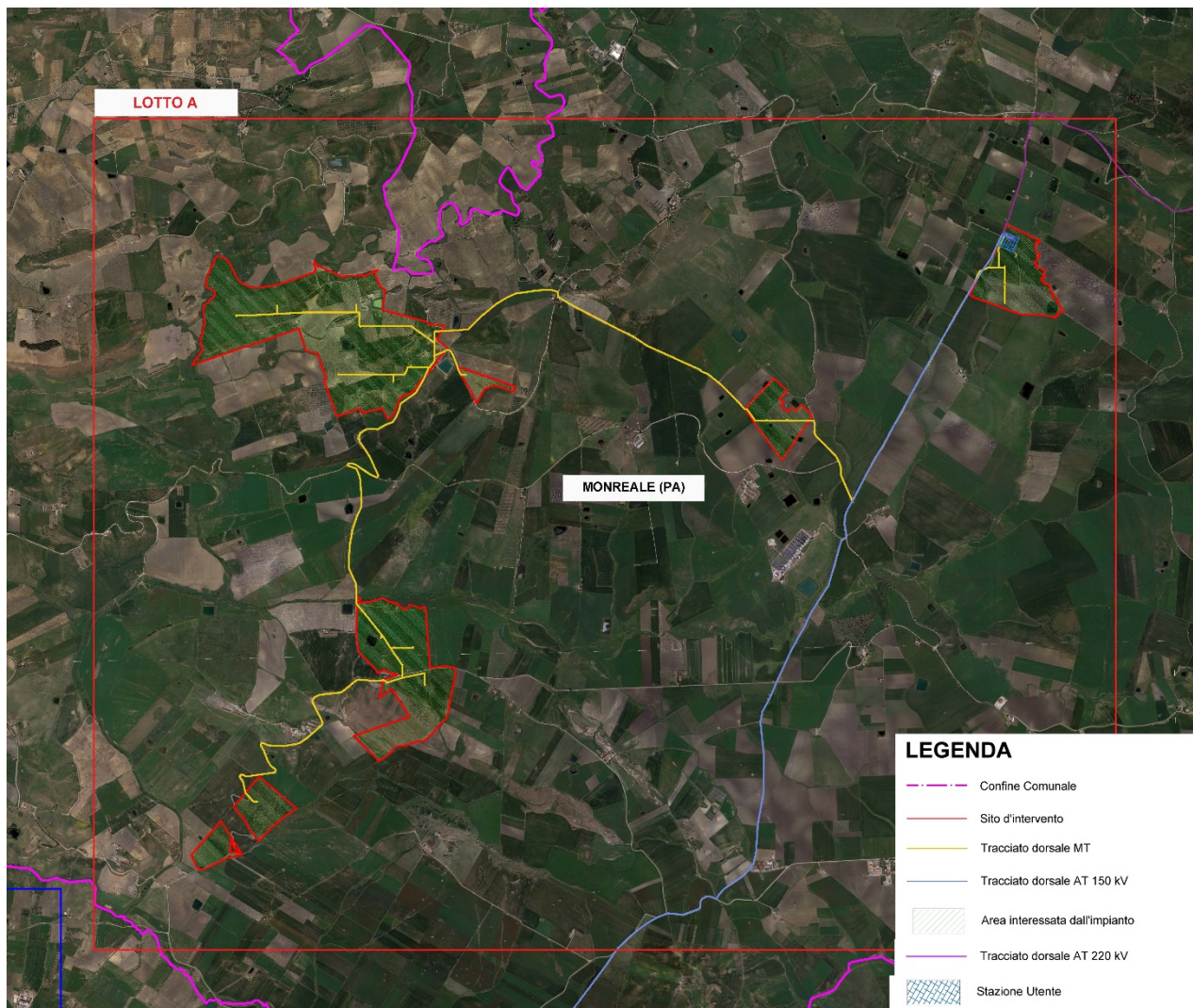


Figura 2 B - Ortofoto dell'area di impianto e stazione utente ricadente sul territorio di Monreale (PA) – Lotto A e cavidotto di connessione

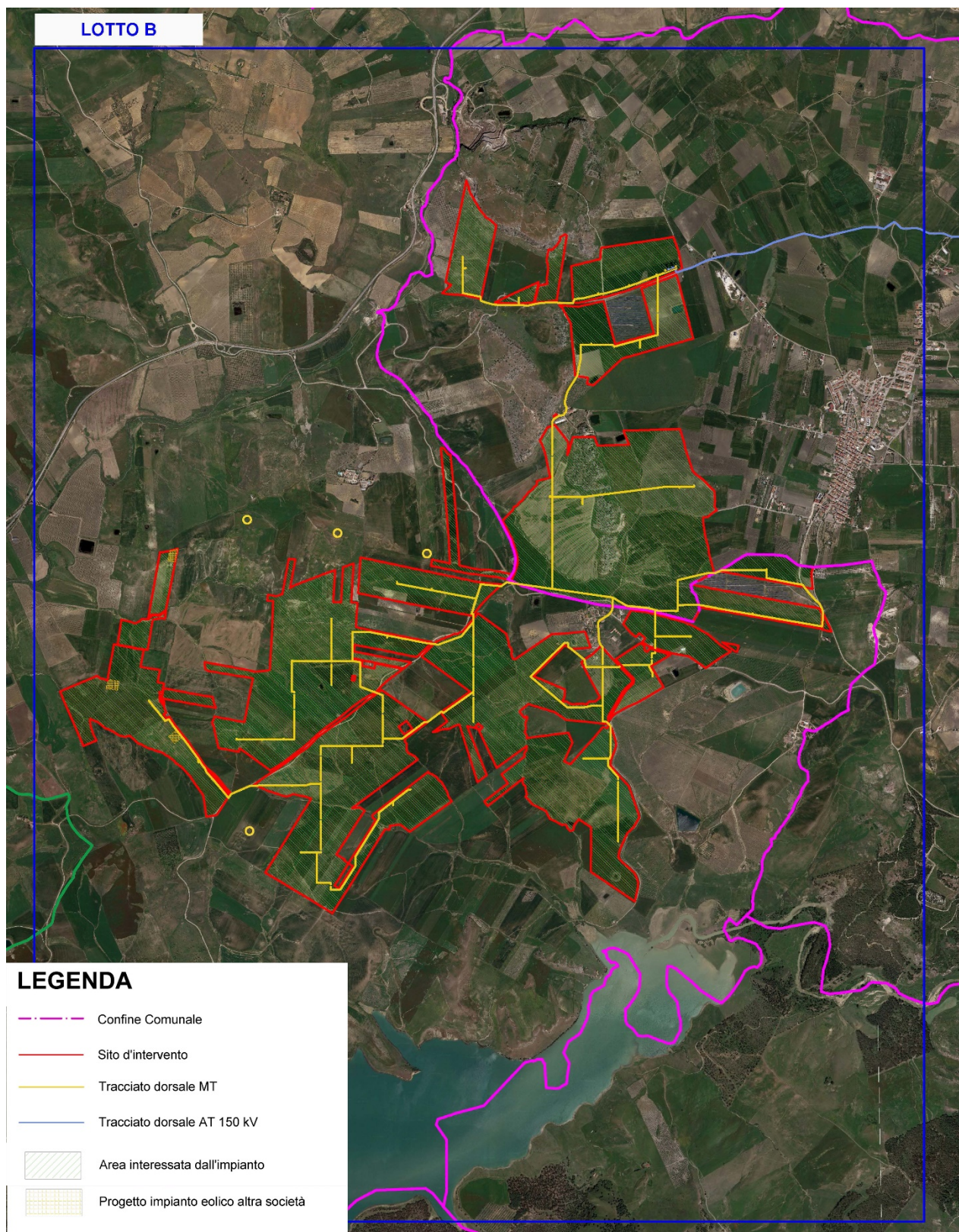


Figura 2 C - Ortofoto dell'area di impianto ricadente sul territorio di Monreale e Roccamena (PA) – Lotto B e cavidotto di connessione

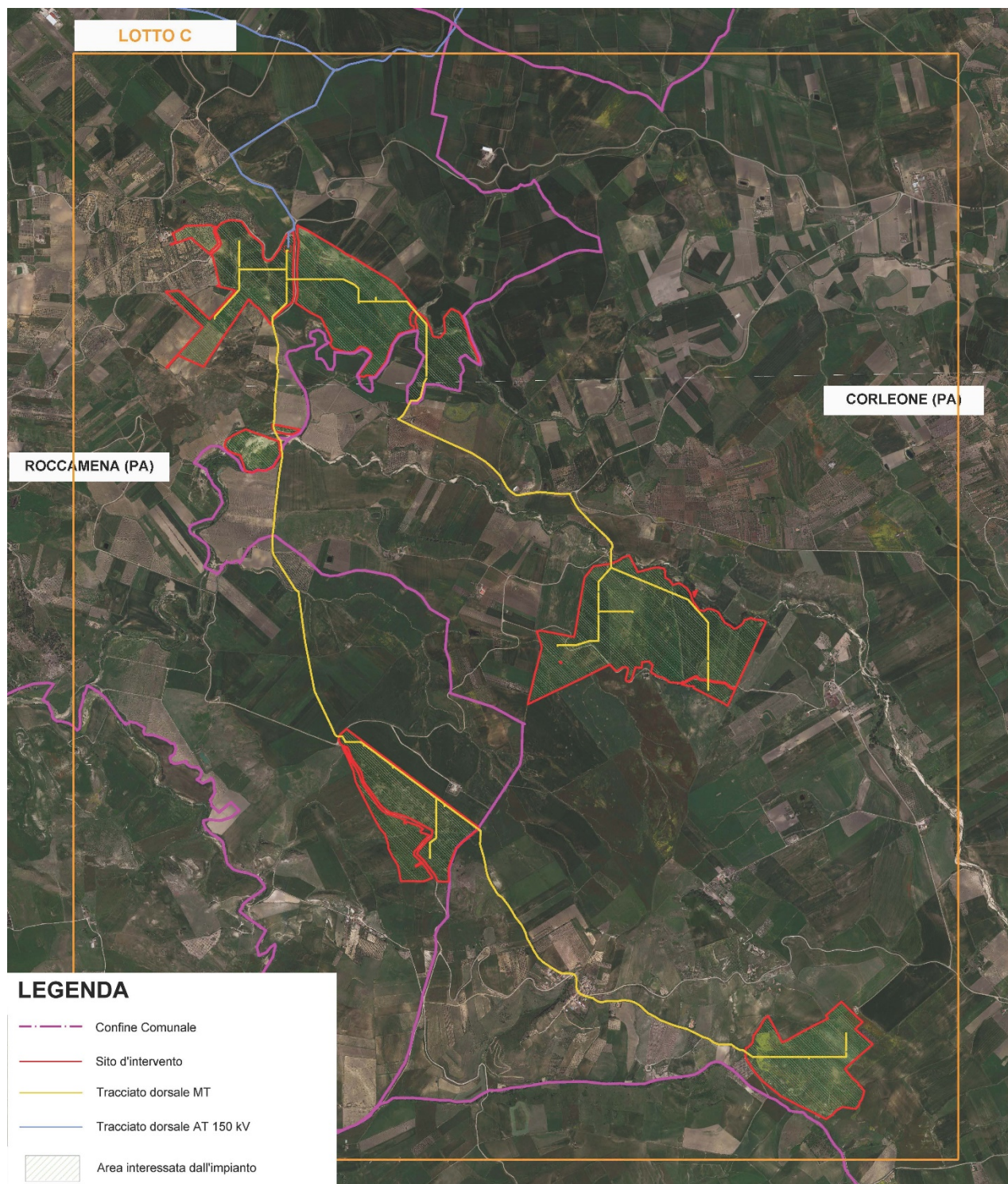


Figura 2 D - Ortofoto dell'area di impianto ricadente sul territorio di Roccamena e Corleone (PA) – Lotto C e cavidotto di connessione

Il sito dell'impianto agro-fotovoltaico è individuato nella porzione centroccidentale della Tavoletta "Piana degli Albanesi", Foglio N°258, Quadrante I, Orientamento N.O., nella Tavoletta "Rocche di Rao", Foglio N° 258, Quadrante I, Orientamento S.O., nella Tavoletta "Camporeale", Foglio N° 258, Quadrante IV, Orientamento S.E., nella Tavoletta "Monte Bruca", Foglio N° 258, Quadrante III, Orientamento N.E. e nella Tavoletta "Corleone", Foglio N° 258, Quadrante II, Orientamento N.O. della Carta d'Italia scala 1: 25.000 edita dall'I.G.M. (Figura 3) e nelle sezioni 607080 (stazione rete), 607070 (stazione utente, Arcivocalotto e Giangrosso), 607100 (sito Sticca), 607110 (sito Castellana e Giangrosso), 607140 (sito Balata e Gamberi), 607150 (sito Galardo, Petrulla e Giammaria) e 619030 (sito Giammaria) della Carta Tecnica Regionale in scala 1: 10.000 (Figure 4-7).

La S&P 12 s.r.l. ha ottenuto in data 19/07/2021 (cod. pratica 202100476) dal gestore di rete Terna la soluzione tecnica minima generale (STMG) per connettere 300 MWn sulla linea AT Ciminna-Partinico prevedendo che il parco fotovoltaico venga collegato alla Linea AT del distributore tramite la stazione a 220 kV di Monreale (PA).

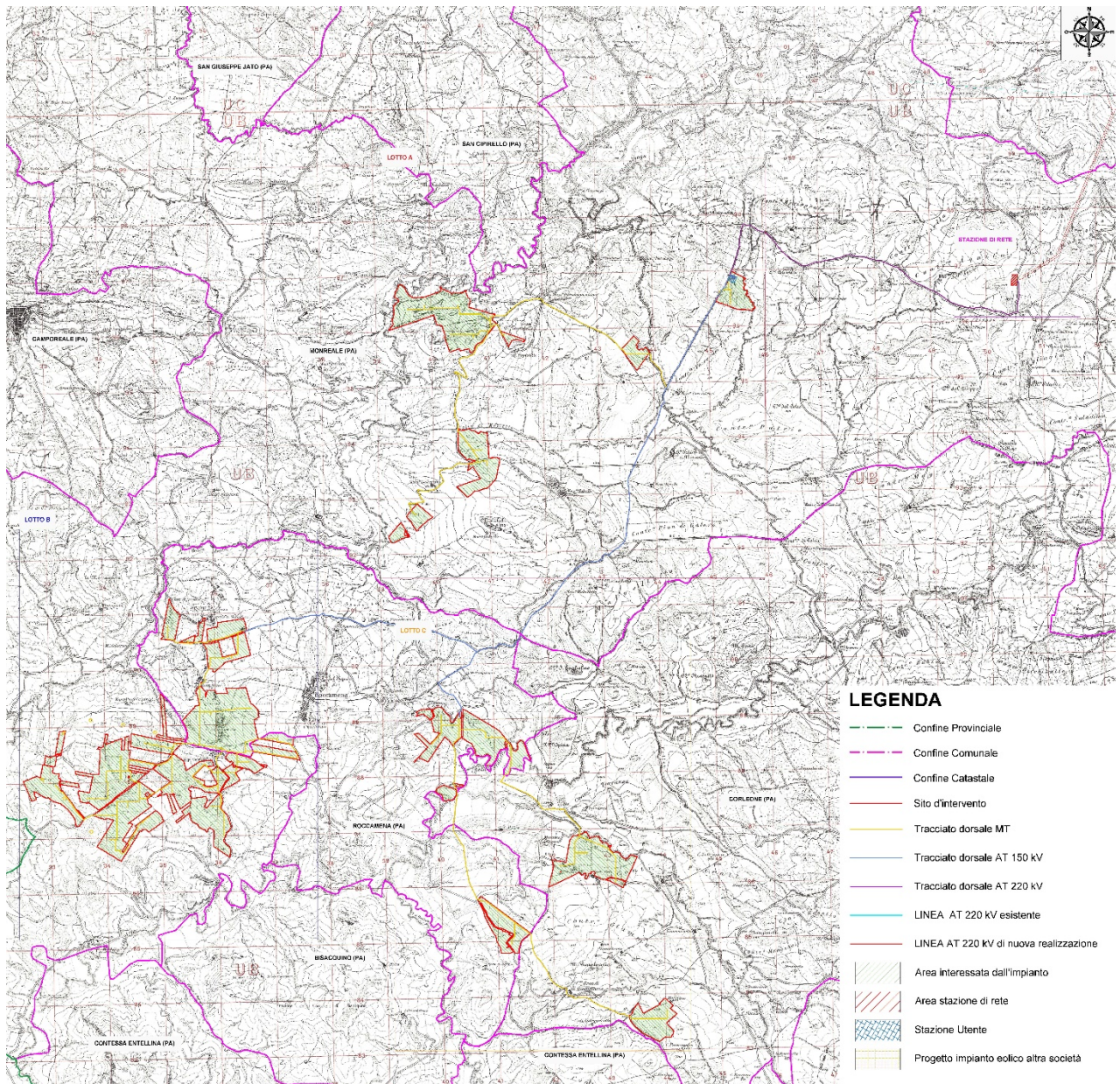


Figura 3 – Inquadramento territoriale di S&P 12 I.G.M. scala 1:25.000 (TAV. IT-COG)

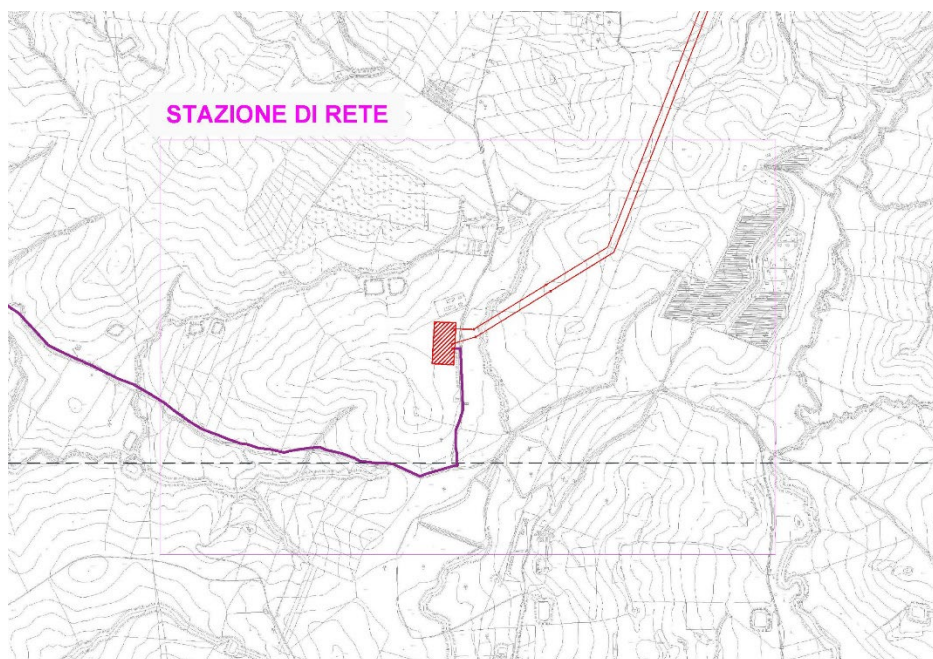


Figura 4 – Inquadramento territoriale dell'area della stazione ricadente sul territorio di Monreale (PA - Contrada Aquila) su C.T.R. scala 1:10.000

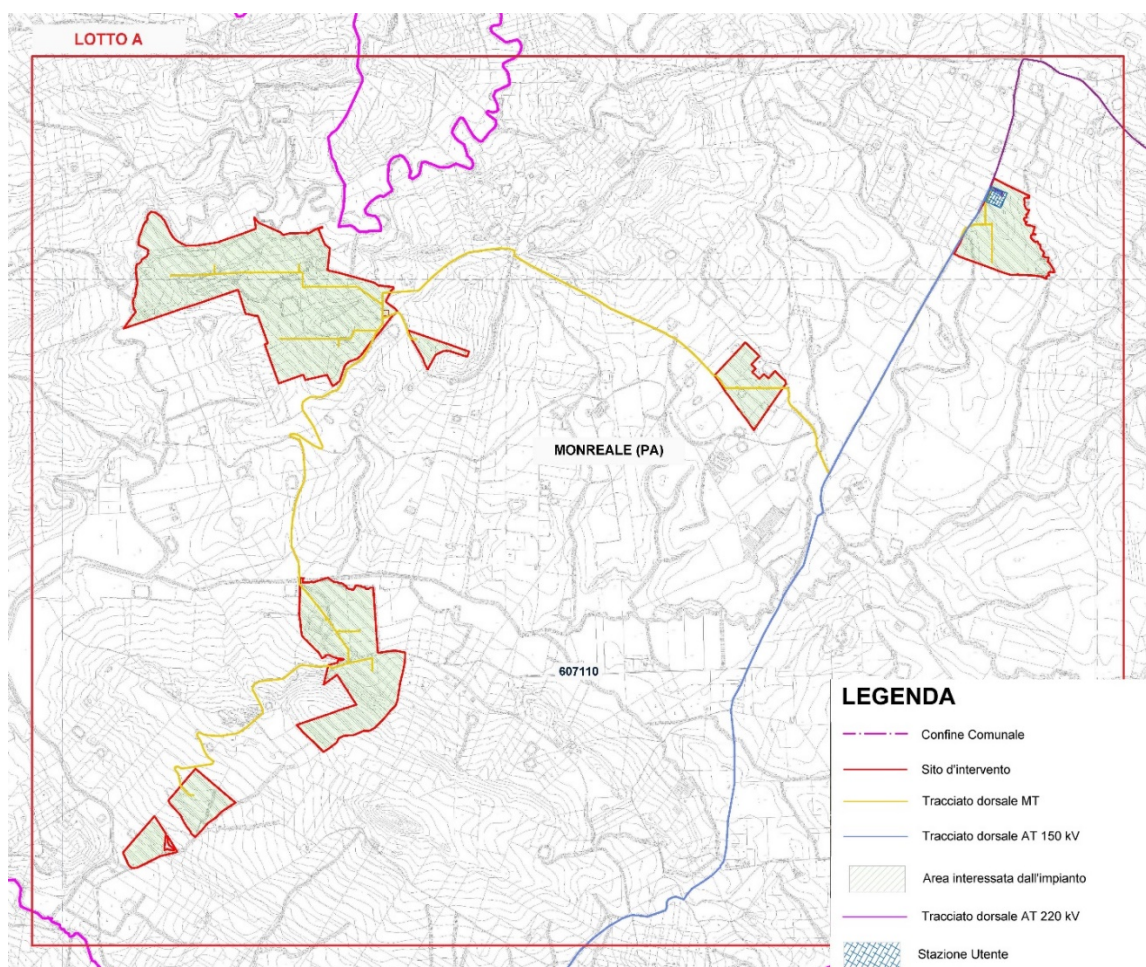


Figura 5 – Inquadramento territoriale dell'area di impianto ricadente nel territorio di Monreale (PA) Lotto A e cavidotto di connessione su C.T.R. scala 1:10.000

