

PROPONENTE  
**Repower Renewable Spa**  
Via Lavaredo, 44  
30174 Venezia



PROGETTAZIONE E CORDINAMENTO

**LAAP ARCHITECTS®**  
urban quality consultants

LAAP ARCHITECTS Srl  
via Francesco Laurana 28  
90143 - Palermo - Italy  
t 091.7834427 - fax 091.7834427  
laap.it - info@laap.it

Numero di commessa laap: 347

Architetto e Dottore Agrotecnico Antonino Palazzolo



CONSULENTE  
Dott. Geologo Salvatore Lo Verme



N° COMMESSA

**1539**

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO BELLANOVA 9,6 MW E OPERE DI CONNESSIONE  
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI  
COMUNI DI CUSTONACI (TP), CASTELLAMMARE DEL GOLFO (TP), BUSETO PALAZZOLO (TP)  
VALDERICE (TP), ERICE (TP), TRAPANI E MISILISCEMI (TP)**

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

RELAZIONE STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICO  
IDRAULICA - INVARIANZA IDRAULICA

CODICE ELABORATO

**PD.08**

NOME FILE: 347\_CARTIGLIO\_r00.dwg

00	31/08/2023	PRIMA EMISSIONE	Geol. Salvatore Lo Verme	Arch. Sandro Di Gangi	Arch. e Agr. Antonino Palazzolo
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>3. DATI GENERALI DI PROGETTO.....</b>	<b>7</b>
3.1. Inquadramento territoriale .....	8
<b>4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>12</b>
4.1. Descrizione Generale .....	12
4.2. Idrografia.....	14
4.3. Forme di rilievo.....	15
4.4. Considerazioni sulla stabilità dei versanti oggetto di studio.....	15
4.5. Fattibilità geomorfologica (PAI) .....	16
4.6. Pericolosità e rischio idraulico (PAI).....	17
<b>5. VALUTAZIONE DELLE AREE ALLUVIONABILI .....</b>	<b>18</b>
<b>6. INVARIANZA IDRAULICA.....</b>	<b>22</b>
<b>7. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI LAMINAZIONE PER I VARI BACINI .....</b>	<b>25</b>
7.1. Determinazione del tempo di ritorno T .....	29
7.2. Applicazione del metodo tcev al caso in studio.....	29
7.3. Calcolo delle portate bianche e verifiche idrauliche .....	31
<b>8. DETERMINAZIONE INVARIANZA IDRAULICA DELL'IMPIANTO E DIMENSIONAMENTO OPERE DI LAMINAZIONE.....</b>	<b>32</b>
8.1. Bacino 1 Bis.....	33
8.2. Bacino 4.....	35
8.3. Bacino 5.....	37
8.4. Bacino 6.....	39
8.5. Bacino 6 bis .....	41
8.6. Bacino 10.....	43
<b>9. CONCLUSIONI.....</b>	<b>45</b>

## 1. PREMESSA

La società LAAP Architects Srl è stata incaricata di redigere il progetto definitivo dell'impianto agrivoltaico denominato "Bellanova" di potenza **9,6 MW**, ubicato nei Comuni di Castellammare del Golfo (TP) e Custonaci (TP), e delle relative opere di connessione. Il progetto è proposto dalla società Repower Renewable s.p.a. con sede legale in Venezia (VE) via Lavaredo 44/52 CAP 30174, d'ora in avanti chiamato **Proponente**.

Nello specifico si propone la realizzazione di:

1. **Un impianto agrivoltaico** su di un'area di circa 19 ettari sita nel territorio comunale di Castellammare del Golfo (TP) e Custonaci (TP), costituito da tracker ad inseguimento solare monoassiale composti da 30 moduli fotovoltaici da 640 W disposti su una singola fila. Il Parco agrivoltaico sarà suddiviso in **3 aree d'impianto**, così nominate:
  - **Area impianto "Forgia"**
  - **Area impianto "Guardia"**
  - **Area impianto "Susicchio"** ulteriormente suddiviso in due aree nominate **BS1** e **BS2**;

Al loro interno sono previste:

- mantenimento e ampliamento dell'attività culturale e zootecnica
- **opere di mitigazione** come fasce arboree/arbustive lungo il perimetro esterno dell'impianto
- **opere civili e idrauliche** a servizio dell'impianto e della produzione agricola

Da un punto di vista elettromeccanico, per il sistema di conversione dell'energia elettrica si è ipotizzato di installare un sistema di conversione DC/AC del tipo distribuito; tale tecnologia prevede l'adozione di inverter di piccola taglia (250 e 350 kW) installati all'interno del campo agrivoltaico in modo distribuito. Il sistema di trasformazione prevede l'installazione di trasformatori MT/BT 20/0.8 kV della taglia di 2.5 MVA e 1.25 MVA ubicati all'interno di apposite cabine di trasformazione all'interno del campo stesso (cabine di campo). Oltre all'impianto agrivoltaico verranno realizzati:

2. **Cavidotti interrati 20 kV interni al sito** per collegare le cabine di campo alla cabina di consegna CC, situata all'interno dell'area d'impianto Forgia. Verranno utilizzati cavi unipolari in formazione a trifoglio adatti alla posa direttamente interrata. All'interno dei campi le cabine di trasformazione sono collegate fra loro in entra-esce ed alla cabina di consegna;
3. Una **cabina di consegna CC** (DG 2061 Ed.9), situata all'interno dell'area d'impianto Forgia, da cui partiranno i cavidotti MT a 20 kV verso uno stallo nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci
4. **Cavidotti interrati 20 kV esterni al sito** per il collegamento tra la cabina di consegna CC e lo stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci;
5. Un nuovo **elettrodotto RTN a 150 kV** di collegamento tra la SE "Buseto" e la Cabina Primaria di Ospedaletto, presso la quale dovrà essere realizzato uno stallo 150 kV, il cui tracciato si svilupperà per circa 12 km, ricadente nei comuni di Buseto Palizzolo (TP), Valderice (TP), Erice (TP) e Trapani, di cui la medesima società Repower Renewable s.p.a. ne è **Capofila**.

## 6. Un **ampliamento** della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

La connessione alla rete MT di E-distribuzione è basata sulla soluzione tecnica minima generale per la connessione STMG, con codice rintracciabilità 347687734, ricevuta per l'impianto in oggetto da e-distribuzione S.p.A. Il collegamento è vincolato al potenziamento della capacità di trasformazione della CP Custonaci e alle opere del PdS Terna che prevede la realizzazione del nuovo elettrodotto RTN a 220 kV "Fulgatore - Partinico" e delle opere non previste a PdS Terna, ovvero realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento tra la SE Buseto e la Cabina Primaria di Ospedaletto e l'ampliamento della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

L'impianto, ricadendo all'interno di un'area classificata come idonea ai sensi dell'art. 20 comma 8 c-quater del D.Lgs. 8 novembre 2021, n.199, non è soggetto a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) ai sensi dell'art.6 comma 9-bis del D.Lgs. 3 marzo 2011, n.28 (comme sostituito dall'art. 9, comma 1-bis, legge n.34 del 2022).

Le opere di rete ricadono invece tra gli interventi sottoposti a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) riportati nell'allegato II-Progetti di competenza statale, della Parte Seconda del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, all' art. 4-bis) *Elettrodotti aerei per il trasporto di energia elettrica, con tensione nominale superiore a 100 kV e con tracciato di lunghezza superiore a 10 Km*. Il nuovo elettrodotto prevede la realizzazione di 44 tralicci di sostegno con altezza variabile tra i 28 e i 44 metri a seconda della morfologia del terreno; in cartografia ogni nuovo traliccio è numerato in ordine crescente a partire dalla SE Buseto. Vengono inoltre indicati i tralicci di vertice al quale viene associata la seguente denominazione V+n. (es. V12).

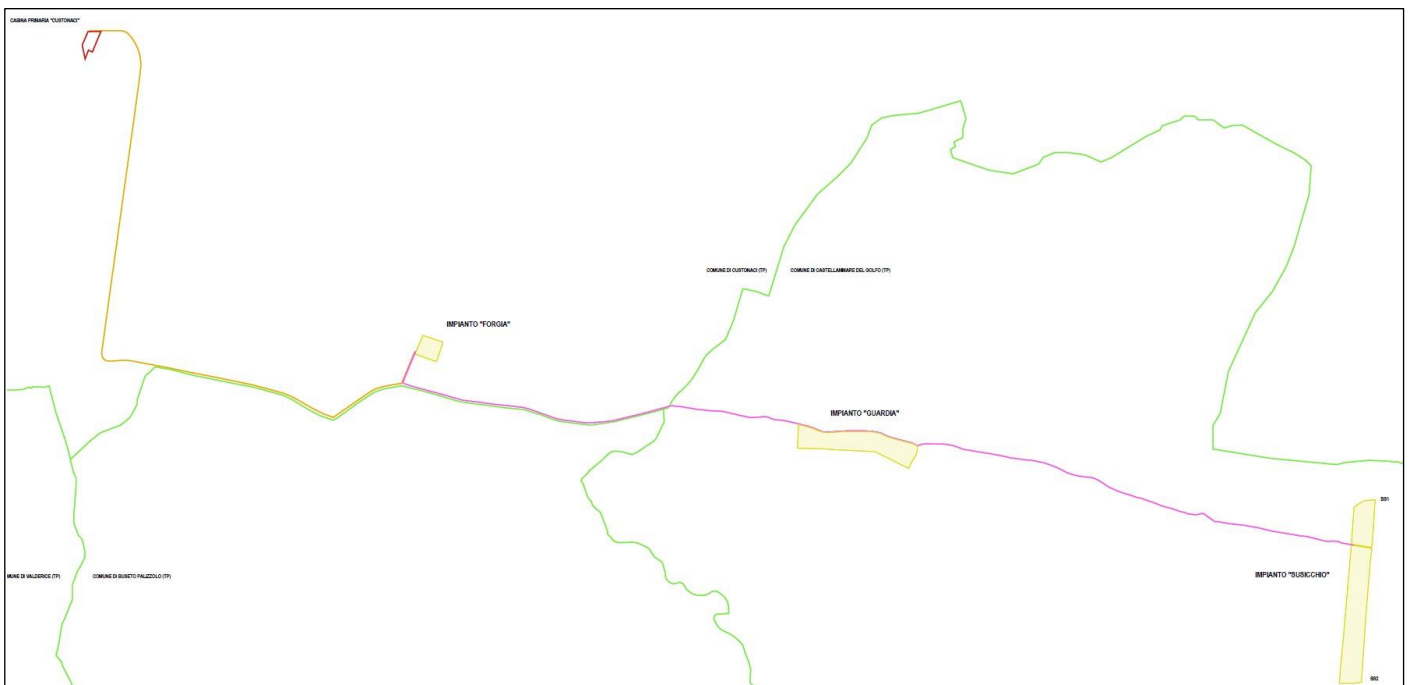


Figura 1. Schema generale impianto

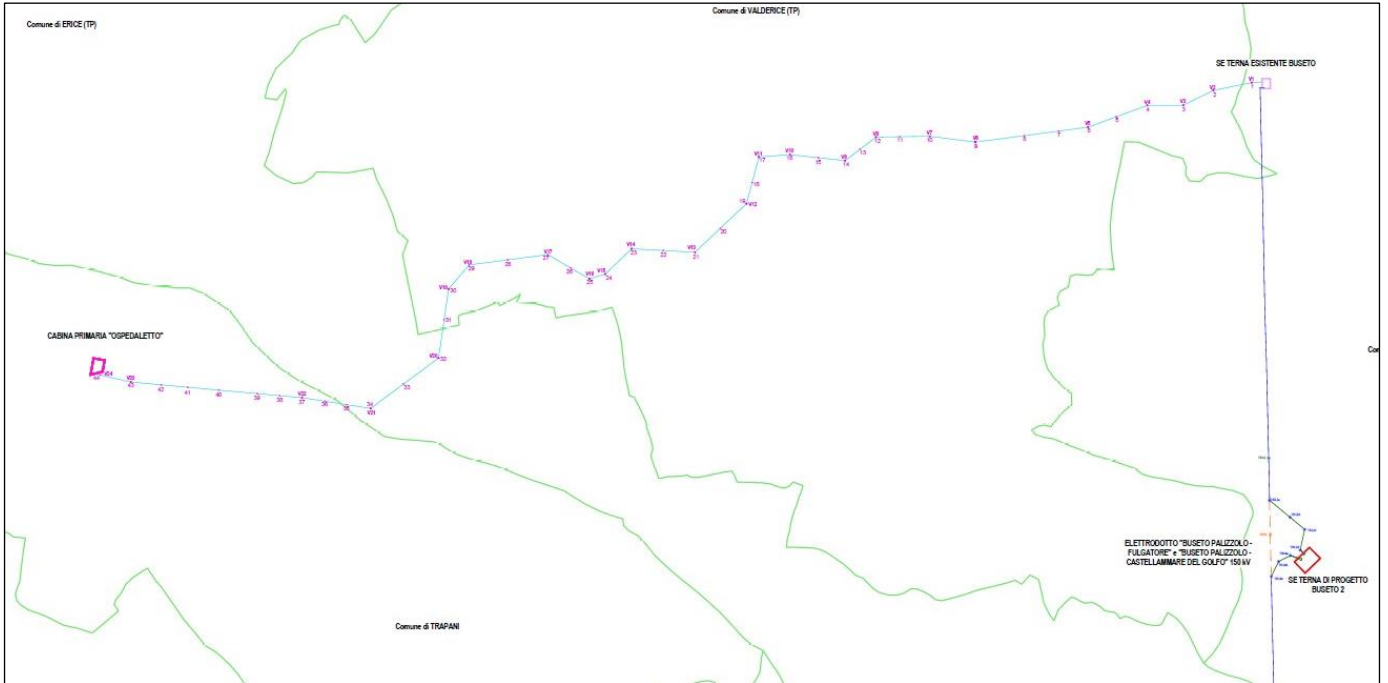


Figura 2. Schema generale delle Opere di Rete

Per semplicità descrittiva e per la differenza di caratteristiche morfologiche e geologiche che caratterizzano le aree d'impianto suddivideremo lo stesso come riportato in figura 3 sotto.