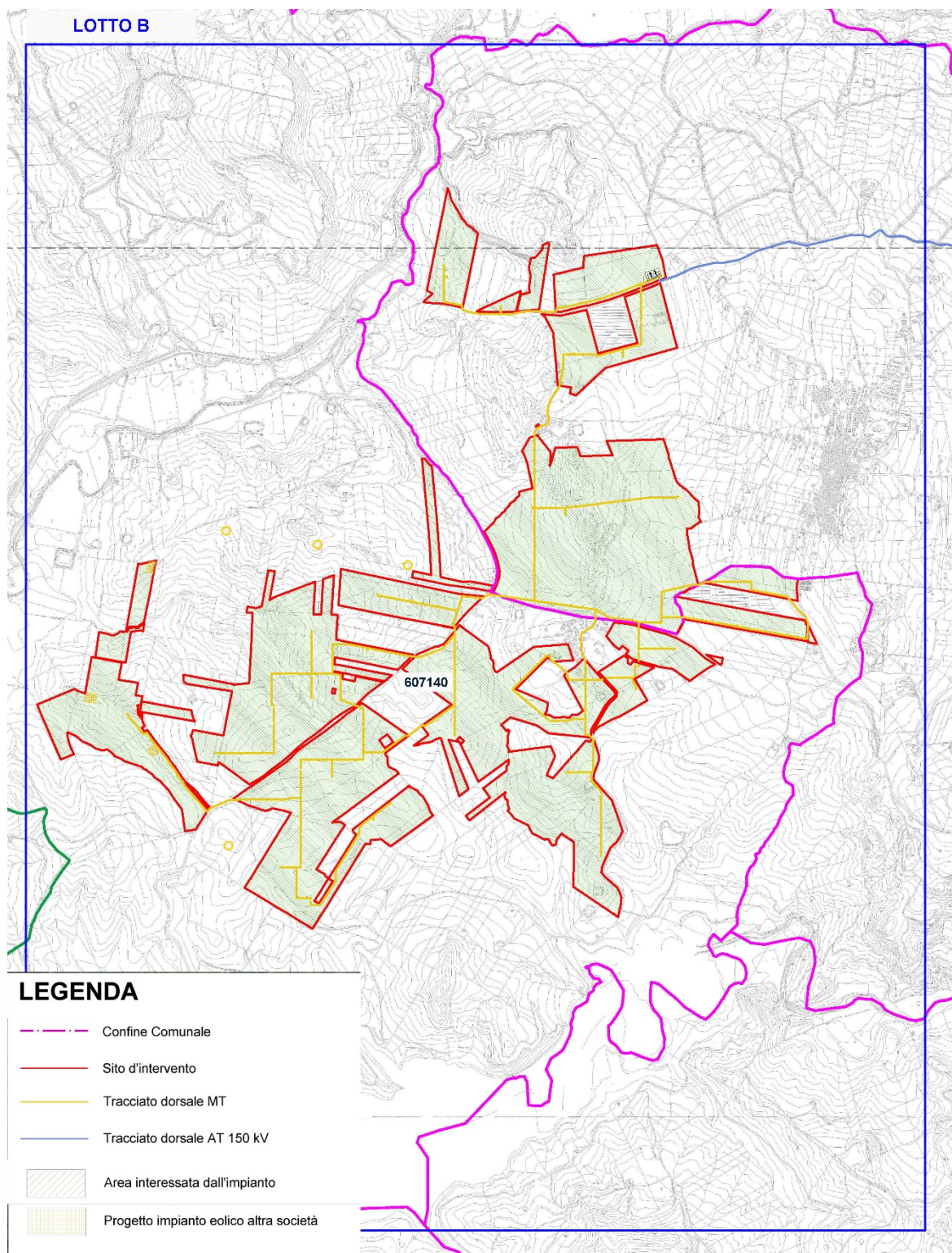


Figura 6 – Inquadramento dell'area di impianto ricadente sul territorio di Monreale e Roccamena (PA) – Lotto B e cavidotto di connessione su C.T.R. scala 1:10.000

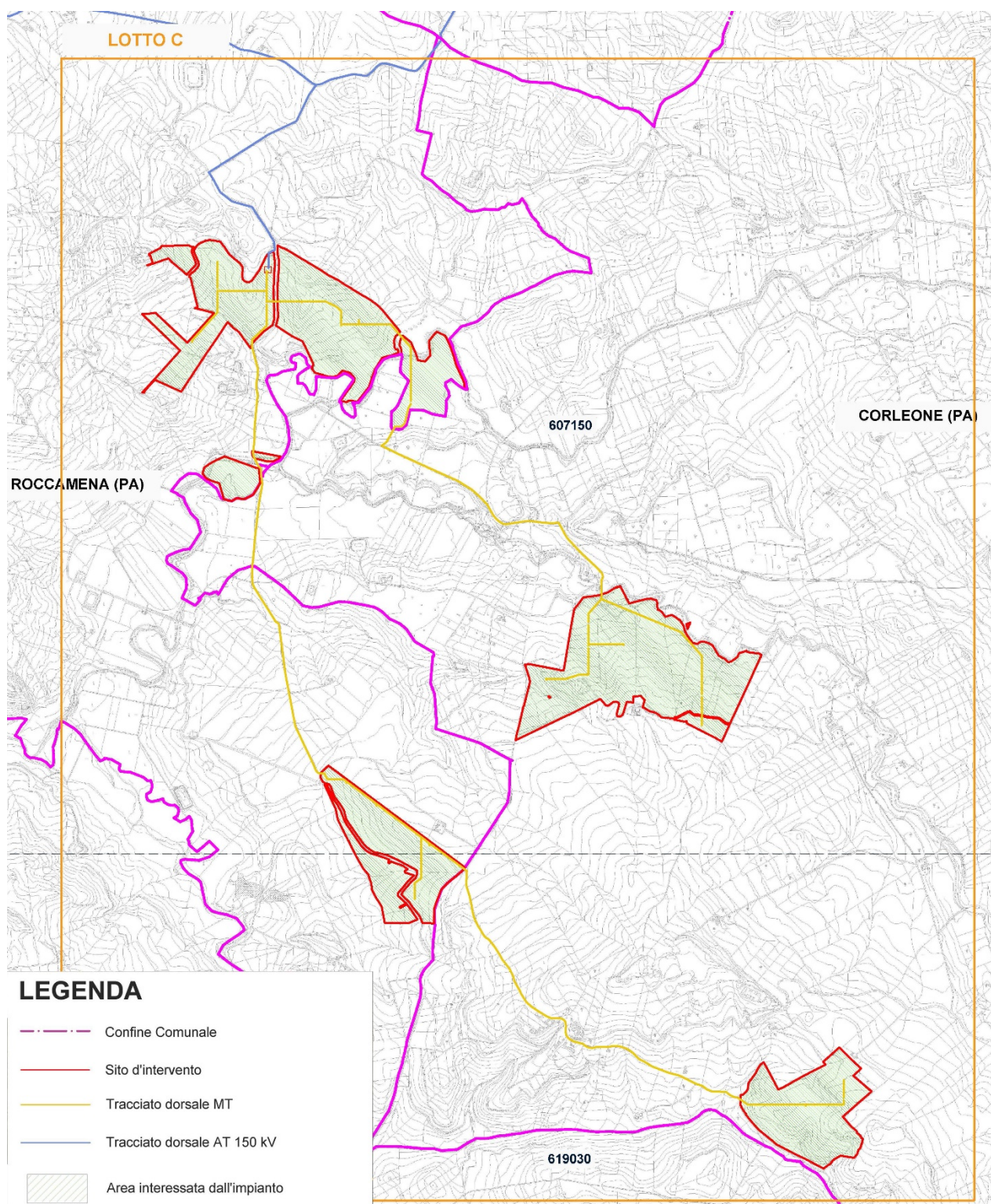


Figura 7 – Inquadramento dell'area di impianto ricadente sul territorio di Roccamena e Corleone (PA) – Lotto C e cavidotto di connessione su C.T.R. scala 1:10.000

L'accesso all'area in cui sarà realizzato l'impianto S&P 12 è raggiungibile attraverso due bretelle principali: l'autostrada A29 Palermo – Mazara del Vallo con uscita Gallitello e la SS 624 Palermo-Sciacca; il sito dell'impianto e della relativa stazione di trasformazione è raggiungibile attraverso una serie di strade statali (SS118 e SS 624) e provinciali (tra cui la SP4, SP27, SP42, SP44, SP59, SP97, SP107, SP113, SP133) che garantiscono il collegamento oltre che con l'impianto anche con i Comuni limitrofi.

Le aree di intervento ricadono nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia. L'eventuale interferenza con le aree a rischio idraulico è stata verificata, previa consultazione delle cartografie messe a disposizione dal SITR Regionale.

Dalle figure che seguono, si evidenzia come le aree della stazione di rete e del campo agro-fotovoltaico, non interferiscono con le perimetrazioni della pericolosità e del rischio idraulico.

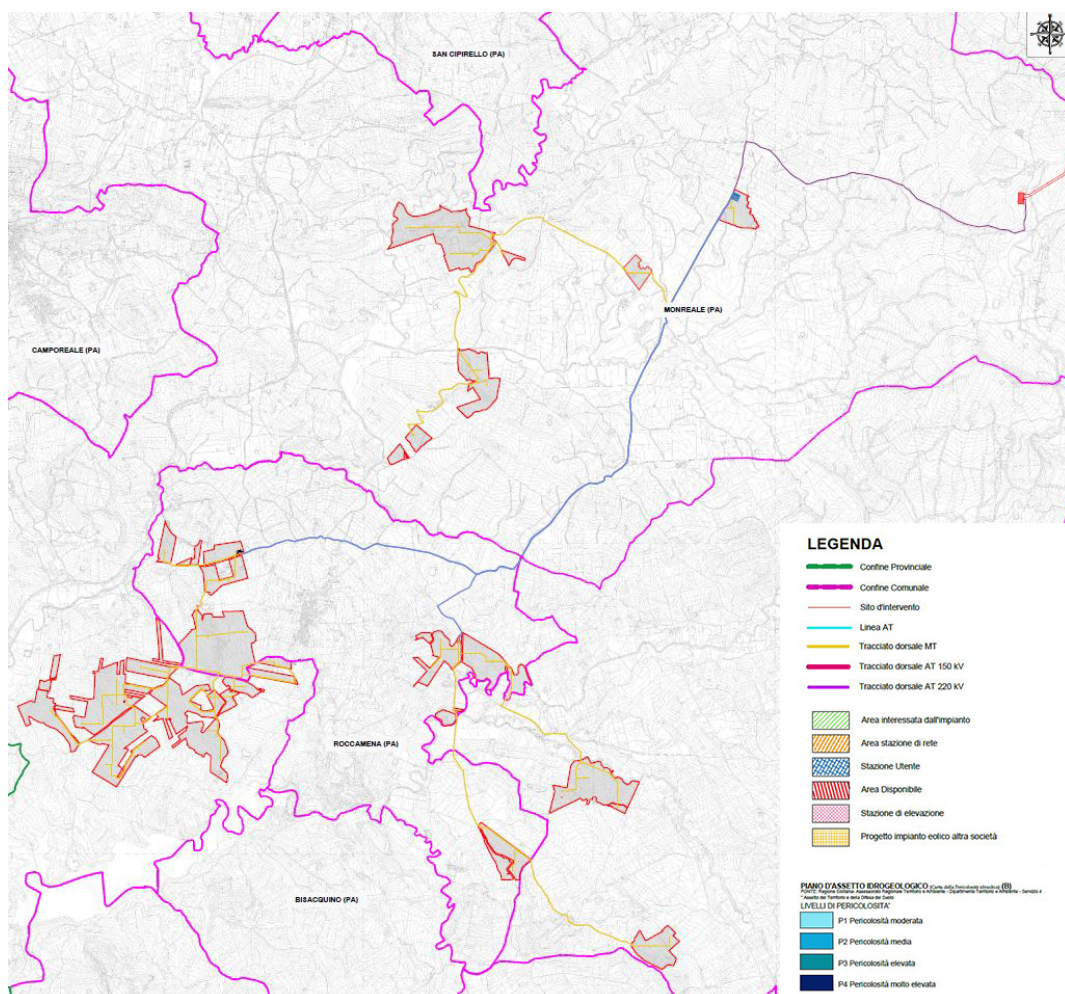


Figura 8 - Carta della pericolosità idraulica dell'area di impianto e di stazione di S&P 12 (Comuni di Corleone, Monreale, Roccamena) [Fonte Regione Sicilia P.A.I.]

3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Dall'analisi del P.A.I. si rileva che l'area oggetto di intervento ricade all'interno del bacino idrografico indicato come "BAC 057" - Fiume Belice.

Il bacino del F. Belice, esteso per circa 950 km², si sviluppa lungo una direttrice NE-SW dalle aree a sud dei Monti di Palermo fino alla costa meridionale della Sicilia, tra Punta Granitola e Capo S. Marco. Esso confina, nella zona settentrionale, con i bacini del F. Jato e del F. Oreto; ad occidente lo spartiacque è comune con il bacino del Fiumefreddo e a SW con quello del F. Modione. Dal lato orientale, da nord a sud confina con i bacini del F. San Leonardo, F. Verdura, F. Carboj e con alcuni bacini minori. I centri abitati compresi parzialmente o interamente all'interno del bacino del Belice sono quelli di Bisacquino, Campofiorito, Camporeale, Contessa Entellina, Corleone, Montevago, Partanna, Piana degli Albanesi, Poggioreale, Roccamena, Salaparuta, S. Cristina Gela e S. Margherita Belice.

In generale, nell'arco di ogni singolo anno i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale ottobre-febbraio mentre le precipitazioni diventano decisamente di scarsa entità nel periodo compreso tra maggio e settembre.

Dai dati termo-pluviometrici presenti nel PAI è possibile evidenziare che l'andamento climatico è assimilabile a quello medio della Sicilia nord-occidentale: pertanto, è classificabile come temperato-mediterraneo, poiché caratterizzato da un periodo piovoso che ricade nel periodo ottobre-aprile e minimi stagionali da giugno ad agosto, quando si raggiungono le temperature più elevate.

Seppur le aree di impianto non ricadono in aree a pericolosità/rischio idraulico, considerata la presenza di elementi del reticolo in prossimità delle aree di intervento, si procederà ad uno studio di idrologico ed idraulico di dettaglio, mirato alla determinazione dei profili di corrente e alla verifica dei fossi esistenti.

Più in particolare saranno effettuate le seguenti verifiche in moto permanente monodimensionale dei fossi naturali prossimi alle aree di impianto agro-fotovoltaico e dell'area della stazione di rete. Il presente capitolo ha l'obiettivo di definire la curva di probabilità pluviometrica necessaria alla progettazione delle opere idrauliche per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche.

La pioggia è all'origine del processo di formazione delle portate di piena nei bacini idrografici relativi all'area in esame. I fenomeni metereologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi da non potere essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali e al contorno note. Pertanto, sotto il profilo pratico, lo studio delle piogge si limita ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche.

Nel caso in esame, la risposta idrologica dei bacini è condizionata da brevi tempi di corrivazione e, pertanto, le precipitazioni rilevanti sono quelle d'intensità elevata e breve durata. La maggior

parte dei metodi che l'idrologia propone per ricostruire eventi di piena sono metodi indiretti, ossia metodi che stimano l'idrogramma di piena utilizzando un modello di trasformazione piogge-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia.

In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno (assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento).

4 METODO TCEV SICILIA – PIOGGE BREVI - SUPERFICI DI INFLUENZA

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.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI Sicilia (*Ferro e Cannarozzo, 1993*) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

Nel *primo livello di regionalizzazione* si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico G_t 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: $Z_0 - Z_5$, Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 .

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

(tabella 4.1), che risulta indipendente dalla durata. Le sottozone Z_0 e Z_5 , 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 $h'_{t,T} = h_t/\mu$ (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:

$$h'_{t,T} = K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

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

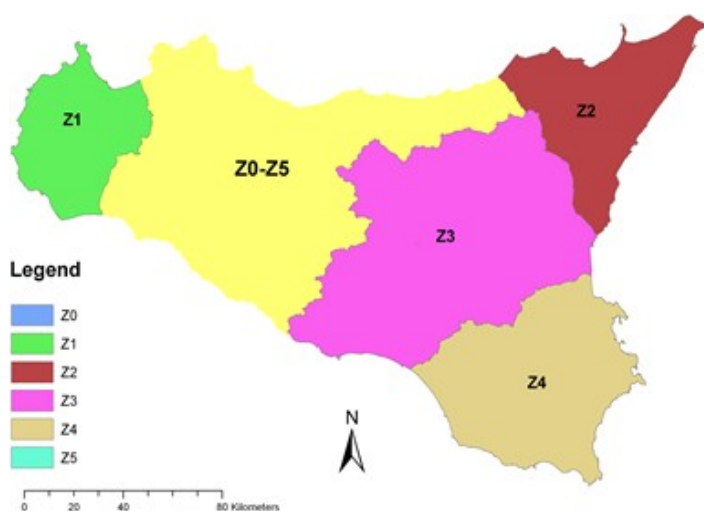


Figura 9: Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

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.

Sottozona Parametro	Z_0	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Λ_1	24,429	19,58	17,669	14,517	15,397	24,402

Tabella 1: Valore del parametro Λ_1 per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

Sottozona Parametro	$Z_0 - Z_5$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
a	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
b	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tabella 2: Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al., 2007).

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:

$$h_{t,T} = K_T \cdot \mu(t)$$

in cui $h_{t,T}$ 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 (Cannarozzo et al, 1995). Nelle figg. a seguire è possibile vedere la variazione dei coefficienti a ed n per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

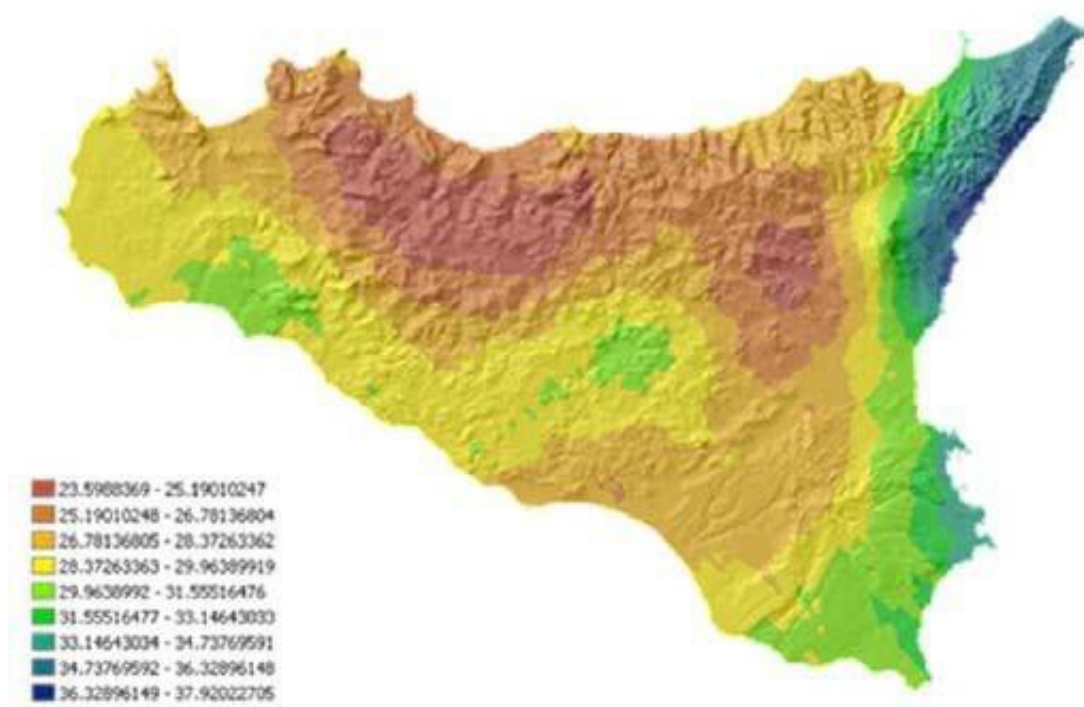


Figura 10 A: Valori dei coefficienti a per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

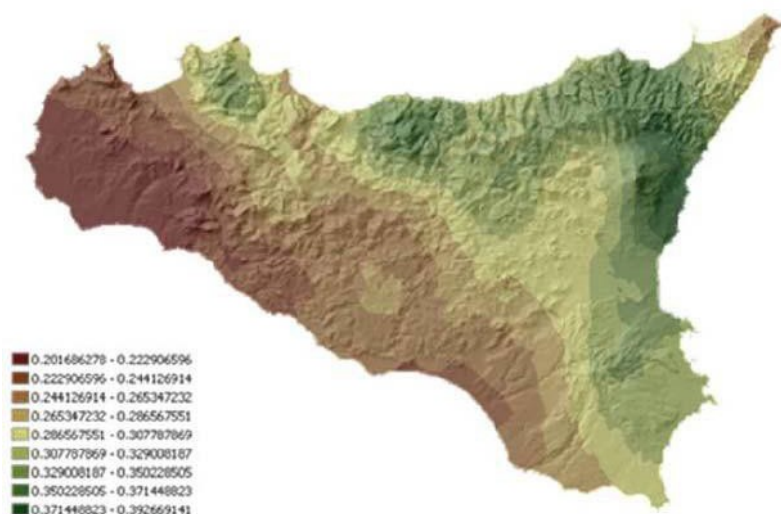


Figura 10 B: Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007).

Sono quindi stati calcolati, per il tempo di ritorno di interesse $T = 100$ anni i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata $h_{t,T}$ e la legge di probabilità pluviometrica.

SUPERFICI DI INFLUENZA E CALCOLI

- **CALCOLO DELLA C.P.P.**

I bacini oggetto del presente studio si trovano nella sottozona pluviometrica omogenea Z_1 : il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appropriati valori dei coefficienti a e b :

$$K_t = 0.4685 \ln(T) + 0.5117$$

Fissato il tempo di ritorno della sollecitazione meteorica di progetto ed individuata la stazione pluviometrica più vicina al sito in esame, è quindi possibile calcolare le altezze di pioggia di data frequenza di accadimento e di fissata durata.

I valori di a ed n da utilizzare sono stati desunti dalle figg. 10A e 10B , nello specifico:

$a = 26,78$ ed $n = 0,244$.

È quindi possibile individuare la curva di probabilità pluviometrica per i siti in esame, per i corrispondenti tempi di ritorno.

Tabella Valori di riferimento Stazione					
T	a	b	K_T	a	n
5	0,4485	0,5117	1.2335	26,78	0,244
100	0,4485	0,5117	2,5771	26,78	0,244
200	0,4485	0,5117	2.8880	26,78	0,244
300	0,4485	0,5117	3.0698	26,78	0,244

Tabella 3a: Fattori di crescita Stazione

Tabella Valori di riferimento Campo Agro-fotovoltaico					
T	a	b	K_T	a	n
5	0,4485	0,5117	1.2335	26,78	0,244

Tabella 3b: Fattori di crescita impianto agro-fotovoltaico

- PIOGGE BREVI

È necessario inoltre osservare che poiché gli eventi di pioggia brevi e quelli lunghi seguono differenti dinamiche meteorologiche, dai campioni di altezze h_t aventi durate $1 \div 2 \text{ ore} \leq t \leq 24$ non può essere tratta alcuna informazione inerente agli eventi brevi.

La curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non può essere pertanto estrapolata per valori della durata t inferiore ad un'ora. È stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno T è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata t espressa in minuti. Il legame funzionale, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso nella forma seguente, utilizzando la formula di Ferreri-Ferro, in cui il coefficiente "s" è stato opportunamente calibrato da Ferro e Bagarello (*"Rainfall depth-duration relationship for South Italy", 1996*).

$$h_{t,T}/h_{60,T} = (t/60)^{0.386}$$

- SUPERFICI DI INFLUENZA

Date le ridotte dimensioni dei bacini ($S < 10 \text{ km}^2$), non verrà effettuato il ragguaglio parziale delle precipitazioni ($ARF=1$).

Il tracciamento dei bacini idrografici è stato effettuato facendo riferimento alla carta CTR 10.000. Considerata lo sviluppo planimetrico dell'asta principale, il calcolo delle portate è stato effettuato su 24 sottobacini.

5 MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI

Le portate di progetto sono state calcolate attraverso metodi indiretti, che consentono la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che si abbattano sui diversi bacini. Nello specifico, si è valutata la portata di piena con la formula razionale. La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno T mediante la seguente relazione:

$$Q_T = \frac{\phi \cdot i_T \cdot S}{3,6}$$

ove:

- Q_T è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T ed è espressa in m³/s;
- ϕ è il coefficiente di afflusso, adimensionale;
- i_T è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempo di corrivazione) in mm/h;
- S è la superficie del bacino espressa in km²;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

La modellazione matematica dei fenomeni idrologico-idraulici, innescati dalle precipitazioni sull'area di progetto, segue il processo descritto nei paragrafi seguenti.

- INDIVIDUAZIONE DELLA PIOGGIA CRITICA

Dopo avere ricostruito le relazioni intensità-durata-frequenza (IDF, espresse dalla c.p.p.) è necessario individuare la *intensità critica* della precipitazione, cioè l'intensità costante di quella pioggia, supposta anche uniformemente distribuita sul bacino, che determina la portata massima nell'idrogramma di piena di tempo di ritorno T.

La pioggia critica è quella di intensità pari al *tempo di corrivazione* o *di concentrazione*, definito come segue:

- il tempo di corrivazione di un bacino è quello necessario alla goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino;
- il tempo di corrivazione è quel tempo che, una volta eguagliato dalla durata della precipitazione (precipitazione *critica*, ovvero che mette in crisi la rete idrografica), determina il raggiungimento del valore più elevato di portata nella sezione di chiusura del bacino.

Esso può essere calcolato tramite diverse formule; nel caso in esame, e cioè per piccoli bacini (aventi estensione inferiore a 10 km²), il tempo di corrivazione è calcolato attraverso la formula di Kirpich:

$$t_c = 0.01947 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

dove t_c è espresso in minuti, L (lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque) è espressa in metri ed i è la pendenza media del percorso (m/m).

- IL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO

L'infiltrazione costituisce il fenomeno di maggiore rilevanza per la determinazione del bilancio tra pioggia sul bacino e pioggia efficace ai fini del deflusso nei bacini scolanti. Nell'applicare un modello afflussi-deflussi risulta pertanto necessario quantificare le perdite per infiltrazione allo scopo di potere valutare la pioggia netta, ovvero quella che dà effettivamente luogo al deflusso.

Nel presente studio, all'interno della formula razionale, è stato utilizzato il *metodo del coefficiente di afflusso* Φ . Tale coefficiente rappresenta il rapporto tra il volume totale di deflusso e il volume totale di pioggia caduto sull'area sottesa ad una data sezione, e il suo uso comporta considerare le perdite proporzionali all'intensità media di pioggia.

La stima del valore di ϕ , relativamente a ciascuna superficie omogena (tipo di suolo, tessitura, caratteristiche locali di permeabilità) è stata condotta facendo riferimento ai valori tabellati da Benini (*Sistemazioni idraulico-forestali*, 1990) come segue in tabella 4a.

Nello specifico, si sono utilizzati i seguenti valori del coefficiente di afflusso ϕ :

$\phi = 0,6$ per l'intera area drenante appartenente allo strato superficiale argilloso nella relazione geologica allegata al progetto.

Ai fini del calcolo della portata di progetto, il coefficiente di afflusso è stato calcolato secondo la formula seguente:

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i \cdot A_i}{A_{tot}}$$

ove ϕ_i è il coefficiente di afflusso dell'area elementare A_i ed A_{tot} è la superficie complessiva del bacino. In questa maniera, il valore del coefficiente di afflusso per i bacini analizzati è dato dalla media pesata dei coefficienti di ciascuna area elementare in cui il bacino è divisibile.

Copertura del bacino	Pendenza dei versanti	Tipo di suolo		
		Terreni Leggeri	Terreni di medio impasto	Terreni compatti
Boschi	> 10%	0.13	0.18	0.25
	< 10%	0.16	0.21	0.35
Pascoli	> 10%	0.16	0.36	0.56
	< 10%	0.22	0.42	0.62
Colture agrarie	> 10%	0.40	0.60	0.70
	< 10%	0.52	0.72	0.82

Tabella 4a : Valori del coefficiente ϕ del metodo razionale per diversi tipi di superficie, in funzione della tipologia di suolo e della copertura del bacino (Benini, 1990 e Ferro, 2006).

IL CALCOLO DELLE PORTATE

Per ciascun bacino, i valori delle portate Q per il tempo di ritorno di interesse T , insieme agli altri parametri posti alla base del calcolo, sono riassunti nelle tabelle sottostanti.

Nello specifico, le grandezze caratteristiche poste a base dei calcoli, insieme alle rispettive U.M. sono:

- ID Bacino delle varie aree dell'impianto;
- Superficie del bacino drenante S (sia in m^2 che in km^2);
- Lunghezza dell'asta principale L (in m);
- Quota massima dell'asta principale, H_{max} (m);
- Quota minima dell'asta principale, H_{min} (m);
- Dislivello geodetico tra gli estremi dell'asta, Δh (m);
- Pendenza media del percorso i (%);
- Durata dell'evento pluviometrico critico, pari al tempo di corrivazione t_c (in minuti);
- Coefficiente di afflusso ϕ ;
- Valore dell'intensità critica i_T (mm/h);
- Portata al colmo della piena, Q , (in m^3/s);

Le tabelle che seguono sono pertanto relative al calcolo della portata di progetto (relativa a ciascun bacino) causata da un evento pluviometrico critico di fissato tempo di ritorno T .

ID Bacino	Portate di progetto			
	Superficie S		Lunghezza asta principale L	Portata al colmo di piena Q
	ha	m ²	m	m ³ /s
1	397.82	3978158.58	2650	29.08
2	51.96	519599.38	1300	4.26
3	156.57	1565731.26	2350	11.93
4	604.77	6047728.1	5720	25.21
5	141.13	1411265.97	1582	12.39
6	247.34	2473380.42	2685	17.07
7	602.63	6026311.51	4050	28.74
8	132.18	1321831.35	2020	7.74
9	390.53	3905299.20	5600	20.04
10	122.46	1224648.07	2570	9.55
11	208.37	2083674.70	1500	18.63
12	173.08	1730753.28	1430	17.26
13	40.19	401946.23	686	4.40
14	38.09	380905.49	785	3.87
15	118.25	1182489.87	1550	11.42
16	620.23	6202321.23	4090	36.18
17	410.75	4107481.42	4150	27.09
18	188.21	1882134.34	1470	16.03
19	78.52	785195.80	1135	7.51
20	132.19	1321914.80	1875	11.36
21	218.28	2182785.28	1625	17.50
22	99.95	999459.39	1841	8.18
23	26.21	262065.28	568	3.00

Tabella 5a: portate di progetto impianto agro-fotovoltaico TR 5

ID Bacino	Portate di progetto			
	Superficie S		Lunghezza asta principale L	Portata al colmo di piena Q
	ha	m ²	m	m ³ /s
B1 - STAZIONE - TR 5	73.97	739674.19	930	21.3
B1 - STAZIONE - TR 100	73.97	739674.19	930	44.49
B1 - STAZIONE - TR 200	73.97	739674.19	930	49.86
B1 - STAZIONE - TR 300	73.97	739674.19	930	53.00

Tabella 5b: portate di progetto Stazione TR 5 - 100 - 200 - 300

Si riporta a seguire un estratto della tavola SP12EPD022_00-SeP_12-BACINI-SCOLANTI con individuazione dei bacini scolanti con l'evidenza dei bacini oggetto di calcolo.