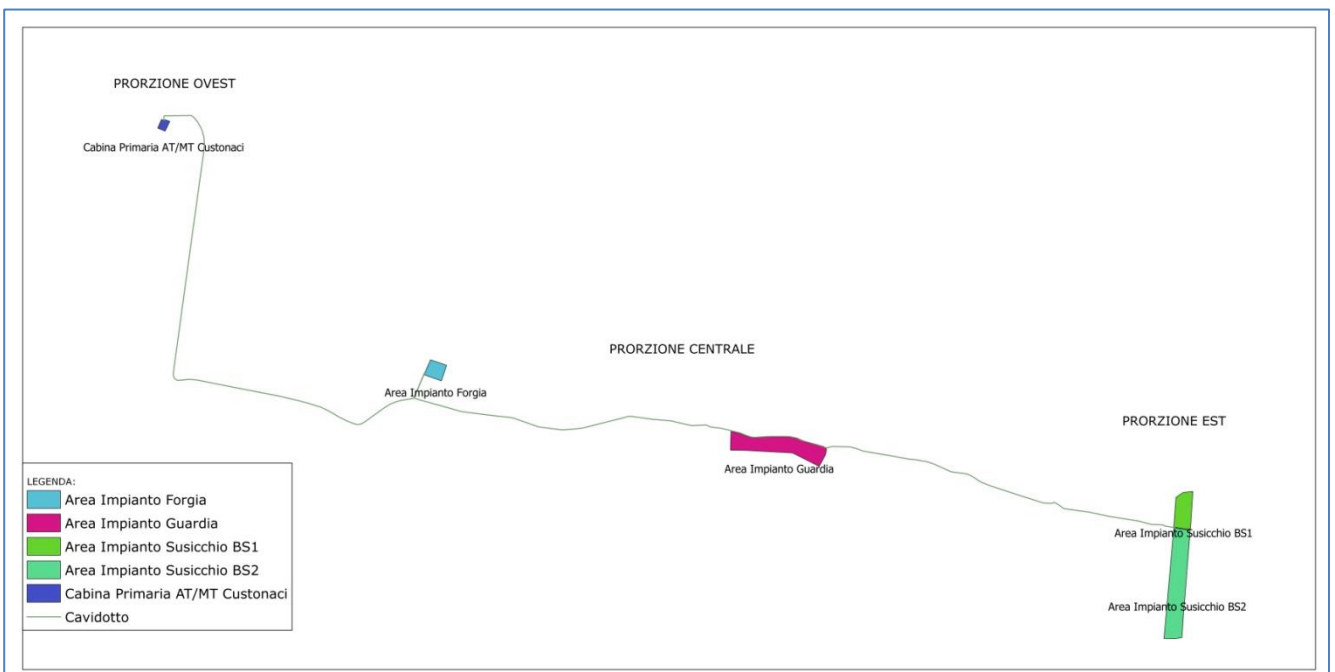


Figura 3. Suddivisione impianto Bellanova

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione della presente relazione si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa:

### “Norme per il governo del territorio”;

- LEGGE REGIONE SICILIANA 13 AGOSTO 2020, n. 19
- Linee Guida Compatibilita' Idraulica - Decreto Assessoriale Regione Sicilia n. 117 del 7 luglio 2021;
- Nota n. 112363 del 09.07.2021 del Dirigente Generale dell'ASSESSORATO REGIONALE DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ' - DIPARTIMENTO REGIONALE TECNICO;
- D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni – Cap. 6 punto 12 - FATTIBILITÀ DI OPERE SU GRANDI AREE:
- Decreto Regione Siciliana del 4 luglio 2000, “ Piano Stralcio di bacino per l'assetto Idrogeologico”.

### 3. DATI GENERALI DI PROGETTO

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto.

Tabella 1. Tabella sinottica dati di progetto

REPOWER RENEWABLE S.P.A	
<b>Luogo di installazione:</b>	Località: Comuni di Custonaci (TP) e Castellammare del Golfo (TP)
<b>Denominazione impianto:</b>	Impianto Agrivoltaico Bellanova
<b>Dati area di progetto:</b>	Area impianto Agrivoltaico: Comuni di Custonaci (TP) e Castellammare del Golfo (TP) Cabina di consegna: Comune di Custonaci (TP)
<b>Informazioni generali del sito:</b>	Zona prevalentemente rurale a basso tasso di inurbamento.
<b>Potenza (MW):</b>	Impianto fotovoltaico: 9,6 MW
<b>Superficie totale (STotale)</b>	19 ha
<b>Superficie Agricola (SAgricola)</b>	16,4 ha
<b>Superficie dei moduli (SModuli)</b>	4,5 ha
<b>SAgricola/STotale &gt; 70%</b>	86%
<b>LAOR (Smoduli/STotale) &lt; 40%</b>	23,7%
<b>Producibilità elettrica minima</b> <small>(<math>FV_{agri} \geq 0,6 \times FV_{standard}</math>)</small>	87,8%
<b>Tipo strutture di sostegno:</b>	Strutture in materiale metallico ad inseguimento solare mono-assiali
<b>Inclinazione piano dei moduli (Tilt):</b>	Le strutture fisse avranno un angolo di tilt di circa 30° rispetto al piano orizzontale
<b>Caratterizz. - urbanistico/vincolistica:</b>	Programma di Fabbricazione di Custonaci; Piano Regolatore di Castellammare del Golfo; Piano Paesaggistico dell'Ambito 1 Provincia di Trapani
<b>Connessione:</b>	Connessione ad uno lo stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci;
<b>Coordinate Impianto Agrivoltaico</b>	Punto baricentrico alle tre aree d'impianto: 38° 2'24.64"N, 12°43'59.43"E



### 3.1. Inquadramento territoriale

L'intervento in oggetto riguarda la realizzazione dell'impianto agrivoltaico da realizzarsi in zona agricola in località Contrada Bellanova nei comuni di Custonaci (TP) e Castellammare del Golfo (TP). Nel dettaglio si ricordi che:

- il Comune di Custonaci è interessato dall'area d'impianto "Forgia", dalla cabina di consegna, da parte dei cavidotti interrati 20kV interni al sito e dai cavidotti interrati 20kV esterni al sito di collegamento con uno stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci;
- il Comune di Castellammare del Golfo è interessato dalle aree d'impianto "Guardia" e "Susichio" e da parte dei cavidotti interrati 20kV interni al sito
- il Comune di Buseto Palizzolo è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Valderice è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Erice è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Trapani è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto e dallo stallo a 150 kV ad Ospedaletto.
- Il Comune di Misiliscemi è interessato dall'ampliamento della SE RTN 220/150 kV di Fulgore.