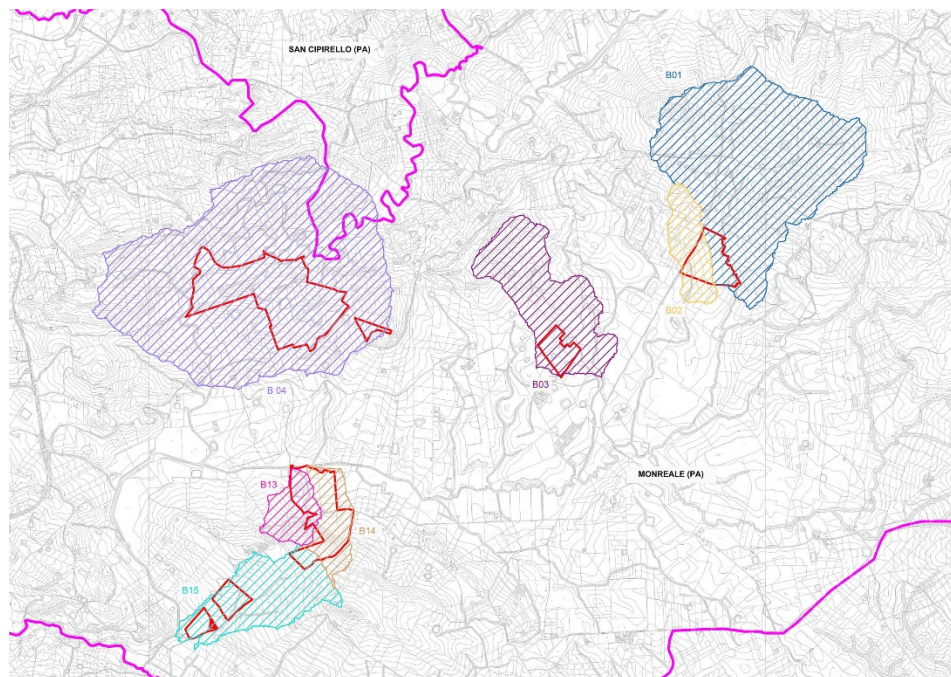


Figura 11 A: Indicazione Bacini Scolanti – Lotto A

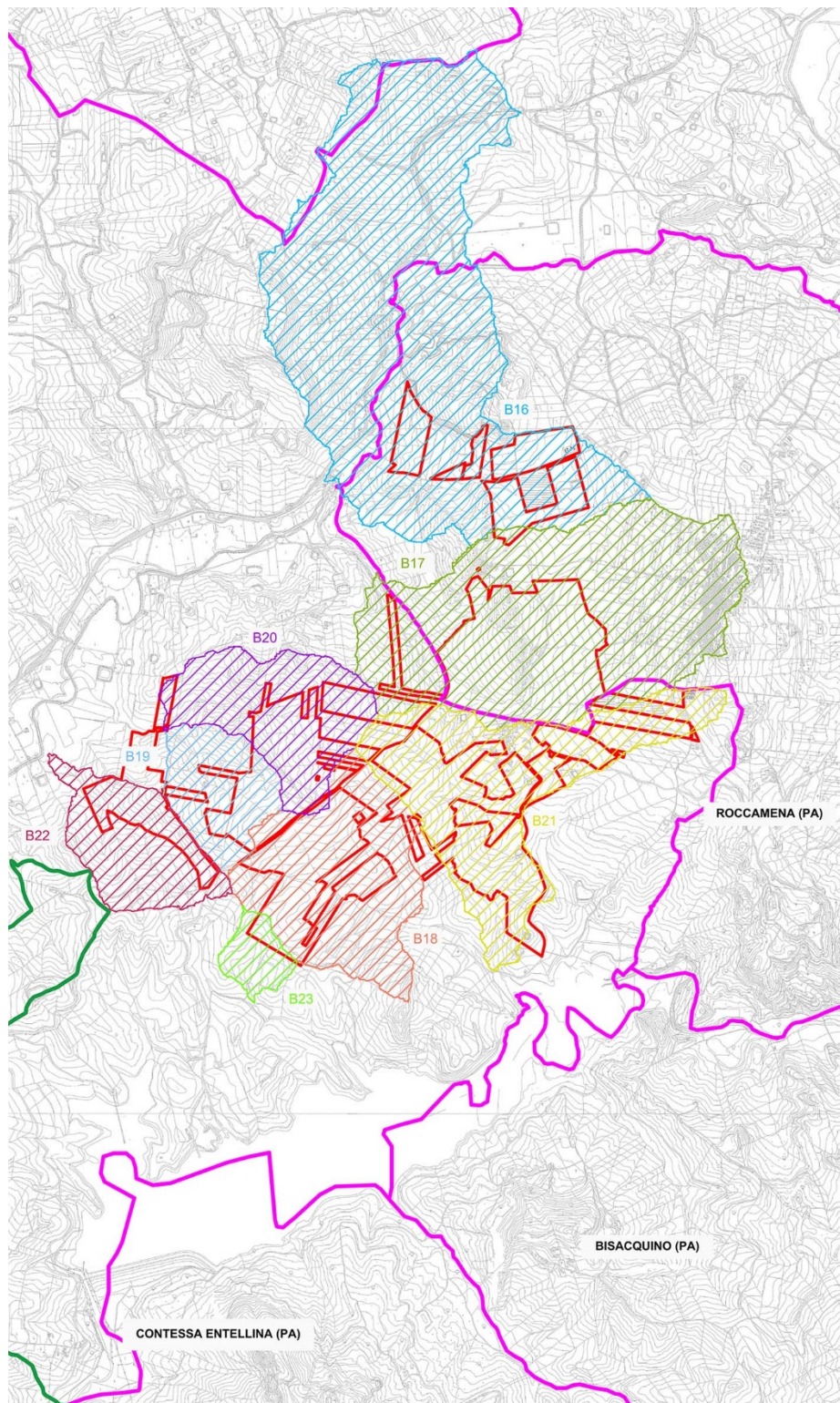


Figura 11 B: Indicazione Bacini Scolanti – Lotto B

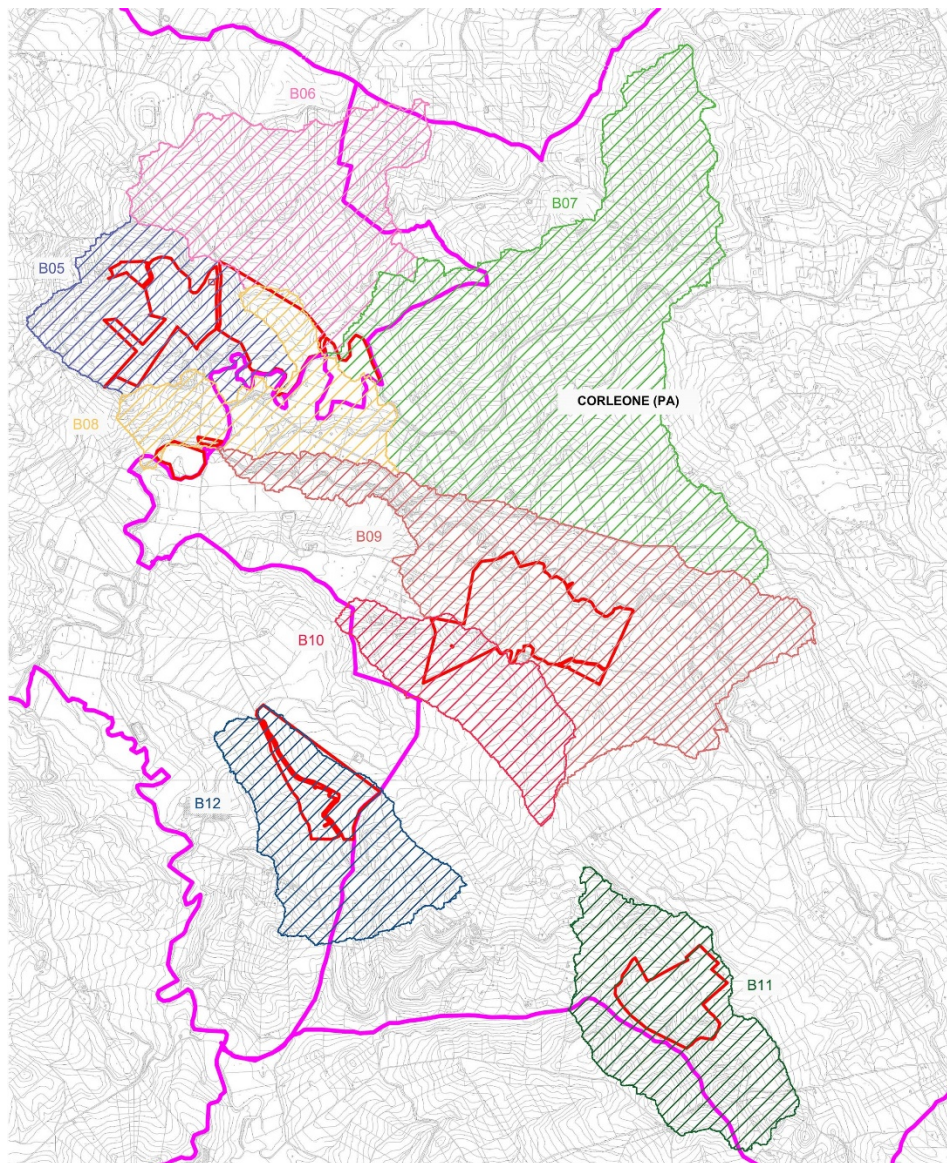


Figura 11 C: Indicazione Bacini Scolanti – Lotto C

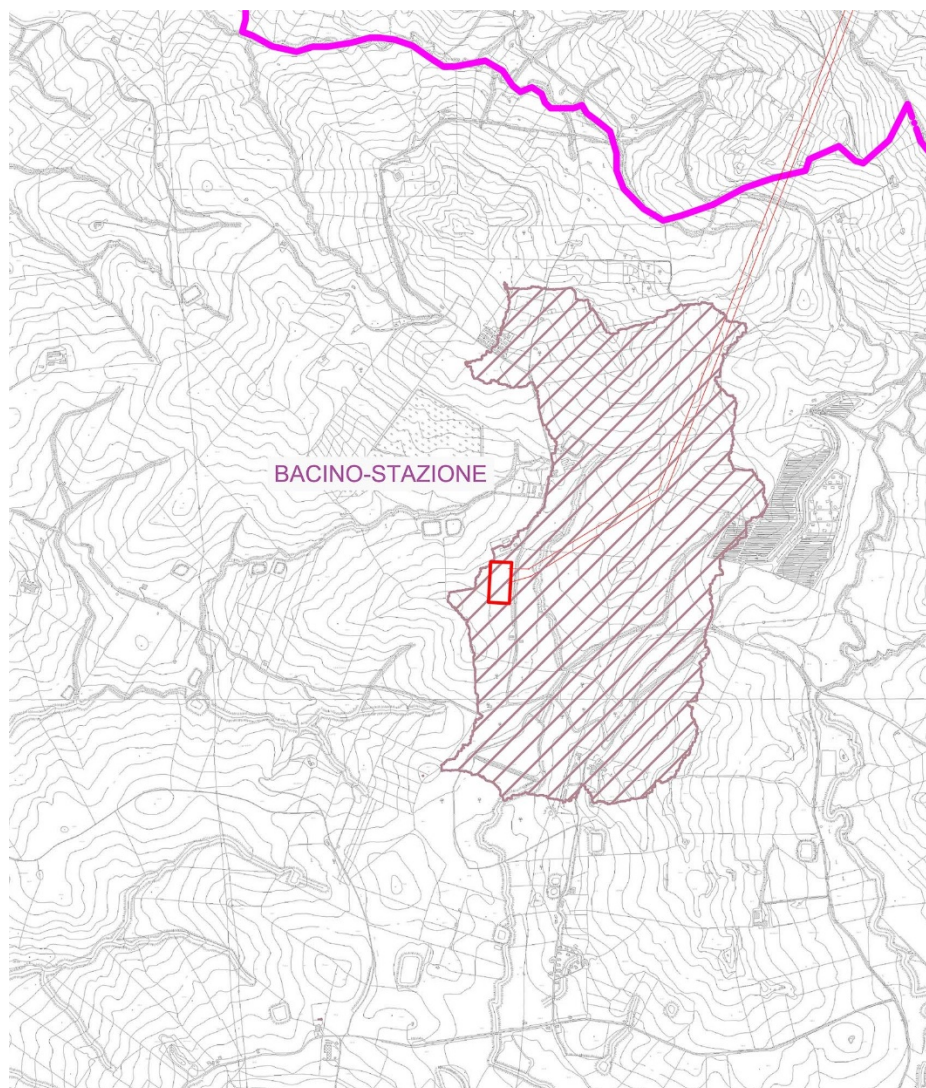


Figura 11 D: Indicazione Bacini Scolanti – Stazione di rete

6 VERIFICHE IDRAULICHE

Nei paragrafi a seguire verranno mostrate le fasi e le scelte progettuali delle verifiche e delle modellazioni idrauliche in moto permanente monodimensionale, quest'ultime effettuate per alcune aste del reticolo, per la definizione dei profili di corrente, durante il passaggio delle piene di progetto con tempi di ritorno 100, 200 e 300 anni in prossimità della stazione di rete e tempi di ritorno 100 anni in prossimità dell'impianto agro-fotovoltaico.

6.1 Modello di calcolo utilizzato

La simulazione della propagazione dell'onda di piena lungo i tratti del bacino considerato, con conseguente ricostruzione delle aree di inondazione in prossimità dell'area di interesse, per dato tempo di ritorno, è stata effettuata in moto permanente monodimensionale con l'ausilio del software HEC-RAS 5.0.7 sviluppato dall' "Hydrologic Engineering Center" dello US Army Corps of Engineers, in ottemperanza alle procedure di "metodologia completa" dettate dal PAI.

Il codice di calcolo permette di descrivere in maniera dettagliata la geometria delle singole sezioni idrauliche, tenendo conto di scabrezze differenti, non solo in diversi tratti del corso d'acqua, ma anche all'interno della stessa sezione (ad esempio per differenziare le zone golenali e il canale principale).

Per l'analisi del moto, HEC RAS richiede la portata nota su ogni ramo (o parte di esso), inoltre è necessario definire le condizioni al contorno a monte e a valle dei rami unitamente alle caratteristiche delle confluenze; il software permette di imporre una corrente lenta, un regime di corrente veloce ovvero di determinare autonomamente il profilo della corrente in regime misto.

Le condizioni al contorno utilizzabili sono:

- altezza nota del pelo libero;
- passaggio per l'altezza critica;
- altezza di moto uniforme (per una particolare pendenza assegnata), condizione utilizzate per le simulazioni qui esposte.
- scala delle portate.

Nello specifico il calcolo dei profili di corrente viene effettuato all'interno del software attraverso la risoluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia tra due sezioni consecutive, mediante un processo iterativo (standard step method), in cui le perdite di carico sono valutate tramite il coefficiente di scabrezza di Manning.

L'analisi idraulica ha lo scopo di determinare i profili di corrente relativi ai tempi di ritorno per i quali

sono state calcolate le portate di piena nell'ambito dello studio idrologico.

Tali profili sono necessari per la successiva fase di perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica, al fine di valutare le mutate condizioni di pericolosità idraulica e conseguentemente il potenziale rischio idraulico.

Il punto di partenza è l'input della geometria del sistema, costituito dal corso d'acqua principale e da tutti gli affluenti, le sezioni trasversali, tutte le interferenze (qualsiasi variazione di sezione e/o la sua ostruzione). Ogni sezione, di un determinato ramo del corso d'acqua, è identificata univocamente da un numero positivo, crescente nel verso opposto a quello di scorrimento della corrente (quindi da valle verso monte).

In generale ognuna di queste sezioni è suddivisa in tre porzioni che in prima istanza possono essere pensate come la savanella centrale (main channel) e le due aree golenali adiacenti (left overbank e right overbank). Tale suddivisione consente di ripartire la corrente in tre porzioni, considerando, per ognuna, velocità, portata e scabrezza diverse, ma con pari energia totale.

Una volta completato l'input geometrico dei dati, che è stato qui condotto mediante RAS MAPPER, occorre fornire i valori di portata da inputare nelle sezioni. Nei casi di moto permanente il valore della portata Q è costante nel tempo, e sarà possibile fornire un valore di Q per ciascuna sezione, o, più semplicemente, si può inserire il valore solo nelle sezioni che hanno un cambiamento di portata. Nei casi di moto vario è possibile fornire un idrogramma con portata variabile col passo temporale desiderato.

I risultati ottenuti tramite il calcolo possono essere visualizzati graficamente, quali ad esempio l'andamento del profilo longitudinale con l'indicazione del fondo del corso d'acqua, l'altezza critica, l'altezza di moto uniforme, la quota del pelo libero, l'altezza totale e tutte le altre grandezze che servono a descrivere compiutamente il moto.

Ovviamente le stesse grandezze possono essere ricavate in forma tabellare sezione per sezione. Si attingerà a tutte queste modalità di restituzione dei risultati nel prosieguo.

I tempi di ritorno adottati nelle verifiche sono i seguenti:

- 5, 100, 200 e 300 anni per la verifica dei corsi idraulici in prossimità della stazione di rete;
- 5 anni per la verifica dei fossi minori in prossimità del campo agro-fotovoltaico.

6.2 Modello Digitale del Terreno

Nello sviluppo della geometria è fondamentale definire il modello del terreno su cui simulare l'evento di allagamento dovuto al sormonto arginale.

Nel caso in esame si è utilizzato il DTM relativo alla base cartografica CTR n° 607070, 607110, 607100, 607140, 607150 e 619030, che nello specifico ha una risoluzione 2m x 2m, messo a disposizione dal geoportale della Regione Sicilia e opportunamente rielaborato con i software GIS. Da tale file sono state estrapolate le superfici del reticolo idrografico e importate sul software HEC RAS.

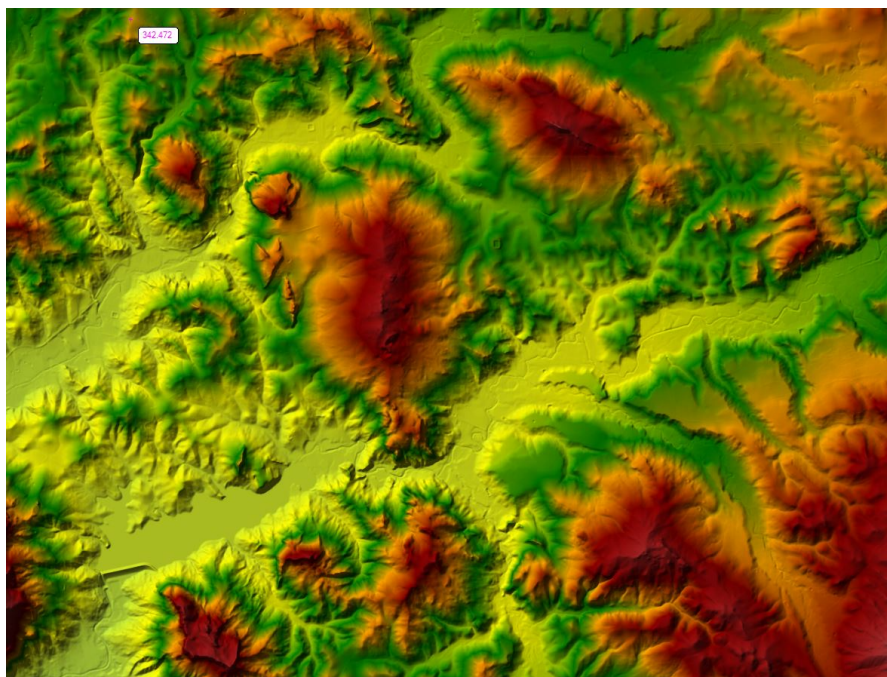


Figura 12 - Modello digitale del terreno (2m x 2m)

6.3 Impostazioni di calcolo

I primi dati da inserire nel modello utilizzato sono: l'andamento planimetrico del corso d'acqua e le sezioni trasversali più significative. La scelta di queste ultime è basata sulla necessità di suddividere l'asta in tratti omogenei per caratteristiche idrauliche. Le sezioni inserite nel modello idraulico sono state opportunamente scelte per rappresentare convenientemente l'alveo e le sue variazioni lungo l'ascissa curvilinea.

L'operazione di "input" nella configurazione è consistita nell'inserimento delle sezioni trasversali e dei parametri di scabrezza. Per ciascuna sezione è stato assegnato un valore di scabrezza che tiene conto anche delle previste operazioni di manutenzione ordinaria di pulizia dell'alveo da eseguirsi annualmente, per tale motivo considerando inoltre che nella configurazione di progetto la piena risulta essere sempre contenuta nella parte incisa dell'alveo, si è adottato un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.035. La morfologia dell'alveo, luogo deputato alla propagazione stessa, è stata desunta, come già accennato sopra, dal DEM a 2 m x 2 m della Regione Sicilia.

HEC-RAS permette di inserire 4 tipologie di condizioni al contorno:

- Stage Hydrograph;
- Flow Hydrograph;
- Rating Curve;
- Normal Depth.

L'analisi sviluppata è stata un'analisi di moto stazionario di tipo misto (mixed flow). Quali condizioni al contorno di monte e di valle si è assunto l'uguaglianza della pendenza della linea dell'energia con quella di fondo alveo, nell'ipotesi di moto uniforme in corrispondenza delle sezioni estreme a monte ed a valle. I calcoli idraulici sono stati effettuati per valori di portata corrispondenti rispettivamente ai tempi di ritorno di 100, 200, 300 anni per la stazione di rete e 5 anni per l'impianto fotovoltaico.

6.4 Risultati della modellazione idraulica

Di seguito sono riportati i risultati della simulazione per i diversi tempi di ritorno considerati. Le principali grandezze idrauliche relative ad ogni sezione, così come calcolate dal modello, sono invece inserite in forma tabellare.

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Bacino-stazione	5248	TR100	45.00	582.45	583.87	584.19	584.83	0.025813	4.47	11.46	20.90	1.43
Bacino-stazione	5248	TR200	50.00	582.45	583.92	584.26	584.92	0.025808	4.62	12.54	21.71	1.45
Bacino-stazione	5248	TR300	53.00	582.45	583.95	584.30	584.98	0.025808	4.70	13.16	22.17	1.45
Bacino-stazione	5248	TR5	21.50	582.45	583.53	583.74	584.14	0.025820	3.47	6.21	9.34	1.35
Bacino-stazione	4920	TR100	45.00	579.32	580.17	580.51	581.28	0.051073	4.99	10.70	26.44	1.93
Bacino-stazione	4920	TR200	50.00	579.32	580.20	580.55	581.38	0.051180	5.16	11.62	27.74	1.95
Bacino-stazione	4920	TR300	53.00	579.32	580.22	580.57	581.43	0.051172	5.25	12.18	28.89	1.96
Bacino-stazione	4920	TR5	21.50	579.32	579.96	580.20	580.67	0.048938	3.82	6.09	17.84	1.78
Bacino-stazione	4592	TR100	45.00	576.61	577.49	577.61	577.92	0.021433	3.48	16.97	37.44	1.27
Bacino-stazione	4592	TR200	50.00	576.61	577.52	577.63	577.98	0.021682	3.60	18.22	38.32	1.29
Bacino-stazione	4592	TR300	53.00	576.61	577.54	577.67	578.02	0.021849	3.67	18.93	38.73	1.30
Bacino-stazione	4592	TR5	21.50	576.61	577.30	577.37	577.58	0.019818	2.75	10.22	31.82	1.17
Bacino-stazione	4264	TR100	45.00	573.64	574.65	574.84	575.30	0.032100	4.43	14.92	42.26	1.56
Bacino-stazione	4264	TR200	50.00	573.64	574.68	574.88	575.35	0.031973	4.53	16.24	43.33	1.57
Bacino-stazione	4264	TR300	53.00	573.64	574.69	574.89	575.38	0.031931	4.59	17.00	43.94	1.57
Bacino-stazione	4264	TR5	21.50	573.64	574.44	574.63	575.00	0.034083	3.77	7.40	22.62	1.54
Bacino-stazione	3936	TR100	45.00	570.85	571.37	571.49	571.79	0.036951	3.06	15.95	45.14	1.52
Bacino-stazione	3936	TR200	50.00	570.85	571.39	571.53	571.85	0.036981	3.18	17.06	45.65	1.53
Bacino-stazione	3936	TR300	53.00	570.85	571.41	571.55	571.88	0.036977	3.25	17.72	45.93	1.54
Bacino-stazione	3936	TR5	21.50	570.85	571.24	571.30	571.47	0.034536	2.29	10.14	41.80	1.37
Bacino-stazione	3608	TR100	45.00	568.61	569.54	569.55	569.83	0.011821	2.63	20.32	38.05	0.95
Bacino-stazione	3608	TR200	50.00	568.61	569.58	569.60	569.89	0.011726	2.71	21.97	39.17	0.96
Bacino-stazione	3608	TR300	53.00	568.61	569.60	569.63	569.92	0.011727	2.76	22.89	39.61	0.96
Bacino-stazione	3608	TR5	21.50	568.61	569.29	569.29	569.49	0.012787	2.11	11.66	31.23	0.93
Bacino-stazione	3280	TR100	45.00	566.34	567.06	567.06	567.24	0.014048	1.94	24.37	64.41	0.94
Bacino-stazione	3280	TR200	50.00	566.34	567.09	567.09	567.29	0.014072	2.02	26.10	65.28	0.95
Bacino-stazione	3280	TR300	53.00	566.34	567.10	567.10	567.31	0.013714	2.05	27.35	65.90	0.94
Bacino-stazione	3280	TR5	21.50	566.34	566.96	566.96	567.03	0.007592	1.20	18.22	57.81	0.66
Bacino-stazione	2952	TR100	45.00	564.28	565.18	565.27	565.51	0.021601	3.09	19.93	58.01	1.24
Bacino-stazione	2952	TR200	50.00	564.28	565.20	565.30	565.55	0.021551	3.17	21.44	58.41	1.25
Bacino-stazione	2952	TR300	53.00	564.28	565.22	565.31	565.58	0.022160	3.25	22.10	58.58	1.27
Bacino-stazione	2952	TR5	21.50	564.28	564.97	565.11	565.47	0.044857	3.41	8.39	48.05	1.67
Bacino-stazione	2624	TR100	45.00	561.69	563.01	563.20	563.57	0.017047	3.39	15.11	38.40	1.15
Bacino-stazione	2624	TR200	50.00	561.69	563.06	563.24	563.63	0.016819	3.46	17.03	40.86	1.15
Bacino-stazione	2624	TR300	53.00	561.69	563.09	563.26	563.66	0.016430	3.49	18.21	41.98	1.14
Bacino-stazione	2624	TR5	21.50	561.69	562.67	562.68	563.03	0.014924	2.64	8.16	12.19	1.03
Bacino-stazione	2296	TR100	45.00	559.26	560.72	561.02	561.58	0.022771	4.36	13.19	34.00	1.36
Bacino-stazione	2296	TR200	50.00	559.26	560.76	561.05	561.65	0.022886	4.49	14.67	36.02	1.37
Bacino-stazione	2296	TR300	53.00	559.26	560.78	561.07	561.69	0.023176	4.57	15.44	36.76	1.38
Bacino-stazione	2296	TR5	21.50	559.26	560.35	560.54	561.00	0.027883	3.61	6.20	12.67	1.40

Bacino-stazione	1968	TR100	45.00	556.84	557.86	558.15	558.71	0.037262	4.22	11.91	28.07	1.64
Bacino-stazione	1968	TR200	50.00	556.84	557.90	558.18	558.79	0.036674	4.35	13.08	30.08	1.64
Bacino-stazione	1968	TR300	53.00	556.84	557.92	558.21	558.83	0.036082	4.41	13.84	33.08	1.64
Bacino-stazione	1968	TR5	21.50	556.84	557.67	557.82	558.12	0.028605	3.00	7.37	18.19	1.37
Bacino-stazione	1640	TR100	45.00	554.52	555.70	555.82	556.15	0.017200	3.53	17.15	34.12	1.17
Bacino-stazione	1640	TR200	50.00	554.52	555.73	555.85	556.21	0.017570	3.65	18.33	34.41	1.19
Bacino-stazione	1640	TR300	53.00	554.52	555.75	555.92	556.25	0.017835	3.73	18.99	34.58	1.21
Bacino-stazione	1640	TR5	21.50	554.52	555.45	555.58	555.82	0.018529	2.98	9.36	27.10	1.16
Bacino-stazione	1312	TR100	45.00	552.48	554.01	554.22	554.63	0.013171	3.61	14.81	36.36	1.06
Bacino-stazione	1312	TR200	50.00	552.48	554.04	554.26	554.66	0.013564	3.71	17.99	55.19	1.08
Bacino-stazione	1312	TR300	53.00	552.48	554.06	554.27	554.69	0.013560	3.76	19.36	57.05	1.08
Bacino-stazione	1312	TR5	21.50	552.48	553.56	553.64	554.02	0.017333	3.00	7.28	11.52	1.12

Tabella 6 – Dati idraulici e geometrici sulle sezioni della Stazione di rete

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
B04	2871	TR5	25.20	296.67	297.91	297.55	297.97	0.001520	1.15	23.67	32.64	0.40
B04	2819	TR5	25.20	295.77	297.03		297.32	0.007010	2.40	10.51	12.86	0.85
B04	2816	TR5	25.20	294.29	296.13	295.80	296.30	0.003441	1.84	13.70	14.73	0.80
B04-aff1	2819	TR5	25.20	321.27	321.86	322.26	324.36	0.142808	7.31	3.99	15.32	3.47
B04-aff1	2808	TR5	25.20	299.76	300.40	300.77	303.03	0.144142	7.40	3.86	14.87	3.51
B06	652	TR5	17.00	249.51	250.01	250.03	250.16	0.016844	1.66	10.21	42.76	1.09
B06	643	TR5	17.00	244.39	245.01	245.04	245.18	0.017970	1.82	9.33	35.76	1.14
B06	573	TR5	17.00	239.36	239.95	240.02	240.25	0.020250	2.40	7.09	19.66	1.28
B06	497	TR5	17.00	234.68	235.09	235.12	235.29	0.019534	2.01	8.46	29.87	1.21
B06	473	TR5	17.00	232.25	232.89	232.89	233.09	0.012464	1.96	8.66	22.58	1.01
B06	384	TR5	17.00	229.60	231.20	230.56	231.29	0.001462	1.28	13.24	12.48	0.40
B06	359	TR5	17.00	229.67	230.68	230.68	230.96	0.011007	2.36	7.22	12.85	1.00
B07	2451	TR5	28.70	232.49	233.69	233.54	233.96	0.005763	2.30	12.45	13.92	0.78
B07	2439	TR5	28.70	231.20	232.50	232.42	232.83	0.007292	2.54	11.29	13.02	0.87
B07	2384	TR5	28.70	229.62	231.67		232.00	0.004735	2.52	11.40	8.72	0.70
B07	2352	TR5	28.70	229.28	231.39		231.53	0.002007	1.71	16.80	12.86	0.48
B07	2332	TR5	28.70	229.07	230.73		231.02	0.005216	2.39	12.01	11.34	0.74
B07	2285	TR5	28.70	228.52	230.44		230.58	0.001696	1.62	17.75	13.01	0.44
B07	2276	TR5	28.70	227.90	229.65	229.65	230.12	0.009982	3.05	9.41	9.96	1.00
B08	25	TR5	7.80	227.96	228.59	228.72	229.04	0.029248	2.96	2.63	6.88	1.53
B08	18	TR5	7.80	227.55	229.00	228.26	229.02	0.000394	0.58	13.55	16.29	0.20
B08-aff1	191	TR5	7.80	277.62	278.20	278.64	279.69	0.106326	5.39	1.45	3.90	2.83
B08-aff1	185	TR5	7.80	261.77	262.21	262.56	263.57	0.138183	5.17	1.51	5.51	3.15
B08-aff1	154	TR5	7.80	254.74	255.35	255.58	256.10	0.060994	3.81	2.04	6.36	2.15
B08-aff1	132	TR5	7.80	239.42	239.74	240.11	241.98	0.276152	6.67	1.20	5.53	4.37
B05	500	TR5	12.40	291.25	291.80	292.14	293.23	0.091250	5.30	2.37	6.60	2.71
B05	496	TR5	12.40	275.53	276.08	276.52	277.51	0.101188	5.29	2.34	6.51	2.82
B05	475	TR5	12.40	264.75	265.28	265.69	266.45	0.084855	4.80	2.58	7.36	2.58
B05	464	TR5	12.40	261.38	261.93	262.30	262.98	0.066484	4.54	2.73	6.97	2.31
B05	458	TR5	12.40	256.83	257.45	257.89	258.94	0.088653	5.40	2.30	5.53	2.67
B05	452	TR5	12.40	252.23	252.95	253.32	253.94	0.054250	4.40	2.82	6.40	2.12
B05	447	TR5	12.40	246.00	246.64	247.03	247.54	0.046694	4.20	2.95	6.43	1.98
B05	431	TR5	12.40	238.83	239.65	240.09	240.63	0.043707	4.39	2.82	5.32	1.92
B05	428	TR5	12.40	233.42	234.12	234.42	234.85	0.038276	3.80	3.26	7.12	1.80
B05	394	TR5	12.40	227.94	228.75	228.94	229.37	0.028163	3.48	3.56	6.98	1.56
B08-bis	1524	TR5	7.80	227.86	228.33	228.62	229.35	0.079629	4.48	1.74	5.15	2.46
B08-bis	1511	TR5	7.80	226.92	227.80	227.67	227.94	0.005838	1.68	4.63	8.36	0.72
B08-bis	1496	TR5	7.80	225.90	226.56		226.72	0.008196	1.77	4.40	9.63	0.84
B08-bis	1367	TR5	7.80	224.79	225.69	225.48	225.79	0.003822	1.43	5.45	9.17	0.59
B08-bis	1316	TR5	7.80	223.53	224.24	224.24	224.45	0.012242	2.01	3.89	9.49	1.00
B08-ter	248	TR5	7.80	222.30	223.23	222.88	223.29	0.001920	1.07	7.28	11.34	0.43
B08-ter	175	TR5	7.80	221.43	222.75		222.81	0.001601	1.07	7.32	9.82	0.39
B09-bis	726	TR5	20.00	226.54	227.53	227.36	227.68	0.004805	1.70	11.75	18.41	0.68
B09-bis	687	TR5	20.00	225.58	226.62	226.62	226.87	0.011406	2.20	9.11	18.48	1.00
B09-bis	651	TR5	20.00	223.54	223.90	224.01	224.28	0.040967	2.75	7.27	27.90	1.72
B11	652	TR5	18.60	452.34	453.12	453.49	455.90	0.153745	7.46	2.68	10.94	3.54
B11	647	TR5	18.60	435.81	436.60	437.20	439.50	0.157718	7.53	2.47	5.60	3.59
B11-aff1	742	TR5	18.60	443.47	444.31	444.67	446.71	0.137946	7.26	3.14	14.14	3.31
B11-aff1	641	TR5	18.60	433.48	434.46	435.01	437.24	0.108060	7.49	2.65	6.19	3.05
B15	725	TR5	11.40	366.59	366.90	367.06	367.68	0.135620	4.40	3.14	26.67	3.03
B15	721	TR5	11.40	347.22	347.71	348.09	349.06	0.124859	5.14	2.22	7.70	3.04
B15	718	TR5	11.40	335.12	335.53	335.69	336.35	0.108083	4.35	3.01	17.61	2.77
B15	705	TR5	11.40	316.65	317.04	317.32	318.80	0.207543	6.03	1.96	8.29	3.84
B15-aff1	624	TR5	11.40	335.36	335.85	336.20	337.27	0.121281	5.26	2.17	7.00	3.02
B15-aff1	620	TR5	11.40	330.38	330.94	331.09	333.60	0.182224	7.25	1.63	6.17	3.76
B15-aff1	612	TR5	11.40	326.54	326.83	327.33	332.35	0.885216	10.40	1.10	5.69	7.57
B15-aff1	608.67*	TR5	11.40	323.02	323.46	323.81	324.75	0.120662	5.03	2.27	7.85	2.99
B15-aff1	605.33*	TR5	11.40	319.50	319.90	320.26	321.37	0.156576	5.37	2.12	8.11	3.35
B15-aff1	602	TR5	11.40	315.86	316.25	316.62	317.70	0.142254	5.33	2.14	7.67	3.23
B18	954	TR5	16.00	257.92	258.78	259.33	260.89	0.085054	6.47	2.51	4.67	2.70
B18	941	TR5	16.00	245.95	246.74	247.28	249.07	0.107059	6.78	2.41	5.57	3.02
B18	936	TR5	16.00	238.58	239.49	239.95	241.04	0.055663	5.55	2.98	5.97	2.23
B18-aff1	845	TR5	16.00	262.44	263.21	263.75	265.33	0.094010	6.46	2.51	5.34	2.82
B18-aff1	842	TR5	16.00	253.46	253.99	254.53	257.34	0.283282	8.11	1.97	6.29	4.62
B18-aff1	837	TR5	16.00	247.47	248.34	248.85	250.42	0.082076	6.49	2.62	6.12	2.69
B18-aff1	834	TR5	16.00	241.08	241.58	242.00	243.49	0.145324	6.13	2.64	8.45	3.37
B18-aff1	826	TR5	16.00	238.29	238.83	239.30	240.94	0.141717	6.44	2.48	6.59	3.35
B18-bis	756	TR5	16.00	233.99	234.81	235.13	236.27	0.073497	5.37	3.06	8.89	2.50
B18-bis	748	TR5	16.00	227.17	228.01	228.29	228.75	0.029607	3.80	4.21	7.50	1.62
B18-aff2	957	TR5	16.00	273.84	274.55	275.01	276.62	0.107337	6.41	2.58	7.15	3.00
B18-aff2	949	TR5	16.00	254.92	255.51	256.00	257.79	0.140812	6.88	2.40	6.12	3.37
B18-aff2	938	TR5	16.00	237.70	238.33	238.75	240.00	0.093626	5.80	2.90	8.41	2.80
B18-aff2	928	TR5	16.00	229.25	229.79	230.21	231.59	0.126675	5.94	2.71	8.20	3.17
B18-aff2	926	TR5	16.00	225.74	226.31	226.59	227.19	0.054933	4.16	3.85	9.78	2.12

Realizzazione impianto agro-fotovoltaico "S&P 12" Potenza 367.572,00 kWp – 300.000,00 kW

B18-ter	928	TR5	16.00	222.38	223.03	223.47	224.35	0.066572	5.09	3.15	6.69	2.37
B18-ter	684	TR5	16.00	220.36	221.09	221.29	221.72	0.031331	3.60	4.96	16.68	1.65
B18-ter	682	TR5	16.00	217.87	218.54	218.79	219.15	0.028141	3.45	4.63	9.36	1.57
B18-aff3	743	TR5	16.00	252.73	253.33	253.71	254.93	0.100049	5.64	2.93	8.76	2.86
B18-aff3	721	TR5	16.00	233.69	234.31	234.86	236.67	0.140265	6.80	2.36	5.86	3.37
B18-aff3	719	TR5	16.00	224.86	225.44	225.71	226.56	0.075069	4.69	3.43	9.95	2.46
B18-aff3	718	TR5	16.00	221.59	222.26	222.68	223.72	0.079791	5.37	3.01	7.78	2.58
B18-aff3	717	TR5	16.00	218.24	219.05	219.42	220.31	0.054692	4.99	3.29	8.55	2.19
B18-aff3	220	TR5	16.00	216.57	217.15	217.42	217.97	0.051033	4.01	3.99	10.14	2.04
B19	6523	TR5	7.50	236.14	236.88	237.16	237.76	0.045774	4.19	1.84	4.45	1.92
B19	6489	TR5	7.50	224.19	224.75	225.25	227.04	0.184446	6.70	1.12	3.25	3.64
B19	6451	TR5	7.50	219.23	219.83	219.93	220.20	0.025407	2.71	2.77	7.74	1.43
B19	6446	TR5	7.50	214.38	215.13	215.47	216.40	0.088854	5.00	1.50	4.03	2.59
B19-aff1	459	TR5	7.50	246.63	247.06	247.35	248.47	0.171081	5.25	1.43	6.00	3.44
B19-aff1	426	TR5	7.50	226.12	226.72	227.26	229.37	0.199374	7.22	1.05	3.11	3.79
B19-aff1	418	TR5	7.50	215.23	215.76	216.08	217.17	0.116904	5.28	1.46	5.81	2.95
B19-aff2	286	TR5	7.50	245.20	245.76	246.08	247.01	0.099572	4.95	1.52	4.77	2.73
B19-aff2	281	TR5	7.50	233.84	234.32	234.65	235.62	0.126292	5.04	1.49	5.24	3.03
B19-aff2	274	TR5	7.50	223.83	224.46	224.69	225.27	0.065425	4.00	1.87	5.68	2.23
B19-aff2	269	TR5	7.50	218.62	219.11	219.33	219.81	0.062129	3.69	2.03	6.78	2.15
B19-aff3	587	TR5	7.50	232.49	233.06	233.44	234.50	0.107171	5.31	1.41	3.96	2.84
B19-aff3	562	TR5	7.50	224.20	224.87	225.34	226.49	0.105573	5.63	1.33	3.21	2.79
B19-aff3	541	TR5	7.50	217.86	218.52	218.85	219.84	0.097534	5.10	1.49	4.93	2.72
B19-bis	315	TR5	7.50	208.56	209.11	209.60	211.52	0.172456	6.90	1.11	3.39	3.55
B19-bis	309	TR5	7.50	204.82	205.61	205.81	206.18	0.022903	3.50	2.46	6.54	1.43
B19-bis	302	TR5	7.50	200.54	201.02	201.31	202.17	0.101677	4.76	1.58	5.14	2.74
B19-aff4	241	TR5	7.50	211.91	212.34	212.66	213.61	0.112040	5.00	1.53	5.67	2.90
B19-aff4	235	TR5	7.50	206.16	206.91	207.12	207.61	0.047006	3.70	2.03	5.31	1.91
B20-aff1	1321	TR5	11.40	258.57	259.13	259.38	259.98	0.066180	4.08	2.79	8.41	2.26
B20-aff1	1288	TR5	11.40	253.38	254.08	254.35	255.16	0.055541	4.94	2.85	11.10	2.18
B20-aff1	1287	TR5	11.40	249.81	250.47	250.78	251.50	0.061597	4.50	2.54	6.32	2.24
B20-aff1	1267	TR5	11.40	243.39	243.77	244.12	245.42	0.174216	5.69	2.00	7.58	3.54
B20-aff1	1262	TR5	11.40	240.57	241.19	241.29	241.56	0.023523	2.68	4.26	11.17	1.38
B20-aff2	1421	TR5	11.40	285.33	285.86	286.23	287.42	0.130482	5.54	2.06	6.50	3.14
B20-aff2	1385	TR5	11.40	278.08	278.52	278.80	279.70	0.105081	5.06	2.58	12.22	2.83
B20-aff2	1374	TR5	11.40	270.86	271.42	271.81	272.58	0.070173	4.80	2.41	6.47	2.39
B20-aff2	1328	TR5	11.40	248.62	248.93	249.51	256.12	1.086591	11.87	0.96	4.75	8.43
B20-aff2	1325	TR5	11.40	239.55	240.08	240.36	241.14	0.096222	4.55	2.50	8.50	2.68
B20-aff2	1321	TR5	11.40	236.27	236.76	237.06	238.06	0.118615	5.06	2.25	7.64	2.97
B20	1263	TR5	11.40	297.14	297.42	297.62	298.29	0.119691	4.43	2.89	7.98	2.90
B20	1257	TR5	11.40	276.70	277.07	277.44	278.80	0.159529	5.86	1.99	15.43	3.46
B20	1248	TR5	11.40	259.10	259.55	259.87	260.97	0.114529	5.36	2.25	8.61	2.98
B20	1235	TR5	11.40	243.64	244.14	244.40	245.05	0.066944	4.40	2.78	9.15	2.32
B20	1228	TR5	11.40	232.36	232.64	232.84	233.48	0.116417	4.23	2.89	15.30	2.83
B20	1214	TR5	11.40	226.26	226.77	226.94	227.35	0.037014	3.56	3.62	12.26	1.76
B20-aff3	954	TR5	11.40	229.72	230.39	230.93	234.42	0.228130	9.08	1.37	4.61	4.10
B20-aff3	941	TR5	11.40	225.36	225.96	226.23	226.85	0.043192	4.26	2.85	7.81	1.94
B17-aff1	2063	TR5	27.00	348.97	349.63	350.15	352.47	0.135745	7.84	3.99	12.70	3.49
B17-aff1	2053	TR5	27.00	323.84	324.18	324.44	325.48	0.145030	5.83	5.66	27.50	3.34
B17-aff1	1984	TR5	27.00	309.06	309.88	310.21	311.58	0.087206	6.39	5.50	22.71	2.79
B17-aff1	1976	TR5	27.00	286.51	287.41	288.36	293.68	0.193140	11.53	2.60	4.89	4.30
B17	2063	TR5	27.00	361.53	362.16	362.36	362.77	0.039055	3.47	7.78	20.31	1.79
B17	2041	TR5	27.00	352.65	353.07	353.25	353.72	0.085521	3.59	7.52	33.63	2.42
B17	2024	TR5	27.00	344.02	344.66	344.74	344.96	0.024051	2.41	11.21	35.19	1.36
B17	1993	TR5	27.00	335.10	335.90	336.13	336.66	0.054674	3.88	6.96	19.76	2.09
B17	1987	TR5	27.00	327.50	328.18	328.26	328.55	0.018413	2.68	10.07	21.94	1.26
B17	1962	TR5	27.00	320.92	321.29	321.52	322.08	0.078197	3.93	6.87	25.06	2.40
B17	1958	TR5	27.00	311.76	312.54	312.76	313.19	0.027095	3.57	7.57	14.32	1.57
B17	1913	TR5	27.00	285.21	286.11	286.11	286.45	0.010458	2.57	10.49	15.80	1.01
B21	2063	TR5	17.50	258.53	259.01	259.13	259.41	0.035157	2.97	6.35	22.80	1.66
B21	2060	TR5	17.50	253.77	254.32	254.46	254.77	0.030381	3.19	6.32	21.76	1.59
B21-aff3	589	TR5	17.50	284.28	284.93	285.26	286.19	0.074620	5.05	3.68	11.37	2.50
B21-aff3	584	TR5	17.50	277.12	277.68	278.05	279.68	0.110208	6.47	2.96	9.16	3.06
B21-aff3	581	TR5	17.50	272.21	272.82	273.15	274.19	0.081176	5.48	3.61	11.61	2.63
B21-aff3	575	TR5	17.50	268.56	269.26	269.58	270.22	0.042340	4.62	4.38	12.19	1.96
B21-aff3	572	TR5	17.50	263.84	264.38	264.75	265.76	0.079173	5.32	3.51	10.67	2.58
B21-aff3	570	TR5	17.50	261.46	262.13	262.47	263.35	0.055611	5.34	3.91	10.79	2.24
B21-aff3	568	TR5	17.50	259.60	260.14	260.47	261.34	0.077444	4.98	3.78	12.53	2.53
B21-aff3	565	TR5	17.50	256.85	257.52	257.71	258.22	0.041789	4.11	5.52	23.76	1.91
B21-aff3	564	TR5	17.50	254.71	255.25	255.40	255.80	0.048537	3.55	6.01	32.72	1.95
B21-aff3	561	TR5	17.50	245.72	246.54	246.95	248.28	0.086291	5.85	3.03	7.11	2.71
B21-aff3	512	TR5	17.50	240.64	241.39	241.64	242.18	0.042154	3.94	4.56	13.19	1.89
B21-aff4	2067	TR5	17.50	292.05	292.61	292.94	294.28	0.138073	6.40	3.34	14.14	3.31
B21-aff4	2066.6	TR5	17.50	285.46	285.98	286.39	288.27	0.180819	6.98	2.80	11.80	3.78
B21-aff4	2065	TR5	17.50	280.46	281.11	281.43	283.43	0.114881	6.79	2.66	6.82	3.13
B21-aff4	2064	TR5	17.50	273.14	273.70	274.18	275.97	0.158249	6.67	2.62	7.22	3.54
B21-aff4	2063	TR5	17.50	268.60	269.34	269.83	271.25	0.085343	6.34	3.02	7.60	2.74
B21-aff4	2058	TR5	17.50	258.50	259.02	259.44	260.85	0.115319	6.15	3.03	9.08	3.09
B21-aff4	2053	TR5	17.50	253.15	253.85	254.17	254.90	0.046794	5.06	4.22	11.13	2.09
B21-aff4	2051	TR5	17.50	250.70	251.32	251.57	252.16	0.044740	4.39	4.62	13.73	1.99
B21-bis	2054	TR5	17.50	247.71	248.25	248.63	249.71	0.081781	5.83	3.50	10.30	2.69
B21-bis	2051	TR5	17.50	243.90	244.49	244.64	244.97	0.024886	3.40	5.95	15.22	1.50
B21-bis	1453	TR5	17.50	240.05	240.68	240.89	241.46	0.037607	4.03	4.79	13.84	1.82
B09	7851	TR5	20.00	292.13	292.85	292.92	293.19	0.016360	2.57	7.80	16.62	1.20
B09	7834	TR5	20.00	289.56	290.38	290.41	290.71	0.012547	2.53	7.90	13.98	1.08
B09	7818	TR5	20.00	287.02	288.19	288.26	288.68	0.013072	3.10	6.46	8.38	1.13
B10	7901	TR5	9.60	346.26	346.88	347.23	347.92	0.062854	4.52	2.14	5.83	2.25
B10	7884	TR5	9.60	338.74	339.33	339.71	340.40	0.071302	4.58	2.10	5.49	2.37
B10	7868	TR5	9.60	333.05	333.70	334.05	334.57	0.045218	4.12	2.33	4.93	1.91
B10	7834	TR5	9.60	322.29	322.88	323.34	324.97	0.147606	6.41	1.50	4.01	3.35
B10	7815	TR5	9.60	316.72	317.33	317.59	318.17	0.047769	4.05	2.37	5.50	1.97
B10	7803	TR5	9.60	309.71	310.39	310.72	311.53	0.068825	4.74	2.03	4.82	2.34
B10-aff1	715	TR5	9.60	334.99	335.43	335.71	336.76	0.118000	5.11			

Realizzazione impianto agro-fotovoltaico "S&P 12" Potenza 367.572,00 kWp – 300.000,00 kW