In generale, l'area deputata all'installazione dell'impianto agrivoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo in quanto presenta una buona esposizione alla radiazione solare ed è facilmente accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti. Di seguito le coordinate di un punto baricentrico delle tre aree d'impianto:

**38° 2'24.64"N**

**12°43'59.43"E**

L'impianto, comprensivo di campi agrivoltaici, cabina di consegna e cavidotti, si trova all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 248-II-SO -Buseto Palizzolo e 248-III-SE-Erice.
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 593140, 593130, 593090.
- Fogli di mappa nn. 12, 13 nel Comune di Castellammare del Golfo (TP) e nn. 113, 118, 182 nel Comune di Custonaci (TP)

Di seguito una tabella che riassume le particelle interessate dalla realizzazione dell'impianto:



Tabella 2. Particelle catastali interessate dalla realizzazione dell'impianto

Impianto	Comune	Foglio	Particelle
Area impianto "Forgia" e cabina di consegna	Custonaci	118	69
Area impianto "Guardia"	Castellammare del Golfo	12	5, 421, 429
Area impianto "Susicchio"	BS1	Castellammare del Golfo	13
	BS2	Castellammare del Golfo	15, 22, 24

Di seguito si riporta l'inquadramento su IGM (Scala 1:25000), CTR (Scala 1:10000), ortofoto (Scala 1:10000) e catastale (1:10000) delle opere in progetto. Per una migliore rappresentazione si riporta agli elaborati cartografici (cod. PD.23 "Carta del layout di progetto su corografia IGM", cod. PD.24 "Carta del layout di progetto su planimetria CTR", cod. PD.25 "Carta del layout di progetto su ortofoto, ,cod. PD.26 "Carta del layout di progetto su catastale")

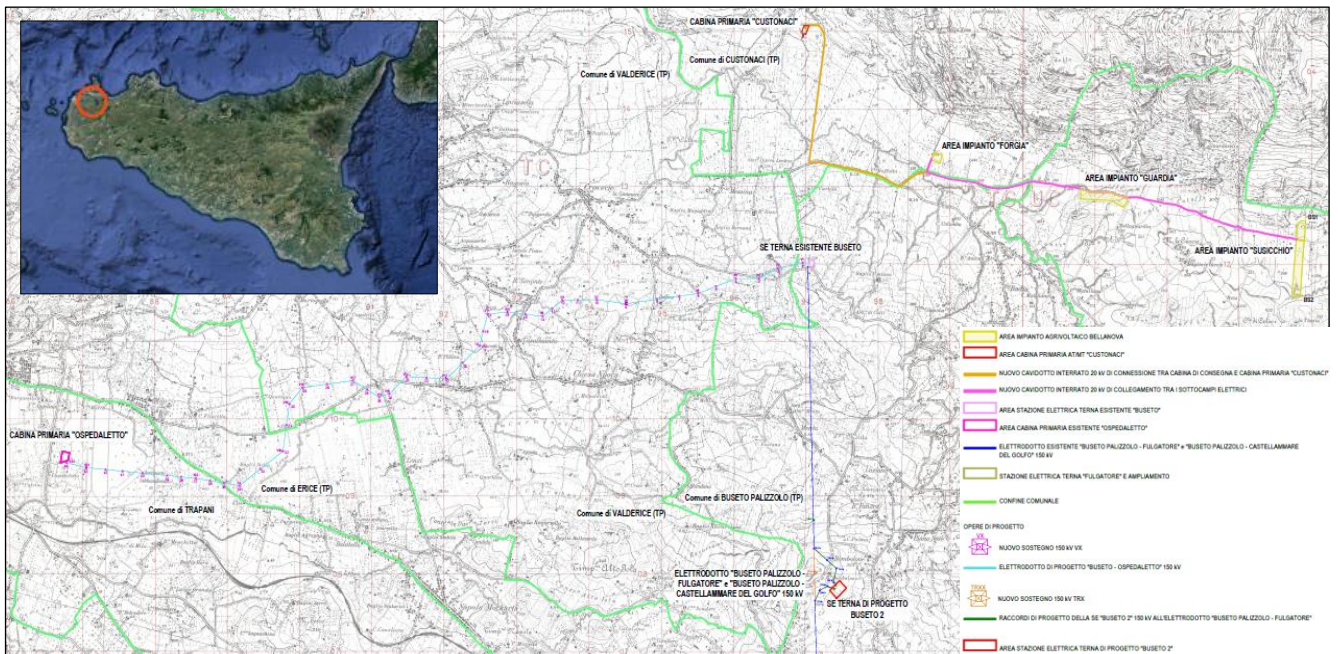


Figura 4. Localizzazione del sito e Inquadramento IGM (Scala 1:250000) delle opere in progetto



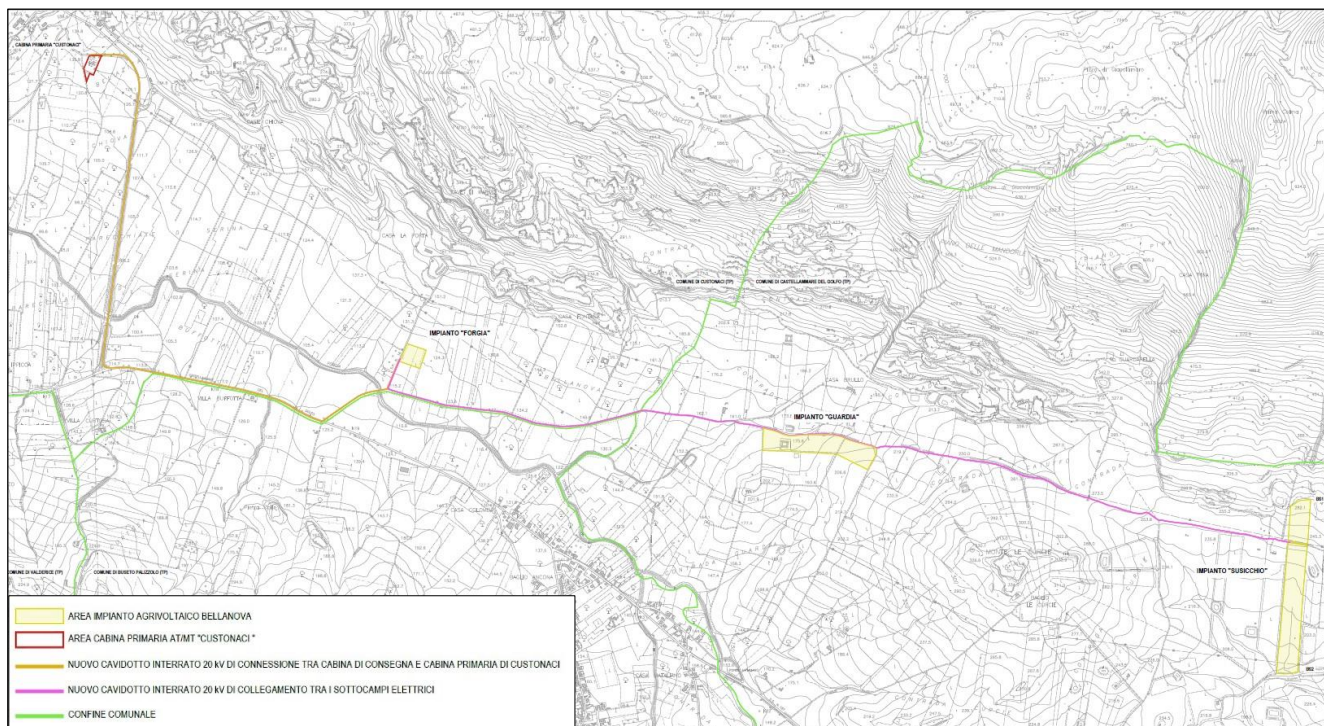


Figura 5. Inquadramento opere in progetto su CTR (Scala 1:10000)