B10-aff1	691	TR5	9.60	315.27	315.87	316.14	316.80	0.055698	4.28	2.31	7.00	2.13
B10-aff1	681	TR5	9.60	310.89	311.38	311.61	312.25	0.062589	4.16	2.40	9.84	2.22
B09-aff1	384	TR5	20.00	348.54	349.29	349.95	353.45	0.192174	9.19	2.32	6.02	3.99
B09-aff1	381	TR5	20.00	319.84	320.40	320.84	323.26	0.222877	7.52	2.72	10.34	4.16
B09-aff1	375	TR5	20.00	303.59	304.09	304.36	305.96	0.154735	6.36	3.74	24.84	3.49
B11-ter	468	TR5	18.60	402.08	402.09	402.21	402.50	0.049033	0.16	6.69	30.97	0.91
B11-ter	427	TR5	18.60	390.41	390.91	391.13	391.71	0.050755	4.26	5.26	20.65	2.08
B11-aff2	561	TR5	18.60	423.08	424.15	424.98	428.42	0.202336	9.15	2.03	3.60	3.88
B11-aff2	548	TR5	18.60	404.41	404.93	405.48	409.12	0.291164	9.36	2.11	6.47	4.84
B11-aff2	543	TR5	18.60	392.78	393.40	393.90	395.84	0.125639	7.53	2.97	9.24	3.36
B22	1984	TR5	8.20	256.74	257.33	257.56	258.07	0.055672	3.80	2.16	6.32	2.07
B22	1973	TR5	8.20	251.59	252.05	252.14	252.34	0.034511	2.39	3.43	14.20	1.56
B22	1863	TR5	8.20	242.28	242.74	243.07	244.12	0.129365	5.20	1.58	5.41	3.08
B22	1774	TR5	8.20	232.40	232.98	233.24	233.85	0.063834	4.14	1.98	5.60	2.22
B22	1673	TR5	8.20	223.05	223.54	223.80	224.49	0.084933	4.31	1.90	6.33	2.51
B22	1575	TR5	8.20	213.67	213.98	214.21	215.04	0.181666	4.55	1.80	9.91	3.41
B22-aff1	1873	TR5	8.20	270.48	270.74	270.98	271.92	0.233124	4.81	1.70	10.40	3.80
B22-aff1	1751	TR5	8.20	241.57	241.84	242.05	243.01	0.319340	4.78	1.72	13.42	4.26
B22-aff1	1674	TR5	8.20	221.99	222.37	222.59	223.26	0.131174	4.19	1.96	9.52	2.95
B22-bis	1873	TR5	8.20	207.98	208.69	208.91	209.39	0.040697	3.68	2.23	5.26	1.81
B22-bis	1864	TR5	8.20	206.50	207.05	207.29	207.91	0.093269	4.09	2.01	7.76	2.57
B22-aff2	873	TR5	8.20	263.69	263.98	264.16	265.03	0.297025	4.55	1.80	14.32	4.09
B22-aff2	861	TR5	8.20	232.54	232.75	232.97	234.01	0.334014	4.97	1.65	12.57	4.38
B22-aff2	794	TR5	8.20	215.63	216.04	216.39	217.68	0.215373	5.66	1.45	6.47	3.82
B22-ter	1873	TR5	8.20	202.87	203.17	203.49	205.01	0.301095	6.01	1.36	7.19	4.41
B22-ter	1852	TR5	8.20	199.44	200.14	200.21	200.48	0.017986	2.58	3.18	7.09	1.23
B22-ter	1839	TR5	8.20	194.65	195.04	195.33	196.54	0.212406	5.41	1.51	7.18	3.77
B22-ter	1835	TR5	8.20	191.64	192.19	192.23	192.44	0.017473	2.19	3.74	10.44	1.17
B22-aff3	1873	TR5	8.20	215.17	215.69	215.94	216.61	0.080696	4.27	1.92	6.26	2.46
B22-aff3	1870	TR5	8.20	205.57	205.93	206.12	206.66	0.107992	3.79	2.16	10.57	2.68
B22-aff3	1867	TR5	8.20	196.32	196.76	197.00	197.57	0.065079	3.98	2.06	6.29	2.23
B22-aff3	1853	TR5	8.20	191.69	192.22	192.43	192.92	0.060007	3.70	2.22	7.20	2.13
B18-aff5	1353	TR5	16.00	230.54	231.20	231.43	231.94	0.043414	3.83	4.30	13.85	1.90
B18-aff5	1343	TR5	16.00	225.49	226.22	226.60	227.40	0.050499	4.80	3.35	6.64	2.10
B18-aff5	1056	TR5	16.00	221.96	222.64	222.89	223.39	0.036745	3.83	4.19	9.38	1.78
B18-aff5	419	TR5	16.00	219.27	219.94	220.08	220.45	0.022906	3.17	5.14	11.95	1.43
B18-aff5	416	TR5	16.00	217.47	218.17	218.30	218.59	0.020753	2.97	6.22	22.73	1.35
B18-ter-Lower	681	TR5	16.00	216.22	216.82	217.00	217.24	0.023509	2.88	5.59	14.36	1.41
B18-ter-Lower	419	TR5	16.00	215.02	216.04	216.05	216.45	0.011188	2.91	5.93	10.22	1.05
B18-aff4	794	TR5	16.00	264.42	265.31	265.91	267.71	0.108165	6.86	2.33	4.24	2.95
B18-aff4	791	TR5	16.00	253.89	254.51	254.95	256.54	0.132521	6.32	2.53	6.59	3.26
B18-aff4	787	TR5	16.00	249.09	249.65	250.03	250.99	0.091773	5.12	3.12	8.54	2.71
B18-aff4	784	TR5	16.00	245.48	246.20	246.52	247.81	0.081159	5.63	2.92	13.94	2.81
B18-aff4	782	TR5	16.00	241.26	241.98	242.47	243.81	0.102236	5.98	2.68	6.43	2.90
B18-aff4	780	TR5	16.00	237.42	238.42	238.76	239.64	0.044689	5.09	3.66	11.14	2.00
B18-aff4	779	TR5	16.00	234.18	234.90	235.38	236.70	0.100504	5.94	2.69	6.19	2.87
B18-aff4	778	TR5	16.00	232.10	233.01	233.37	234.10	0.044435	4.63	3.48	7.03	1.95
B18-aff4	763	TR5	16.00	225.19	226.02	226.39	227.22	0.059558	4.83	3.31	7.13	2.25
B18-aff4	367	TR5	16.00	220.49	221.30	221.51	221.93	0.031665	3.51	4.56	9.99	1.65
B18-aff4	71	TR5	16.00	217.94	218.50	218.68	219.09	0.031014	3.51	4.91	13.48	1.65
B01	3451	TR5	29.00	379.84	380.41	380.47	380.68	0.020643	2.27	12.80	39.10	1.26
B01	2971	TR5	29.00	376.26	376.70	376.80	377.02	0.030762	2.49	11.65	41.92	1.51
B01	2424	TR5	29.00	371.85	372.51	372.59	372.85	0.020678	2.59	11.21	27.98	1.30
B01	1897	TR5	29.00	368.60	369.18	369.28	369.58	0.019946	2.79	10.41	22.36	1.30
B01	1437	TR5	29.00	366.46	367.53	367.53	367.71	0.012730	1.88	15.39	43.27	1.01
B01	911	TR5	29.00	362.87	363.96	364.16	364.56	0.032933	3.43	8.46	19.64	1.67
B01	537	TR5	29.00	361.36	361.93	361.94	362.09	0.014030	1.74	16.68	57.07	1.03
B02	2337	TR5	4.30	367.07	367.55	367.61	367.81	0.021862	2.27	1.90	5.96	1.28
B02	2063	TR5	4.30	364.56	365.05	365.15	365.38	0.030119	2.55	1.69	5.66	1.49
B02	1845	TR5	4.30	363.50	364.10	364.10	364.30	0.012779	1.99	2.16	5.46	1.01
B02	1806	TR5	4.30	360.53	360.92	361.07	361.39	0.053655	3.06	1.41	5.57	1.94
B03	123	TR5	12.00	339.54	339.88	339.88	339.96	0.016574	1.30	9.22	55.08	1.02
B03	115	TR5	12.00	334.83	335.29	335.31	335.41	0.021031	1.56	7.72	42.24	1.16
B03	97	TR5	12.00	332.92	333.45	333.45	333.56	0.014372	1.52	7.89	33.63	1.00
B03	74	TR5	12.00	331.00	331.37	331.34	331.44	0.009321	1.20	9.99	43.76	0.80
B03	61	TR5	12.00	329.26	329.65	329.65	329.76	0.014566	1.42	8.48	40.55	0.99
B04-bis	2819	TR5	25.20	294.73	295.24	295.54	296.38	0.081003	4.77	5.48	18.47	2.55
B04-bis	2816	TR5	25.20	293.76	294.94	294.91	295.09	0.004690	1.89	17.50	47.34	0.69
B04-bis	2812	TR5	25.20	292.65	293.88		293.99	0.004114	1.62	18.63	40.13	0.63
B04-bis	2806	TR5	25.20	291.18	292.73		293.01	0.006719	2.35	10.74	13.05	0.83
B04-bis	2799	TR5	25.20	290.62	292.58		292.62	0.000572	0.92	31.17	54.11	0.26
B04-bis	2724	TR5	25.20	290.56	292.23	291.96	292.44	0.004297	2.01	12.51	13.68	0.67
B04-bis	2720	TR5	25.20	289.65	290.99	290.99	291.36	0.009499	2.66	9.57	16.04	0.97
B04-bis	2700	TR5	25.20	288.49	289.81	289.57	289.98	0.004371	1.80	13.97	18.54	0.66
B04-bis	2698.3	TR5	25.20	287.78	289.15		289.34	0.004216	1.96	13.04	16.06	0.67
B04-bis	2601	TR5	25.20	286.99	288.71		288.78	0.001471	1.26	24.45	39.08	0.40
B04-bis	2598.4	TR5	25.20	286.25	287.65	287.65	288.10	0.009816	2.97	8.50	9.46	1.00
B04-bis	2502	TR5	25.20	284.90	286.53	286.06	286.65	0.002459	1.51	16.74	18.84	0.51
B04-bis	2455	TR5	25.20	284.27	286.04	285.70	286.21	0.003524	1.83	13.74	14.85	0.61
B04-bis	2421	TR5	25.20	283.99	285.56	285.10	285.70	0.002161	1.65	17.54	48.25	0.49
B04-bis	2419.2	TR5	25.20	283.45	284.58	284.58	284.92	0.010275	2.56	9.82	14.64	1.00
B04-bis	2403	TR5	25.20	282.28	283.97	283.45	284.08	0.001769	1.43	17.65	17.50	0.44
B04-bis	2322	TR5	25.20	282.07	283.49		283.64	0.003624	1.72	14.62	18.05	0.61
B04-bis	2319.3	TR5	25.20	281.63	283.25		283.33	0.001303	1.27	20.16	19.80	0.39
B04-bis	2223	TR5	25.20	281.27	282.67		282.91	0.005158	2.35	11.72	14.00	0.75
B04-bis	2219.4	TR5	25.20	281.20	282.40		282.49	0.002292	1.45	20.68	34.99	0.49
B04-bis	2125	TR5	25.20	279.93	281.45	281.45	281.83	0.009341	2.73	9.34	13.54	0.97
B04-bis	2019.5	TR5	25.20	279.13	280.48	280.21	280.66	0.003924	1.97	13.26	25.07	0.64
B08-fin	6531	TR5	7.80	220.93	221.87	221.94	222.24	0.015966	2.68	2.91	5.35	1.16
B08-fin	6514	TR5	7.80	219.07	220.16	219.89	220.27	0.003312	1.46	5.36	7.59	0.55
B08-fin	6481	TR5	7.80	218.18	218.92	218.92	219.16	0.012015	2.13	3.65	8.01	1.01
B08-fin	6471	TR5	7.80	216.59	217.22	217.28	217.52	0.018040	2.41	3.24	8.00	1.21
B12	7864	TR5	17.30	342.67	343.45	344.00	346.07	0.124554	7.18	2.41	4.67	

Realizzazione impianto agro-fotovoltaico "S&P 12" Potenza 367.572,00 kWp – 300.000,00 kW

B12	7758	TR5	17.30	306.83	307.48	308.02	310.03	0.157923	7.08	2.46	6.82	3.58
B12	7721	TR5	17.30	289.72	290.46	290.90	292.14	0.096504	5.74	3.01	7.15	2.82
B12	7715	TR5	17.30	275.93	276.43	276.85	278.31	0.139848	6.08	2.84	8.22	3.30
B12-bis	823	TR5	17.30	321.82	322.50	322.77	325.12	0.137405	7.42	2.89	18.26	3.36
B12-bis	820	TR5	17.30	316.56	316.89	317.32	321.00	0.564440	9.06	1.96	9.83	6.20
B12-bis	814	TR5	17.30	307.18	307.50	308.03	314.30	0.981313	11.55	1.50	7.19	8.09
B12-bis	806	TR5	17.30	296.64	297.30	297.70	298.87	0.074714	5.63	3.29	9.67	2.56
B11-bis	981	TR5	18.60	418.80	419.23	419.46	420.19	0.099496	5.01	4.52	19.96	2.78
B11-bis	957	TR5	18.60	405.91	406.48	406.88	408.13	0.097349	5.95	3.41	9.80	2.87
B11-bis	932	TR5	18.60	392.70	393.36	393.83	395.15	0.075263	6.36	3.20	6.36	2.66
B11-bis	314	TR5	18.60	383.27	384.62	385.15	386.35	0.054452	5.83	3.21	4.38	2.10
B08-aff2	824	TR5	7.80	233.57	234.46	234.46	234.53	0.003921	1.40	8.23	33.06	0.59
B08-aff2	813	TR5	7.80	233.05	233.84	233.84	233.88	0.002640	1.07	10.07	38.27	0.48
B08-aff2	807	TR5	7.80	232.52	232.97	233.05	233.26	0.037364	2.66	3.79	29.05	1.64
B15_bis	981	TR5	11.50	301.28	301.86	302.19	303.31	0.113223	5.38	2.22	8.35	2.96
B15_bis	964	TR5	11.50	295.11	295.63	295.99	297.44	0.144095	6.04	2.05	9.65	3.33
B15_bis	864	TR5	11.50	286.52	287.03	287.37	288.45	0.097576	5.37	2.28	8.32	2.80
B15_bis	852	TR5	11.50	272.62	273.12	273.58	275.29	0.148095	6.53	1.78	5.36	3.42
B15_bis	808	TR5	11.50	262.65	263.06	263.24	263.77	0.074864	3.90	3.36	18.80	2.35
B15_bis	789.33*	TR5	11.50	261.18	261.66	261.86	262.37	0.054020	3.78	3.19	13.72	2.06
B15_bis	770.67*	TR5	11.50	259.70	260.21	260.43	261.09	0.060567	4.20	2.83	8.60	2.21
B15_bis	752	TR5	11.50	258.23	258.79	259.05	259.81	0.054571	4.57	2.72	8.16	2.17
B15_bis	749.25*	TR5	11.50	257.92	258.69	258.69	258.96	0.009650	2.43	5.60	16.37	0.97
B15_bis	746.50*	TR5	11.50	257.61	258.27	258.31	258.59	0.013739	2.57	5.00	13.90	1.12
B15_bis	743.75*	TR5	11.50	257.29	257.93	257.93	257.99	0.003928	1.31	11.85	42.08	0.59
B15_bis	741	TR5	11.50	256.98	257.57	257.57	257.66	0.006900	1.63	9.60	41.76	0.77
B14	1532	TR5	4.00	306.09	306.39	306.57	307.01	0.083291	3.48	1.15	5.22	2.37
B14	1529.86*	TR5	4.00	304.22	304.52	304.70	305.14	0.084695	3.49	1.15	5.26	2.38
B14	1527.71*	TR5	4.00	302.35	302.65	302.83	303.27	0.084048	3.47	1.15	5.30	2.37
B14	1525.57*	TR5	4.00	300.48	300.78	300.96	301.39	0.084242	3.46	1.16	5.35	2.38
B14	1523.43*	TR5	4.00	298.60	298.92	299.09	299.52	0.084179	3.45	1.16	5.40	2.37
B14	1521.29*	TR5	4.00	296.73	297.05	297.22	297.65	0.084252	3.43	1.17	5.46	2.37
B14	1519.14*	TR5	4.00	294.86	295.18	295.35	295.77	0.084253	3.42	1.17	5.53	2.37
B14	1517	TR5	4.00	292.99	293.31	293.48	293.90	0.084253	3.40	1.18	5.60	2.37
B14	1492	TR5	4.00	288.41	288.69	288.76	288.89	0.038964	2.18	2.20	17.50	1.59
B14	1485	TR5	4.00	286.85	287.20	287.17	287.24	0.005978	0.99	4.94	32.11	0.65
B14	1476	TR5	4.00	285.02	285.60	285.53	285.66	0.005476	1.34	3.59	17.54	0.67
B13	845	TR5	4.40	309.96	310.28	310.46	310.92	0.094491	3.54	1.24	6.07	2.50
B13	838	TR5	4.40	302.17	302.50	302.70	303.30	0.132428	3.96	1.11	5.91	2.92
B13	836	TR5	4.40	297.21	297.54	297.71	298.03	0.071598	3.11	1.41	6.81	2.18
B13	831	TR5	4.40	294.87	295.26	295.36	295.57	0.037734	2.47	1.78	7.50	1.62
B13	814	TR5	4.40	289.41	289.79	289.93	290.25	0.050277	3.01	1.46	5.62	1.89
B13	812	TR5	4.40	286.09	286.49	286.64	286.92	0.048722	2.90	1.52	6.08	1.85
B13	810	TR5	4.40	285.03	285.49	285.53	285.63	0.016536	1.87	2.87	16.45	1.10
B13	804	TR5	4.40	284.09	284.52	284.53	284.63	0.010661	1.58	3.20	15.19	0.90
B19-fin	187	TR5	7.50	198.08	198.68	198.77	198.96	0.019288	2.51	3.67	18.26	1.26
B19-fin	183	TR5	7.50	196.69	197.30	197.46	197.75	0.033272	2.99	2.61	9.59	1.62
B19-fin	175	TR5	7.50	194.73	195.62	195.84	196.13	0.019004	3.38	2.66	7.28	1.31
B19-fin	172	TR5	7.50	193.18	193.84	194.06	194.45	0.034972	3.46	2.20	6.48	1.68
B19-fin	163	TR5	7.50	191.87	192.58	192.69	192.90	0.018918	2.56	3.25	14.87	1.25
B19-fin	154	TR5	7.50	191.00	191.59	191.69	191.91	0.023220	2.66	3.47	19.19	1.37
B20-bis	852	TR5	11.40	220.05	220.45	220.85	222.91	0.307635	6.93	1.64	7.11	4.60
B20-bis	848	TR5	11.40	216.39	217.12	217.24	217.53	0.017070	2.86	4.19	10.19	1.24
B20-bis	846	TR5	11.40	208.57	209.12	209.47	210.38	0.085725	4.98	2.30	6.50	2.61
B20-bis	824	TR5	11.40	199.78	200.46	200.65	200.96	0.026900	3.12	3.65	8.32	1.50
B20-bis	817	TR5	11.40	192.83	193.44	193.64	194.02	0.038052	3.36	3.39	9.00	1.75
B18-fin	626	TR5	16.00	213.05	213.80	213.93	214.16	0.015850	2.76	6.46	17.80	1.20
B18-fin	622	TR5	16.00	209.82	210.58	210.69	211.04	0.019263	3.49	6.20	19.32	1.37
B16	2063	TR5	36.20	223.65	224.30	224.25	224.45	0.008341	1.97	20.86	48.72	0.87
B16	2061	TR5	36.20	220.23	222.07	222.07	222.54	0.005422	3.39	13.60	14.77	0.84
B16	2054	TR5	36.20	216.99	217.85	218.35	219.97	0.086571	7.15	5.89	12.51	2.85
B16	2043	TR5	36.20	215.54	216.89	216.89	217.30	0.006877	3.07	13.90	17.62	0.90
B16	2035	TR5	36.20	213.39	214.99	214.93	215.39	0.005655	2.98	13.98	15.69	0.83
B16	2023	TR5	36.20	212.52	213.56	213.50	213.85	0.005717	2.46	16.63	35.89	0.80
B16	2006	TR5	36.20	211.16	212.15	212.03	212.29	0.005309	1.96	22.57	44.08	0.73
B17-bis	2063	TR5	27.00	271.81	272.55	272.84	273.55	0.080275	4.44	6.08	18.74	2.49
B17-bis	2052	TR5	27.00	265.26	266.06	266.23	266.63	0.026815	3.34	8.09	16.80	1.53
B17-bis	2047	TR5	27.00	259.61	260.53	260.88	261.62	0.049837	4.63	5.83	11.71	2.09
B17-bis	2038	TR5	27.00	254.39	255.15	255.37	255.82	0.033881	3.63	6.44	16.27	1.71
B17-bis	2034	TR5	27.00	248.72	249.55	249.84	250.48	0.038814	4.26	7.33	11.91	1.87
B17-bis	2026	TR5	27.00	243.91	244.69	244.92	245.39	0.036836	3.69	7.31	16.54	1.78
B17-bis	2021	TR5	27.00	236.46	237.07	237.23	237.59	0.039021	3.21	8.40	24.57	1.76
B17-bis	2017	TR5	27.00	232.77	233.52	233.55	233.81	0.013704	2.37	11.38	23.92	1.10
B17-bis	2011	TR5	27.00	226.42	226.83	227.11	228.16	0.178491	5.11	5.28	24.10	3.49
B21-aff1	548	TR5	17.50	233.14	233.84	234.29	236.04	0.108309	6.76	2.87	8.94	3.07
B21-aff1	534	TR5	17.50	223.33	223.86	224.26	225.48	0.113798	5.64	3.13	9.37	3.01
B21-aff1	526	TR5	17.50	212.08	212.80	213.22	214.92	0.097594	6.85	3.06	10.05	2.95
B21-aff2	289	TR5	17.50	227.54	228.14	228.50	229.84	0.092149	5.99	3.38	13.42	2.81
B21-aff2	287	TR5	17.50	222.85	223.27	223.66	225.12	0.149975	6.08	2.97	10.56	3.41
B21-aff2	285	TR5	17.50	218.03	218.71	219.06	220.02	0.063479	5.24	3.71	11.09	2.37
B21-aff2	272	TR5	17.50	209.57	210.15	210.53	211.79	0.101662	5.76	3.18	10.11	2.90
B05-aff1	231	TR5	12.40	275.01	275.54	275.92	277.33	0.122085	6.20	2.25	8.35	3.15
B05-aff1	228	TR5	12.40	265.96	266.51	266.90	268.43	0.145169	6.18	2.06	7.07	3.36
B05-aff1	215	TR5	12.40	256.70	257.15	257.44	258.29	0.097482	4.77	2.68	10.22	2.73
B05-aff2	532	TR5	12.40	277.93	278.50	278.91	280.75	0.166689	6.81	1.98	7.85	3.60
B05-aff2	521	TR5	12.40	265.15	265.69	266.15	268.26	0.196237	7.11	1.76	5.73	3.88
B05-aff2	514	TR5	12.40	256.55	257.04	257.41	258.52	0.130967	5.40	2.30	7.80	3.13
B05-aff3	354	TR5	12.40	268.04	268.77	269.07	270.18	0.059774	5.70	2.65	7.32	2.33
B05-aff3	341	TR5	12.40	262.75	263.40	263.79	264.85	0.074819	5.39	2.43	7.33	2.52
B05-aff3	317	TR5	12.40	259.18	259.82	260.05	260.70	0.049256	4.33	3.25	11.72	2.04
B21-ter	1328	TR5	17.50	235.01	235.44	235.60	235.93	0.048640	3.15	5.80	27.04	1.90
B21-ter	1324	TR5	17.50	229.09	229.59	229.69	229.94	0.020943	2.72	6.90	20.84	1.33
B21-ter	1286	TR5	17.50	223.21	223.66	223.89	224.61	0.080680</				