Figura 6. Inquadramento opere in progetto su Ortofoto (Scala 1:10000)





## 4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGICO

### 4.1. Descrizione Generale

L'assetto geomorfologico dell'area di studio è caratterizzato da un paesaggio essenzialmente collinare, dominato da prevalenti processi fluviali, movimenti di massa e fenomeni di dilavamento, che contraddistinguono gran parte del territorio in esame.

La porzione Est dell'impianto ("Impianto Susicchio") sarà realizzato su detriti eluvio-colluviali posti nella porzione nord che degradano verso sud su una spianata alluvionale con quote variabili tra 287 e 208 m s.l.m. La porzione centrale dell'impianto (Guardia) sarà realizzato sulle argille ed arenarie quarzose di Monte Bosco con quote variabili dai 160-200 m s.l.m; mentre l'impianto Forgia più a ovest sarà realizzato interamente sui depositi eluvio - colluviali ad una quota di circa 123 m s.l.m. Per quanto riguarda la cabina primaria Custonaci (C/da Bellazita), essa sarà impostata interamente sui depositi eluvio - colluviali ad una quota circa 138 m s.l.m.

La morfologia dell'area circostante la zona di intervento è variabile con alternanza di rilievi con versanti acclivi ed ampie vallate con pendenze minori che degradano dolcemente verso il mare. Le pendenze, che in taluni casi tendono a zero in prossimità di alcune singolarità orografiche raggiungono valori superiori al 20%.

Il territorio studiato è caratterizzato dalla presenza di numerosi invasi artificiali che raccolgono le acque che ruscellano in superficie durante i periodi piovosi per essere impiegate nei periodi estivi per usi irrigui. Questi talora sono alimentati da modeste venute sorgentizie provenienti dai depositi di natura carbonatica, pertanto la circolazione idrica è condizionata dai principali lineamenti tettonici, dai piani di accavallamento che determinano l'incuneamento al di sotto di essi delle coperture terrigene impermeabili e dalla presenza di numerose forme carsiche.

Dal punto di vista geomorfologico, il sito di studio ricade all'interno del Bacino idrografico del Torrente Forgia (048). L'assetto morfologico è prevalentemente caratterizzato dal contrasto fra la dorsale carbonatica e le aree meridionali di tipo collinare in cui affiorano terreni di natura argillo-marnosa e sabbiosa-arenacea.

La morfologia dei Monti di Trapani è legata sia alla disposizione e alla distribuzione areale delle formazioni rocciose affioranti, le quali oppongono una elevata resistenza all'aggressione operata dagli agenti esogeni, sia al loro assetto strutturale. Difatti l'azione di peneplanazione operata dagli agenti esogeni si espleta maggiormente sui litotipi incoerenti e/o pseudocoerenti lasciando a nudo i rilievi a carattere prevalentemente coerente o lapideo. Minore incidenza si ha nelle aree prossime al mare ove le basse pendenze determinano un'azione di peneplanazione minore. Per ultimo ma non di minore importanza risulta il fattore clima, il quale ha registrato in queste aree delle oscillazioni di notevole importanza determinando variazioni nel livello di base dell'erosione, e pertanto attivando o inibendo processi morfogenetici.

I corsi d'acqua principali che sono presenti nei Monti di Trapani defluiscono verso il mare con andamenti a volte tortuosi condizionati dalla presenza di affioramenti litologici più resistenti all'azione erosiva. I litotipi hanno risposto alle varie sollecitazioni di disfacimento in maniera differente in funzione delle loro caratteristiche composizionali, determinando nel tempo una diversa risposta all'aggressione degli agenti esterni. Difatti sui litotipi a componente argillosa si sono espletati i maggiori fenomeni di peneplanazione dovuti ad una minore resistenza opposta dagli stessi litotipi ai processi erosivi operati dalle acque dilavanti. Sui litotipi a componente carbonatica le azioni di modellamento operate dagli agenti esogeni hanno agito con minore rilevanza, determinando dei fenomeni erosivi ben più modesti. Su questi ultimi si sono espletate delle azioni principalmente di solubilizzazione dei carbonati lasciando quasi intatti gli affioramenti. Tali fenomenologie vengono evidenziate dalla presenza di fenomeni carsici che determinano lo smussamento dei blocchi affioranti e l'allargamento delle fratture presenti.

Inoltre dalla sovrapposizione delle strutture sulle cartografie del P.A.I. (Bacino idrografico del Torrente Forgia CTR 593090, 593130, 593140) è scaturito che il parco e tutte le strutture ad esso annesse e connesse ricadono al di fuori dalle aree in dissesto o censite a vario grado di pericolosità e rischio (vedasi planimetrie allegate).

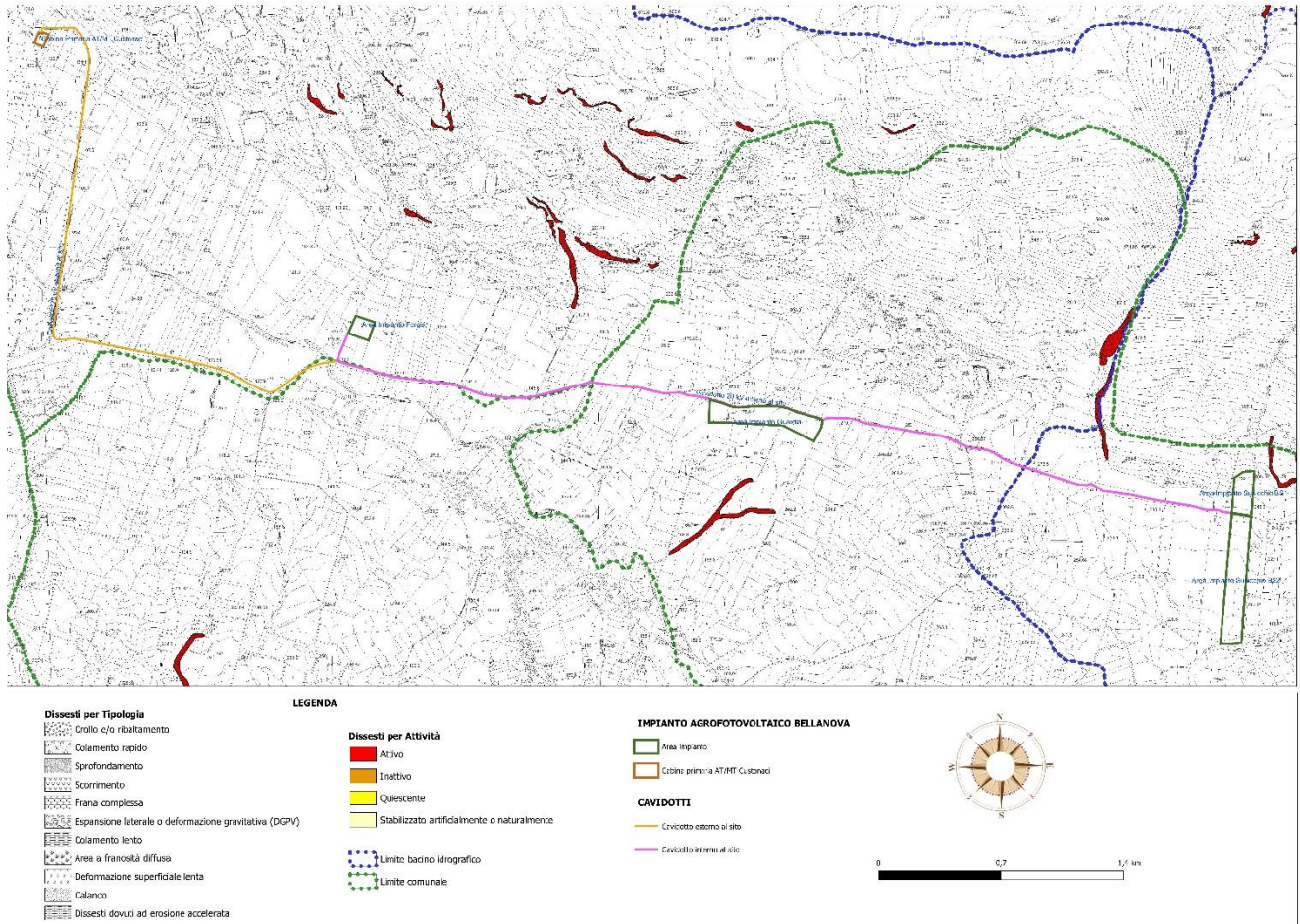


Figura 8. Stralcio carta dei dissesti in scala 1:10.000

L'area di impianto in progetto e le relative opere di collegamento alla rete elettrica non sono interessate da aree classificate a vario grado di pericolosità e rischio secondo il "Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico" (DARTA n°298/41 e s.m.i.) e da aree a rischio secondo il "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico – P.A.I." (DPR n° 284/2007).

I dati di franosità riportati sulle carte del PAI sono stati integrati con i dati di franosità del progetto CARG e con il rilevamento geomorfologico di superficie non evidenziando la presenza di alcuni dissesti sulle aree interessate dagli impianti. Si riporta di seguito uno stralcio della carta dei dissesti integrata con i dati di franosità censiti.



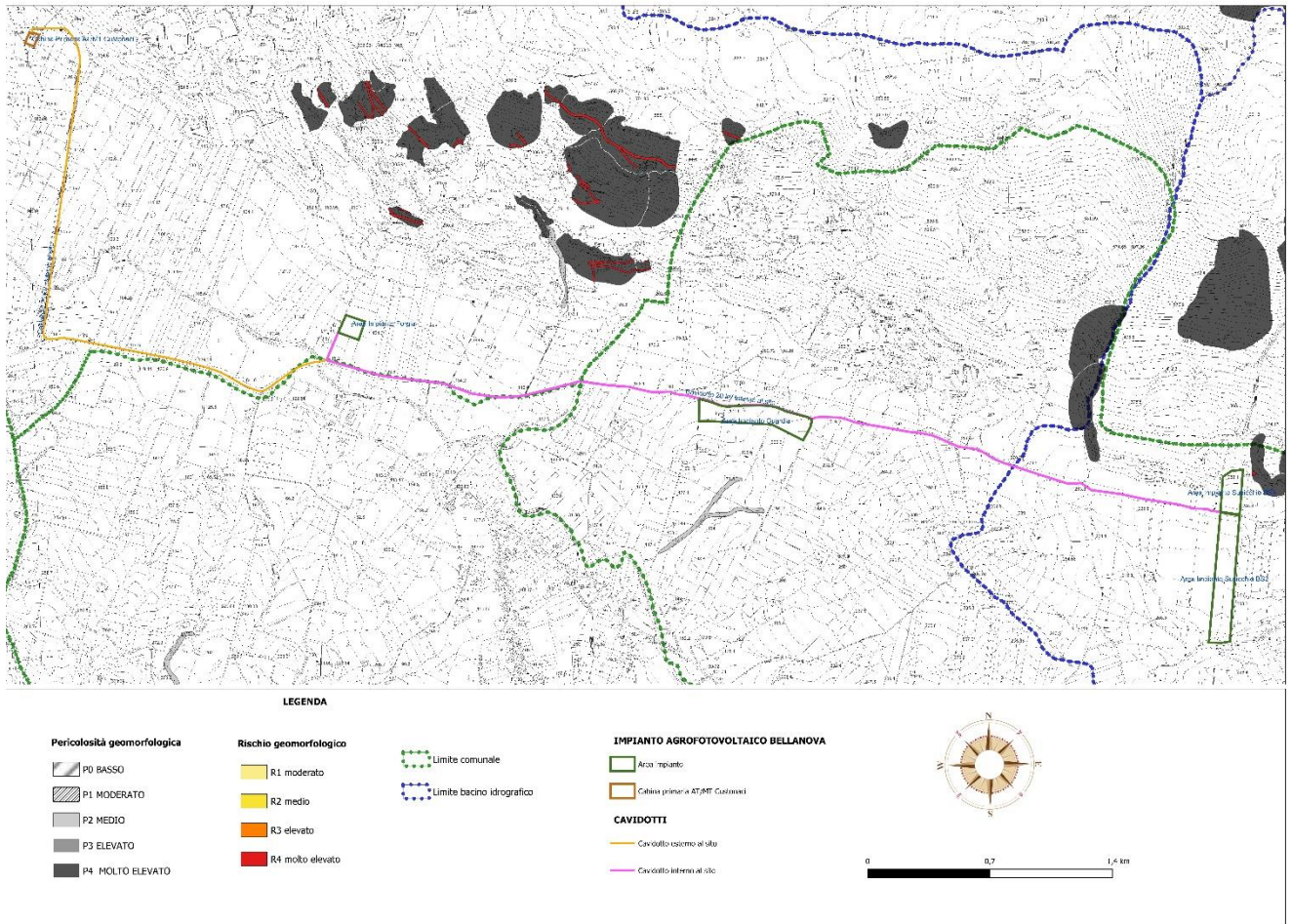


Figura 9. Stralcio carta dei dissesti integrata con i dati di franosità in scala 1:10.000

## 4.2. Idrografia

Le acque di ruscellamento sono drenate da un modesto reticolo idrografico che drena le acque verso il “Torrente Forgia”. Il reticolo idrografico appare modestamente gerarchizzato con aste di primo ordine (Figura 7 bis) che s’immettono in aste di terzo e quarto ordine. Ciò evidenzia che il bacino idrografico è immaturo ed ancora in via di evoluzione con la precipua necessità di formazione di nuove aste idrografiche che tendano all’ottimizzazione della gerarchizzazione del bacino.