B10-bis	7785	TR5	9.60	304.44	305.02	305.37	306.32	0.083556	5.03	1.91	4.80	2.55
B09-ter	7784	TR5	20.00	283.19	283.60	284.25	288.93	0.481139	10.22	1.96	6.57	5.98
B09-ter	7765	TR5	20.00	277.96	279.25	279.28	279.72	0.011180	3.04	6.59	7.68	1.05
B09-ter	7753	TR5	20.00	275.91	277.32	277.33	277.69	0.010682	2.69	7.44	10.34	1.01
B09-ter	7735	TR5	20.00	271.67	272.75	272.97	273.47	0.022553	3.75	5.33	7.83	1.45
B09-ter	7728	TR5	20.00	268.96	269.94	269.97	270.30	0.012138	2.65	7.55	12.14	1.07
B09-ter	7719	TR5	20.00	266.31	267.16	267.29	267.66	0.020343	3.12	6.41	11.86	1.36
B09-aff2	521	TR5	20.00	338.90	339.65	340.20	342.45	0.150021	7.41	2.72	6.83	3.53
B09-aff2	515	TR5	20.00	319.26	319.85	320.33	322.33	0.173373	6.97	2.87	7.97	3.71
B09-aff2	512	TR5	20.00	303.58	304.26	304.75	306.46	0.105857	6.59	3.10	7.15	3.02
B09-aff2	510	TR5	20.00	298.90	299.55	299.93	301.51	0.104413	6.20	3.24	7.82	2.96
B09-aff2	508	TR5	20.00	295.47	296.11	296.48	297.59	0.080658	5.51	3.93	13.06	2.63
B09-aff2	504	TR5	20.00	288.93	289.31	289.66	291.66	0.240949	6.78	2.95	11.01	4.18
B09-aff2	501	TR5	20.00	283.31	283.97	284.41	286.31	0.118225	6.83	3.09	9.57	3.18
B11-fin	392	TR5	18.60	380.44	380.95	381.64	386.52	0.458295	11.20	1.83	6.23	5.99
B11-fin	284	TR5	18.60	370.31	371.84	372.09	372.71	0.023253	4.13	4.51	5.24	1.42
B22-fin	1925	TR5	8.20	188.35	188.74	188.99	189.77	0.127236	4.50	1.82	7.78	2.97
B22-fin	1921	TR5	8.20	186.13	186.59	186.59	186.72	0.014510	1.58	5.19	20.96	1.01
B22-fin	1918	TR5	8.20	182.98	183.62	183.85	184.35	0.051030	3.77	2.17	5.99	2.00
B22-fin	1915	TR5	8.20	180.82	181.47	181.51	181.72	0.017165	2.21	3.72	10.23	1.17
B16-bis	2888	TR5	10.00	344.61	345.17	345.30	345.50	0.020735	2.60	4.23	18.31	1.31
B16-bis	2874	TR5	10.00	343.64	344.23	344.26	344.45	0.012941	2.11	4.96	16.14	1.04
B16-bis	2869	TR5	10.00	342.64	343.18	343.23	343.41	0.017355	2.14	4.69	15.36	1.17
B16-bis	2858	TR5	10.00	340.77	341.28	341.45	341.79	0.034081	3.17	3.15	8.38	1.65
B16-bis	2840	TR5	10.00	339.49	340.01	340.08	340.28	0.018183	2.52	4.57	15.16	1.24
B16-bis	2837	TR5	10.00	331.32	331.65	332.08	335.10	0.513583	8.23	1.22	5.97	5.82
B23	1749	TR5	3.00	227.37	227.60	227.67	227.85	0.048159	2.21	1.36	8.31	1.73
B23	1747	TR5	3.00	219.35	219.70	219.86	220.25	0.081196	3.27	0.92	4.47	2.31
B23	335	TR5	3.00	212.59	212.81	212.86	212.97	0.030592	1.82	1.71	11.15	1.39
B23	29	TR5	3.00	208.53	208.75	208.79	208.89	0.032117	1.81	2.12	25.24	1.41

Tabella 7 – Dati idraulici e geometrici sulle sezioni dell’impianto agro-fotovoltaico

L’output del modello della stazione di rete è di tipo grafico e riporta le aree di inondazione in seguito ad evento di piena con tempo di ritorno fissato pari a $T = 300$ anni (Figura 13). Mentre per il campo agro-fotovoltaico riporta le aree di inondazione in seguito ad evento di piena con tempo di ritorno fissato pari a $T = 5$ anni (Figure 14A, 14B, 14C).

Nella figura 16 si riporta un dettaglio di zona di inondazione di un affluente interno al campo agro-fotovoltaico e il distanziamento di 10 metri dalla superficie di allagamento.



Figura 13 - Individuazione zone di inondazione con sovrapposizione dell’area di interesse – Stazione di rete



Figura 14 A- Individuazione zone di inondazione con sovrapposizione dell'area di impianto Lotto A site nelle contrade Arcivocale, Castellana e Giangrosso

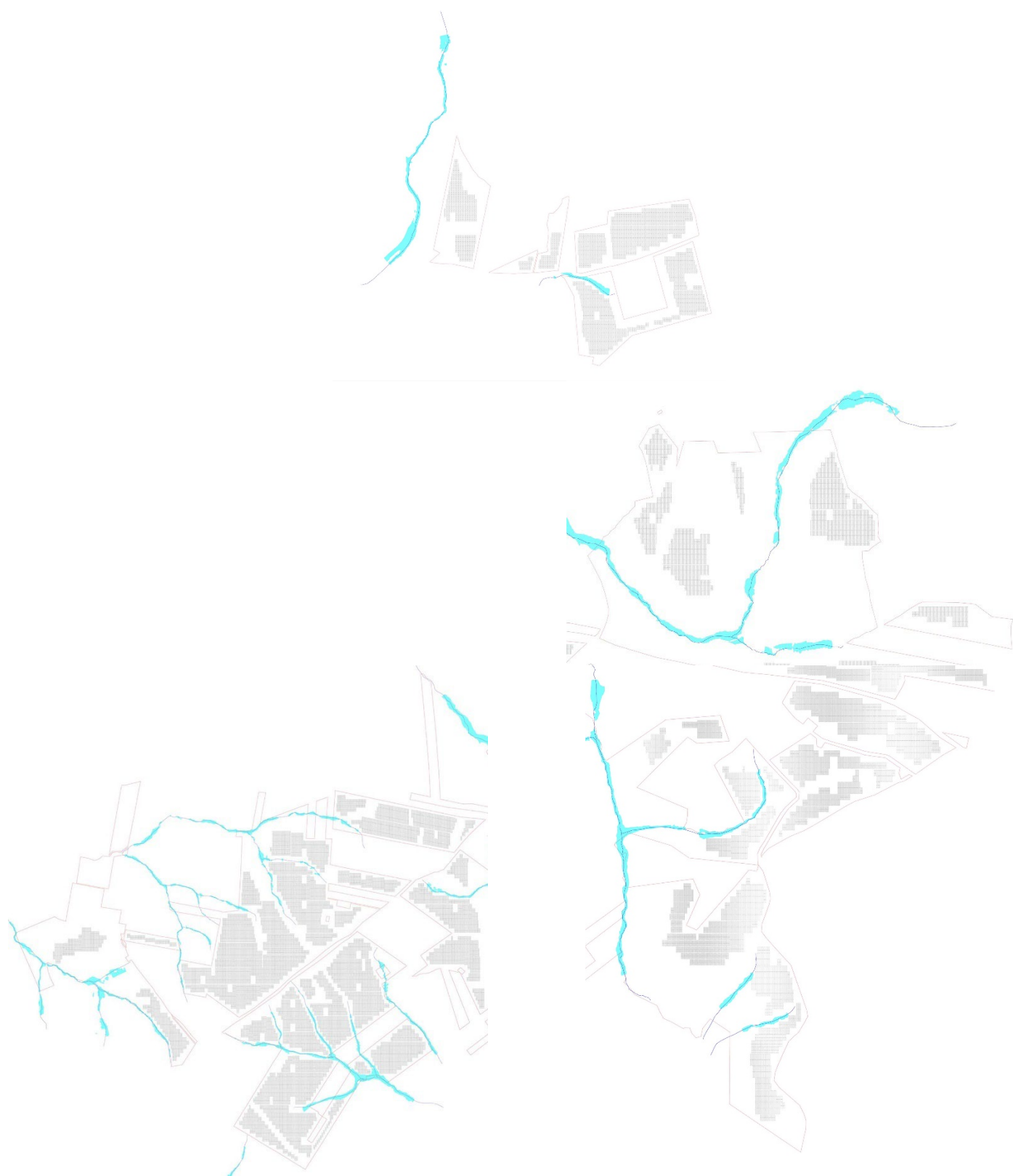


Figura 14 B- Individuazione zone di inondazione con sovrapposizione dell'area di impianto Lotto B site nelle contrade Capparini, Gamberi, Ponte e Sticca



Figura 14 C- Individuazione zone di inondazione con sovrapposizione dell'area di impianto Lotto C site nelle contrade Galardo, Giammaria e Petrulla

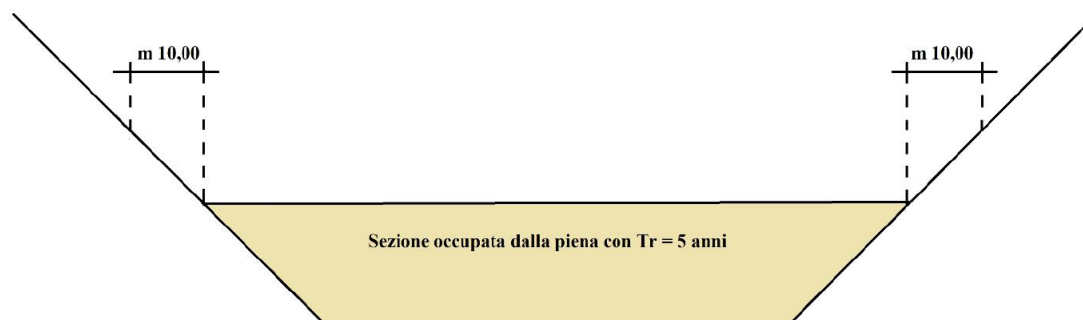


Figura 15 - Particolare sezione idraulica - DSG 119/2022

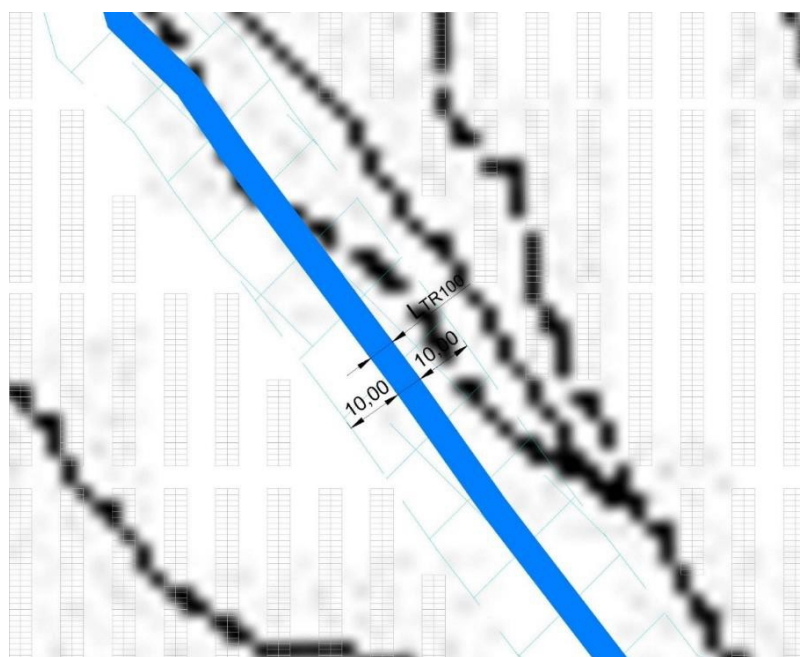


Figura 16 - Particolari zone di inondazione con sovrapposizione dell'area di interesse – Impianto fotovoltaico

Dai risultati si evince che gli impianti fotovoltaici in progetto saranno realizzati in aree non ricadenti con le zone di inondazione così calcolate e comunque distanziati almeno 10 m della superficie di allagamento, in modo tale da assicurare la distanza di rispetto dai canali fluviali.

7 CONCLUSIONI - COMPATIBILITA' IDRAULICA

Alla luce delle verifiche effettuate ed in seguito al calcolo idrologico e alla simulazione idraulica, è possibile concludere che gli affluenti non comportano situazioni di rischio per le opere in progetto. È possibile concludere inoltre che:

- le opere in progetto, secondo le Norme del PAI, rientrano fra quelle consentite, data la valutazione di rischio nullo ad esse associato e dall'analisi degli effetti indotti sulle aree limitrofe;
- l'impatto delle opere da realizzare sull'attuale assetto idraulico nelle zone limitrofe a monte e a valle non determina una variazione delle attuali nulle condizioni del rischio d'inondazione;
- Le aree di inondazione, in seguito ad evento di piena corrispondente ai tempi di ritorno considerati, non rientrano all'interno dell'area oggetto di studio, non si sovrappongono con l'area destinata all'ubicazione della stazione di rete e dell'impianto agro-fotovoltaico.

Si vuole infine portare l'attenzione sulla condizione relativa allo stato di manutenzione dell'alveo. Al fine di garantire l'efficienza idraulica, così come viene modellata in questa sede, nella fase di esercizio, oltre alla manutenzione dell'impianto, si effettueranno interventi periodici sul terreno al fine di evitare lo sviluppo incontrollato di alte erbe e arbusti.

8 ATTRAVERSAMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Obiettivo del presente studio è anche quello di individuare la migliore modalità per la realizzazione dei cavidotti, evidenziati nei punti indicati nella Tav. SP12EPD012_00 (in corrispondenza delle interferenze del reticolo idrografico).

Al fine di evitare la realizzazione di opere che possano alterare la sicurezza idraulica post-operam, tutti gli attraversamenti verranno realizzati con la tecnica del *no dig*.

Nel dettaglio, in corrispondenza delle interferenze del reticolo idrografico prima indicate, l'attraversamento avverrà ad una profondità maggiore di 3,00 m dal punto depresso del terreno in prossimità del reticolo idrografico. Valore ottenuto a seguito del calcolo dell'erosione effettuato prendendo in considerazione il reticolo idrografico con le portate più significative.

A seguire si restituiscono alcuni schemi semplificativi della NO-DIG (Figura 17).

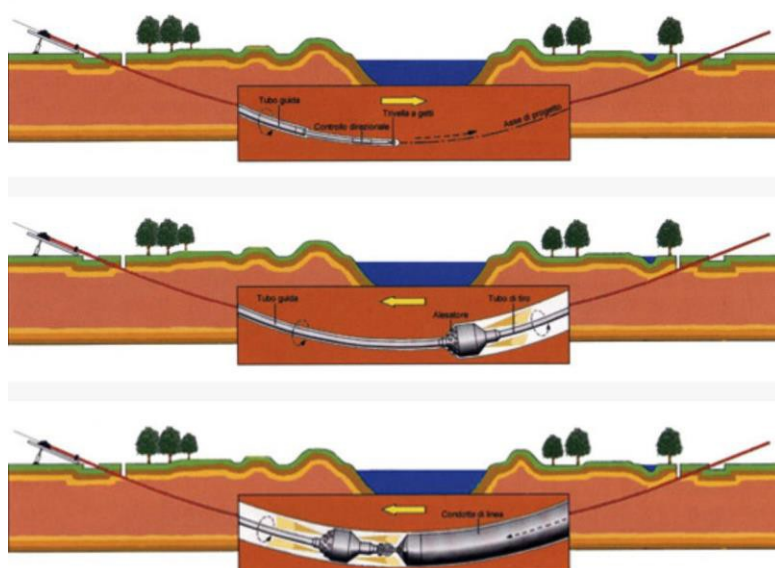


Figura 17 - Operazioni di scavo direzionali con NO-DIG

8.1 Calcolo erosione

In generale, la corrente idrica esercita un'azione di trascinamento sui grani di materiale disposti sul contorno bagnato e, se questi non sono sufficientemente stabili, li sposta ossia, erode il letto fluviale mobile. L'erosione può provocare l'abbassamento del letto e/o il crollo delle sponde con allargamento e spostamento dell'alveo.

Il calcolo dell'erosione è stato eseguito per i seguenti reticoli per i quali si hanno le portate più significative:

CODICE Interferenza/Attraversamento	tipologia alveo	parte opera che interferisce
Interferenza G	Canale rinvenuto da carta CTR	Cavidotto interno interrato
Interferenza U	Canale rinvenuto da carta CTR	Cavidotto interno interrato

Per le valutazioni più speditive si può ricavare la profondità di erosione ($H_{\text{dilatamento}}$) come differenza tra il tirante d'acqua h antecedente alla erosione e il tirante d'acqua h_e a fenomeno avvenuto:

$$H_{\text{dilatamento}} = h_e - h$$

dove:

h_e : tirante successivo all'erosione (calcolato con le formule empiriche di Blench)

h : tirante antecedente all'erosione.

Il tirante d'acqua h_e a fenomeno avvenuto si ricava da formule del tutto empiriche e senza giustificazione teorica, dall'equilibrio dei canali a regime.

La formula di Blench (1969) propone:

$$h_e = 0.379 q^{2/3} d_{50}^{-1/6} \quad \text{per sabbia e limo} \quad \text{con } 6 \cdot 10^{-5} < d_{50} \text{ (m)} < 0.002$$

$$h_e = 0.692 q^{2/3} d_{50}^{-1/12} \quad \text{per sabbia e ghiaia} \quad \text{con } 0.002 < d_{50} \text{ (m)}$$

Per il calcolo di "q" si utilizza il tirante e velocità forniti dal modello idraulico lungo le sezioni stesse. Si valuta a seguire il fenomeno per l'interferenza D.

Si è assunto, in maniera cautelativa, che detti valori massimi, misurati in corrispondenza delle sezioni di attraversamento prossime all'interferenza, possano definire le suddette portate per unità di larghezza del canale q se li si considera rappresentativi per tutta la sezione stessa, fissando, in questo modo, una sezione rettangolare per gli alvei. Questa posizione è, di fatto, ampiamente cautelativa in quanto in una sezione mistilinea i valori di tirante e velocità variano dai valori massimi adottati fino a quelli molto più modesti che si ritrovano lungo i bordi delle aree allagabili.