La rete fluviale risulta impostata, in prevalenza, su substrato essenzialmente di tipo argillo limoso con detriti, che unitamente a situazioni topografiche favorevoli (versanti poco inclinati), hanno generato un pattern fluviale complessivamente dendritico, con una rete idrografica ramificata e sviluppata in tutte le direzioni. La presenza di numerosi corsi d’acqua origina piccoli rilievi collinari, isolati dall’incisione fluviale. Limitate situazioni di drenaggio di tipo parallelo si hanno laddove i versanti mostrano inclinazioni più elevate o dove i corpi di frana allungati sono più frequenti, costringendo i segmenti fluviali ad impostarsi ai loro margini.



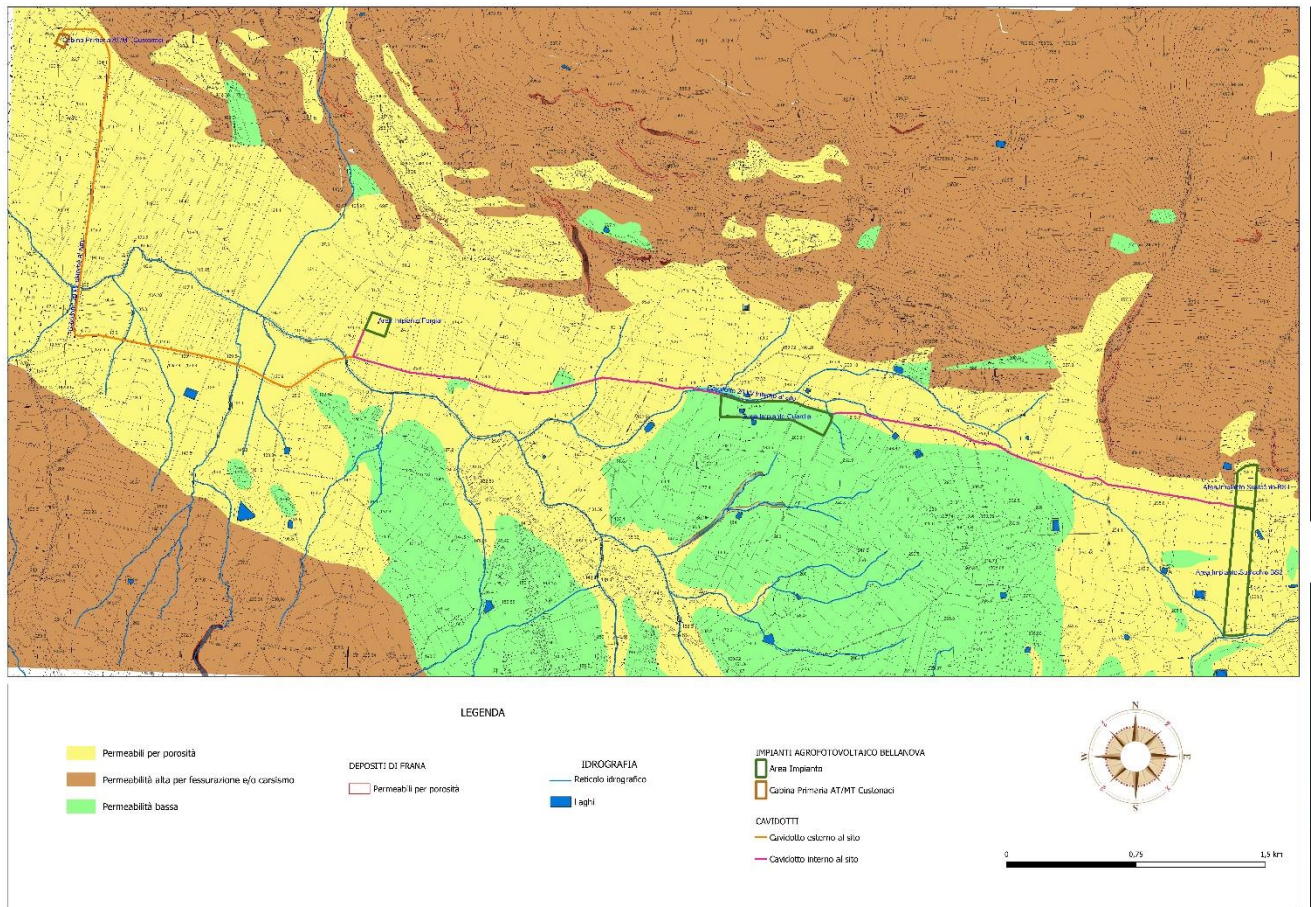


Figura 9 bis – Reticolo idrografico

### 4.3. Forme di rilievo

L'area oggetto di studio mostra forme di rilievo specifiche di ben determinati processi morfogenetici in relazione alle litologie presenti. I settori litoidi carbonatici sono caratterizzati da forme originate da prevalenti processi di spianamento, dall'erosione selettiva e dalla tettonica. Gli antichi processi di spianamento hanno lasciato tracce alla sommità e lungo i versanti relitti di erosione subpianeggiante chiamate "**Paleosuperfici**", mentre l'erosione selettiva è responsabile della formazione di modesti versanti strutturali. La graduale degradazione delle scarpate e dei versanti carbonatici ha contribuito alla produzione di grandi quantità di detriti come bene evidenziano nella parte nord dell'area di studio alle pendici degli affioramenti carbonatici, successivamente ricoperti dai riporti derivanti dallo sfruttamento delle numerose cave che sono presenti sui rilievi carbonatici. I processi di dilavamento sono responsabili della genesi di piccoli ed effimeri rivoli, solchi presenti lungo i versanti argillosi, e della mobilizzazione e successiva sedimentazione (Colluvium) di materiale incoerente.

I prodotti eluviali si conservano meglio dove le condizioni topografiche sono favorevoli al loro accumulo.

### 4.4. Considerazioni sulla stabilità dei versanti oggetto di studio

L'area dell'impianto è ubicata su una zona di fondovalle costituita da terreni argillo-limosi sormontati da uno strato detritico superficiale che non supera i 3 metri di spessore.



Il contesto geomorfologico nel quale s'inserisce l'area dell'impianto ed il tracciato del cavidotto non è interessato da movimenti gravitativi di alcun tipo. l'assetto topografico delle aree oggetto d'intervento unitamente alla buona stabilità dei versanti conferisce all'insieme una buona stabilità.

Nella restante area rilevata, fuori dalle aree d'intervento, tutte le forme di dissesto presenti non possono interferire con le strutture in progetto in alcun modo.