Erosione Interferenza G:

Tirante: $h = 0,90$ m

Velocità = 3,24 m/sec

$d_{50} = 0,002$ (sabbie e limi)

Portata unitaria $q = 2,92 \text{ m}^2/\text{sec}$

$h_e = 1,82 \text{ m}$

$H_{\text{dilavamento}} = 1,82 - 0,90 = 0,92 \text{ m}$

Erosione Interferenza U:

Tirante: $h = 0,92 \text{ m}$

Velocità = $4,63 \text{ m}/\text{sec}$

$d_{50} = 0,002$ (sabbie e limi)

Portata unitaria $q = 4,26 \text{ m}^2/\text{sec}$

$h_e = 2,30 \text{ m}$

$H_{\text{dilavamento}} = 2,30 - 0,92 = 1,38 \text{ m}$

Per quanto appena esposto il cavidotto interrato MT, in corrispondenza degli attraversamenti verrà realizzato con tecnica NO-DIG; per tali tratti la profondità di posa prevista è di 3,00 m, in modo tale che il cavidotto non potrà essere interessato da fenomeni erosivi.

9 INVARIANZA IDRAULICA

Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate, o comunque interessate da un progetto ove sia prevista una modifica alla permeabilità del suolo, nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione o alle opere di che trattasi.

In base a tale principio si richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene. In altre parole e in maniera più sintetica questo principio è volto a mantenere le condizioni di naturalità del bacino idrografico. Sia ben inteso che le condizioni di riferimento sono le portate naturali al picco che attraversano una sezione di chiusura di un bacino per assegnato tempo di ritorno.

Lo scopo del presente capitolo è quello di verificare che gli interventi di trasformazione territoriale, per tramite della realizzazione di opportune misure di compensazione opportunamente dimensionate, non alterino la risposta idraulica del bacino oggetto dell'intervento, tenendo conto degli indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica contenuti nel D.D.G. 102/2021.

La procedura per il calcolo dell'invarianza idraulica, descritta nel D.D.G. 102/2021, consiste nei passi descritti nel seguito:

- i. Preliminare valutazione della possibilità di limitare l'impermeabilizzazione del suolo preferendo, per quanto possibile, volumetrie edilizie che si sviluppano in altezza e sistemazioni permeabili delle aree scoperte possibilmente a verde;
- ii. Determinazione dei coefficienti di deflusso e delle portate ante operam e post operam;
- iii. Stima del volume delle acque defluenti da superfici potenzialmente non inquinate (escluse quindi strade, parcheggi, piazzali, aree di servizio e di movimentazione merci pericolose, ecc.) e del reale fabbisogno idrico per il riuso locale compatibile (innaffiamento aree a verde, lavaggio aree esterne, riserva antincendio, ecc.).
- iv. Definizione della portata da accumulare, laminare e/o infiltrare che, per il principio di invarianza idraulica, dovrà essere uguale alla differenza tra la portata post operam e quella ante operam. Si verificherà, dunque, che la portata massima al collettore pubblico o nel corpo idrico ricettore non aumenti per effetto della realizzazione delle opere in progetto;
- v. Determinazione del volume di laminazione necessario a compensare l'aumento di

impermeabilizzazione del suolo; in alternativa o in aggiunta al volume di laminazione, si potrà valutare il volume di infiltrazione nel suolo;

- vi. Individuazione della soluzione tecnica attraverso cui ottenere il volume d'invaso (laminazione) e il diametro della tubazione di scarico (strozzatura di controllo); determinazione della soluzione tecnica per realizzare l'infiltrazione nel suolo;
- vii. Determinazione e verifica della portata rilasciata dalla vasca di laminazione e/o infiltrata nel suolo.

Lo studio idrologico e idraulico delle aree interessate dalle opere del progetto fotovoltaico ha messo a confronto lo scenario ante-operam e quello post-operam, come richiesto dal D.D.G. 102/2021, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione invarianza idraulica, delle variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione delle variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

Nell'analisi dell'invarianza idraulica relativa alla stazione di rete si è tenuto conto della variazione di capacità di infiltrazione dei terreni dovuti alla realizzazione di infrastrutture incrementando per la superficie dell'area di intervento (a favore di sicurezza) il coefficiente di deflusso pari ad 1. Successivamente è stato effettuato un confronto tra le portate al colmo defluenti sulle aree oggetto di studio in condizioni ante e post-operam, come previsto dalla normativa.

9.1 Studio Invarianza Idraulica- Stazione di rete

L'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuiscono in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso delle aree trasformate.

Per queste trasformazioni dell'uso del suolo che provocano una variazione di permeabilità superficiale si prevedono misure compensative volte a mantenere costanti le portate di assegnato tempo di ritorno secondo il principio dell'invarianza idraulica.

Giova, ai fini dei calcoli idrologici di seguito illustrati, distinguere una situazione ex ante (cioè prima della realizzazione delle opere) ed ex post (cioè dopo la realizzazione delle opere). Le due situazioni individuano in ogni punto del bacino in esame un diverso coefficiente di afflusso, prima e dopo la realizzazione delle opere.

Attualmente l'area di intervento non risulta edificata e/o pavimentata e quindi il coefficiente di afflusso è ricavabile dall'uso del suolo e dalle caratteristiche dei terreni.

Le opere di progetto interessano una parte del bacino idrografico su cui insiste l'opera stessa. In

corrispondenza dell'opera si induce una modifica del coefficiente di afflusso, incrementato all'unità, in ragione della piena impermeabilità indotta. In vero però la maggior parte del bacino non è interessata da impermeabilizzazioni di sorta e di questo va opportunamente tenuto conto,

Per le considerazioni di cui sopra, il calcolo della portata di progetto per le eventuali opere di compenso e i corrispondenti volumi, è stato effettuato calcolando il coefficiente di deflusso nello stato attuale (ϕ_a) e nello stato post-intervento (ϕ_p) con riferimento all'intero bacino drenato.

9.2 Stima dei volumi di compenso ai fini dell'invarianza idraulica

Considerato lo stato di fatto dei luoghi e il futuro assetto di progetto, il calcolo del coefficiente di deflusso è stato effettuato in funzione anche dell'aliquota di superficie impermeabile presente nei bacini oggetto di studio (A_{imp}) e assumendo come valore quello medio ponderato sull'area:

$$\varphi = \frac{(\varphi_{perm} \times A_{perm}) + (\varphi_{imp} * A_{imp})}{A_{tot}}$$

Dove

- A_{perm} è l'aliquota di area permeabile;
- A_{imp} è l'aliquota di area impermeabile;

Per quanto riguarda la variazione di capacità di infiltrazione dei terreni dovuti alla realizzazione di infrastrutture si stima che la superficie dell'area di intervento è pari a circa 24.000 mq, ove si suppone, a favore di sicurezza di incrementare il coefficiente di afflusso ad uno.

Considerando l'evento piovoso con tempo di ritorno di 50 anni, si determinerebbe un incremento dei deflussi superficiali pari a 0.22 m³/sec. Tale incremento è legato alla impermeabilizzazione di una piccola parte del bacino sotteso e, matematicamente, all'incremento, in vero di modesta entità, del coefficiente di afflusso a scala di bacino.

Si osservi anche che le opere di che trattasi non insistono esattamente sulla sezione di chiusura del bacino, per cui le portate in aggiunta, nel transito in rete idrografica avrebbero tempo e modo di infiltrarsi. Purtroppo, a favore di sicurezza, si è ritenuto opportuno porre in essere delle misure di mitigazione progettate al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica mediante detenzione dei volumi.

Il calcolo del volume da assegnare alle opere di detenzione, in linea teorica, è ottenibile tramite il calcolo della differenza degli idrogrammi di piena nella situazione ex post e quello ex ante. Le due curve, come è ben noto in letteratura, oltre a mostrare una differenza nell'intensità del picco, presentano uno shift temporale: la curva ex post infatti anticipa il picco, come illustrato in figura 18.

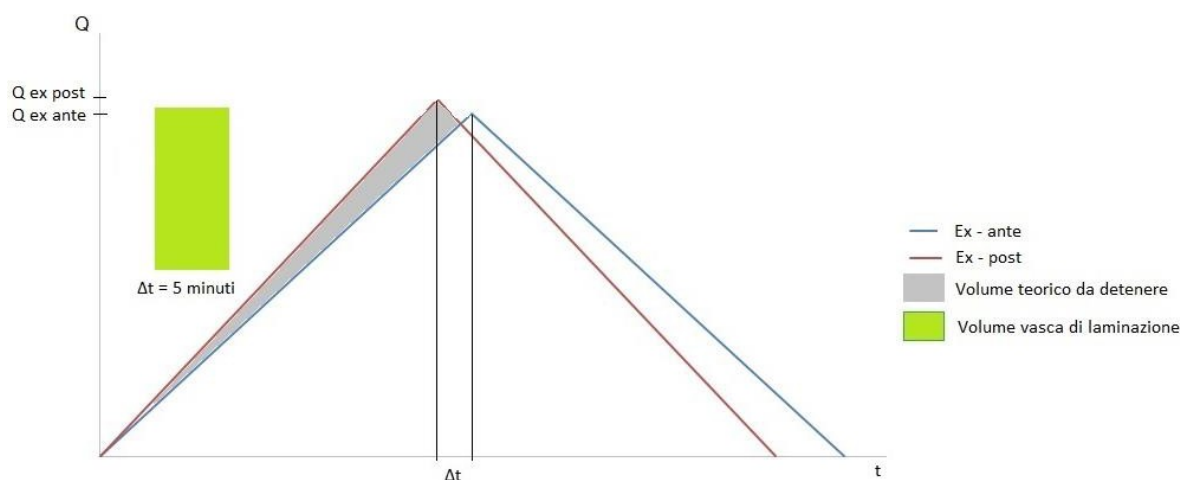


Figura 18 – Idrogramma di piena ex ante ed ex post

Nel caso in esame, l'anticipo è di qualche secondo (rappresenta, a conti fatti, una frazione del tempo di corrivazione del bacino).

Sempre a favore di sicurezza però, il calcolo del volume da assegnare all'opera di detenzione è stato ottenuto moltiplicando la differenza di portata per un tempo di 5 minuti, abbondantemente superiore alla distanza temporale tra i due picchi di piena. Il calcolo porge un volume di detenzione pari al circa 67 m³.

Data l'intenzione di conservare lo stato naturale del recapito finale attualmente in esercizio, senza variazioni di quantità delle portate dal sito di intervento, si ritiene ragionevole installare una vasca di laminazione, di capacità pari a 100 m³, il cui ruolo principale è quello di detenere temporaneamente l'eccesso delle acque di piena. Le acque temporaneamente stoccate vengono poi restituite a valle, quando è passato il colmo dell'ondada di piena.

Sarà previsto, dunque, un drenaggio delle acque meteoriche all'interno dell'area della stazione con un sistema di caditoie puntuali e tubazioni in PVC che, captati i deflussi meteorici li convoglierà alla vasca.

CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA ALLO SCARICO E STROZZATURA DI CONTROLLO

L'obiettivo progettuale è di limitare il coefficiente udometrico post intervento a 20 l/s*ha, pari a quello per le aree agricole ante-operam passate da permeabili ad impermeabili. Risulta dunque necessario verificare l'efficacia idraulica della tubazione terminale di scarico dalla vasca di laminazione verso il fosso recettore (strozzatura di controllo).

Considerando che la superficie dell'area di intervento è pari a circa 24.000 mq, il valore limite da non superare allo scarico nel ricettore finale risulta essere:

$$Q_{\max} = 20 \cdot 24.000 / 10.000 = 48 \text{ l/s}$$

determinato dal fatto che allo stato ante operam l'area oggetto di studio era permeabile e contribuiva quindi per 20 l/s*ha, dunque deve essere garantito dalla "strozzatura di controllo" terminale.

Per la determinazione della portata smaltibile è possibile considerare un funzionamento a battente e sbocco libero, per il quale si utilizza la seguente formula:

$$Q = \mu A \sqrt{2gh}$$

Q = portata

$\mu = 0.6$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$ accelerazione di gravità

h = battente



Considerando che ciascuna vasca di laminazione prevista avrà dimensioni 20 m X 5 m ed una altezza di 1 m ed una capacità di 100 m³, adottando un battente di 0,7 m e un tubazione in PVC DN160 per la strozzatura in uscita dalle vasche di laminazione, si ottiene una portata massima di 40,35 l/s, inferiore a quella massima ammissibile pari a 48 l/s all'uscita di ogni vasca.

Tenendo conto, inoltre, che il volume della vasca è superiore rispetto al volume calcolato ai fini dell'invarianza, in condizioni di normale funzionamento del sistema, anche per eventi particolarmente intensi, il battente risulterà inferiore e di conseguenza calerà la portata in uscita verso il fosse recettore.

9.3 Studio Invarianza Idraulica – Impianto Agro-Fotovoltaico

L'impermeabilizzazione delle superfici contribuisce in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso ed al conseguente aumento del coefficiente udometrico delle aree trasformate.

Nel seguente paragrafo verranno analizzate tutte le possibili misure compensative volte a mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'"invarianza idraulica".

Nella tabella seguente sono riportati i coefficienti udometrici ante opera relativi alle aree di impianto suddivisi per bacino di appartenenza:

Bacino	Coefficiente udometrico (l/s*ha)
B1	73
B2	82
B3	76
B4	42
B5	88
B6	69
B7	48
B8	59
B9	51
B10	78
B11	89
B12	100
B13	110
B14	102
B15	97
B16	58
B17	66
B18	85
B19	96
B20	86
B21	80
B22	82
B23	115

Tabella 8 – Coefficienti udometrici ante opera

L'installazione di pannelli fotovoltaici all'interno dell'area in questione è tale da non presentare alterazioni alla permeabilità del suolo. Allo stesso tempo, è bene ribadirlo, le opere non inducono immissione di scarichi di nessun tipo, né di natura civile, né industriale.

All'interno dell'area oggetto di intervento si ritiene rispettato il principio di invarianza idraulica, tale affermazione è giustificata dal fatto che i pannelli scaricano la pioggia sul terreno sottostante che rimane permeabile come nella situazione attuale.

Si aggiunga che i pannelli ruotano nel corso della giornata quindi le superfici scolanti restituiscono le acque meteoriche non sempre sullo stesso punto. Questa considerazione fugge anche l'eventuale preoccupazione, lecita solo nel caso di pannelli fissi, che gli scarichi continui potrebbero indurre innaturali saturazioni localizzate del suolo.

Sarà comunque previsto un drenaggio delle acque meteoriche all'interno dell'area dell'impianto mediante un sistema di tubazioni drenanti che, captati i deflussi meteorici li convoglierà successivamente nel recettore finale esistente.

Il principio dell'invarianza idraulica ai sensi del D.D.G. 102/2021 può considerarsi rispettato, ma in via cautelativa si è proceduto al dimensionamento di un sistema di accumulo e smaltimento delle acque da laminare.

9.4 Stima dei volumi di compenso vasche di laminazione - Impianto Agro-Fotovoltaico

Per le aree destinate all'installazione dei pannelli può essere fatto un ragionamento analogo a quanto effettuato per l'area della stazione di rete.

Per quanto riguarda la variazione di capacità di infiltrazione dei terreni dovuti all'installazione dei pannelli fotovoltaici sono state calcolate le superfici occupate, ove si suppone, a favore di sicurezza di incrementare il coefficiente di afflusso ad uno.

Considerando l'evento piovoso con tempo di ritorno di 50 anni, sono stati calcolati gli incrementi dei deflussi superficiali. Tale incremento, si veda Tabella 8, è legato alla impermeabilizzazione di una piccola parte del bacino sotteso e all'incremento, di modesta entità, del coefficiente di afflusso a scala di bacino.

Si ribadisce anche che le opere di che trattasi non insistono esattamente sulla sezione di chiusura del bacino, per cui le portate in aggiunta, nel transito in rete idrografica avrebbero tempo e modo di infiltrarsi. Purtroppo, a favore di sicurezza, si è ritenuto opportuno porre in essere ulteriori misure di mitigazione, oltre a quelle citate nel paragrafo precedente, al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica mediante detenzione dei volumi.

Il calcolo del volume da assegnare alle opere di detenzione è stato calcolato dalla differenza degli idrogrammi di piena nella situazione ex post e quello ex ante, considerando che le due curve, oltre a mostrare una differenza nell'intensità del picco, presentano uno shift temporale.

Nel caso in esame, l'anticipo è dell'ordine del minuto che rappresenta una frazione del tempo di corrivazione del bacino.

Sempre a favore di sicurezza però, il calcolo del volume da assegnare all'opera di detenzione è stato ottenuto moltiplicando la differenza di portata per un tempo di 5 minuti, abbondantemente superiore

alla distanza temporale tra i due picchi di piena. Il calcolo porge i volumi di detenzione riportati nella seguente tabella.

Bacino	Superficie impermeabilizzata (m²)	Variazione di portata (m³/s)	Volume da laminare (m³)
B1	11680	0.06	17
B2	34836	0.18	53
B3	35344	0.18	53
B4	192461	0.52	155
B5	91508	0.50	151
B6	0	0	0
B7	0	0	0
B8	42047	0.16	48
B9	66524	0.22	67
B10	19195	0.10	29
B11	41844	0.24	73
B12	64188	0.41	123
B13	17570	0.12	37
B14	56367	0.33	100
B15	13609	0.09	26
B16	127664	0.49	146
B17	105930	0.45	136
B18	211961	1.08	325
B19	78914	0.46	137
B20	108063	0.57	172
B21	213078	1.04	311
B22	28539	0.15	45
B23	11375	0.08	25

Tabella 9 – Tabella riassuntiva dei volumi di laminazione

Data l'intenzione di conservare lo stato naturale del recapito finale attualmente in esercizio, senza variazioni di quantità delle portate dal sito di intervento, si ritiene ragionevole installare delle vasche di laminazione di dimensioni 2,5 m X 4 m ed una altezza di 2,5 m ed una capacità di 21 m³ ciascuna, il cui ruolo principale è quello di detenere temporaneamente l'eccesso delle acque di piena. Le acque temporaneamente stoccate vengono poi restituite a valle, quando è passato il colmo dell'onda di piena.

10 SISTEMA DI DRENAGGIO – IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Come evidenziato nello studio dell'invarianza idraulica per l'area dell'impianto fotovoltaico, sarà previsto un drenaggio delle acque meteoriche all'interno dell'area dell'impianto mediante un sistema di tubazioni drenanti che, captati i deflussi meteorici li convoglierà successivamente nel laghetto artificiale esistente. Il drenaggio sottosuperficiale o drenaggio tubolare, è il complesso dei sistemi artificiali che permettono l'eliminazione del ristagno superficiale in situazioni di scarsa permeabilità o per presenza di strati impermeabili.

La realizzazione di un drenaggio tubolare consiste nell'impiego di attrezzi discissori, posadreni, cingolati e muniti di sistema di controllo per la sistemazione dei tubi. Si dividono in posadreni a catenaria e posadreni a talpa, le prime scavano una trincea nella quale posano i tubi, mentre le seconde posano direttamente il dreno senza scavare la trincea.

La tessitura del terreno influenza fortemente la posa dei dreni, per il calcolo della distanza massima che permette lo smaltimento giornaliero di un prefissato quantitativo di acqua (q) e quindi l'eliminazione del ristagno in tempi agronomicamente accettabili, si utilizzano equazioni empiriche, tra le quali la più utilizzata è quella di Hooghoudt-Donnan:

$$L = \sqrt{\frac{4K_1h^2}{q} + \frac{8K_2Dh}{q}}$$

dove:

L = distanza tra i dreni

K = coefficiente di permeabilità del terreno

h = dislivello tra la profondità dei dreni e la profondità massima della falda all'equilibrio

q = portata di smaltimento

D = distanza tra piano di posa dei dreni e lo strato impermeabile.

Valutata la tipologia del terreno, del franco di coltivazione che si vuole garantire si riportano i dati utilizzati per il calcolo:

k ₁	0.864	m/g
K ₂	0.0864	m/g
Profondità posa dreni	0.8	m
Profondità strato impermeabile	2	m
D	1.2	m
H	0.7	m
q	0.01	m/g

Dai calcoli eseguiti secondo la formula empirica sopra citata, la distanza tra i dreni risulta di circa 17 m. A seguito di un'attenta analisi dei dati di letteratura si evince che per i terreni di medio

impasto la distanza può variare tra 15-25 m. Quindi al fine di garantire un adeguato drenaggio è stata prevista in via cautelativa una distanza di 15 m.

In conclusione, i dreni andranno collocati a una profondità di circa 0,80 m ed una distanza tra i dreni di 15 m.

Sono stati identificati i punti di recapito finale delle acque raccolte e verificate le velocità massime raggiunte nei punti di sbocco. Considerato che le velocità risultano essere inferiori a 1 m/s, pur non ritenendosi necessario la collocazione di manufatti per la dissipazione dell'energia, in via cautelativa viene prevista la realizzazione di una protezione in geotessuto in corrispondenza di ogni punto di sbocco, come da progetto allegato "EPD018-A, EPD018-B, EPD018-C".

ALLEGATO 1 – SEZIONI HEC RAS

A seguire si riportano le sezioni idrauliche della simulazione.