Pertanto, nell'area d'intervento non si rilevano elementi morfogenetici attivi in atto o potenziali. Allo stato attuale la situazione morfogenetica è dunque tale da ritenere improbabile l'instaurarsi di dissesti che possano pregiudicare la stabilità della zona oggetto d'intervento. Pertanto si ritiene che le aree di progetto non abbiano criticità geomorfologiche di alcun tipo e che siano idonee alla realizzazione dell'intervento in progetto.

#### **4.5. Fattibilità geomorfologica (PAI)**

L'analisi delle pericolosità e del rischio geomorfologico rappresentato sulle Cartografie del Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico "P.A.I." ha consentito di appurare i livelli di pericolosità e rischio derivanti dai dissesti presenti.

L'area oggetto di studio ricade all'interno del **Bacino Idrografico del Fiume Forgia (codice bacino 048)** del piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI) redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000. Tutte le zone in dissesto perimetrale dal Piano ricadono in zone esterne all'area di studio (Figure 6 e 7) e non interagiscono con le strutture di progetto. Pertanto si ritiene, concordemente ai rilievi eseguiti ed al raffronto eseguito sulle cartografie del Pai, che i siti d'intervento non sono interessati da aree in dissesto o censiti a vario grado di pericolosità e rischio e quindi idonei geomorfologicamente alla realizzazione dell'intervento.

#### 4.6. Pericolosità e rischio idraulico (PAI)

Come detto in precedenza il sito oggetto di studio ricade all'interno del **bacino idrografico del Fiume Forgia**, esso non ricade fra le zone censite a vario grado di Pericolosità e Rischio idraulico. Tutte le aree di pericolo perimetrare nel PAI Idraulica ricadono in zone esterne all'area di studio molto distanti dal sito d'intervento e pertanto non possono interagire con gli elementi vulnerabili. Inoltre considerato che i siti d'impianto sono posizionati in posizioni morfologicamente più alte rispetto alle linee d'impluvio si esclude che possano verificarsi fenomeni di alluvionamento o esondazioni di alcun tipo (Figura 8).

Pertanto si ritiene che sul sito non siano presenti fattori di pericolosità e rischio idraulici ostativi alla realizzazione delle opere in progetto. Si riporta di seguito uno stralcio con evidenza delle aree a vario grado di pericolosità e rischio idraulico.

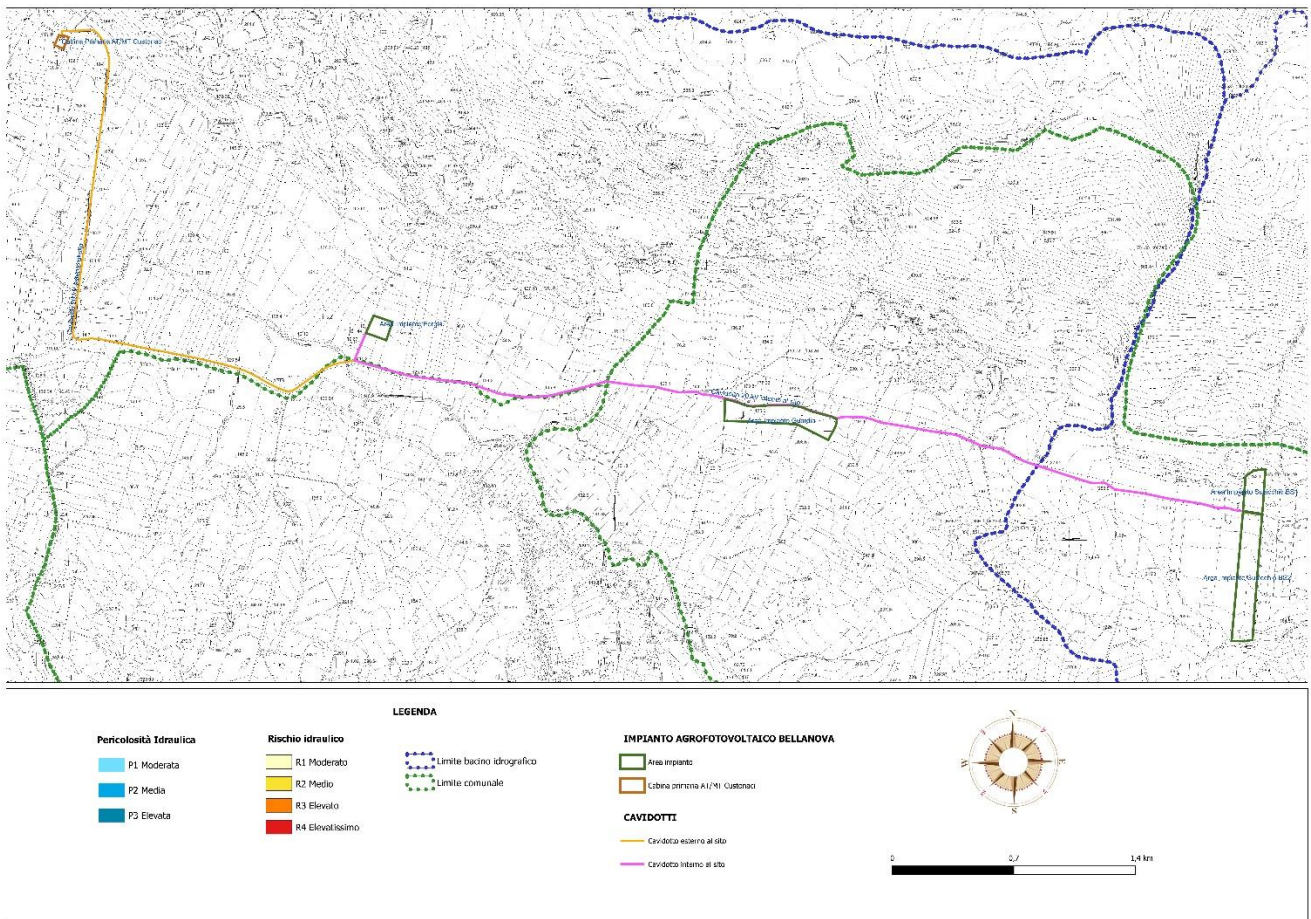


Figura 10. Carta della Pericolosità e del Rischio idraulico Pai (Scala 1:10000)

## 5. VALUTAZIONE DELLE AREE ALLUVIONABILI

Il seguente studio di compatibilità idraulica, in riferimento a quanto previsto dalle “Linee guida del D.A. 117/2021, è stato articolato in due distinte fasi.

Nella prima fase è stato ricostruito il bacino idrografico all'interno del quale ricadono le aree di impianto ed è stato accertato che l'impianto ricade tutto all'interno del Bacino idrografico del Fiume “Forgia”. Alla scala dell'impianto è stato possibile individuare di vari sottobacini per l'impianto (Figure 9-10 e 11) su cui sono state eseguite diverse verifiche idrauliche (riportate sulla relazione idrologico-idraulica) al fine di dimensionare le strutture idrauliche di raccolta e convogliamento delle acque.

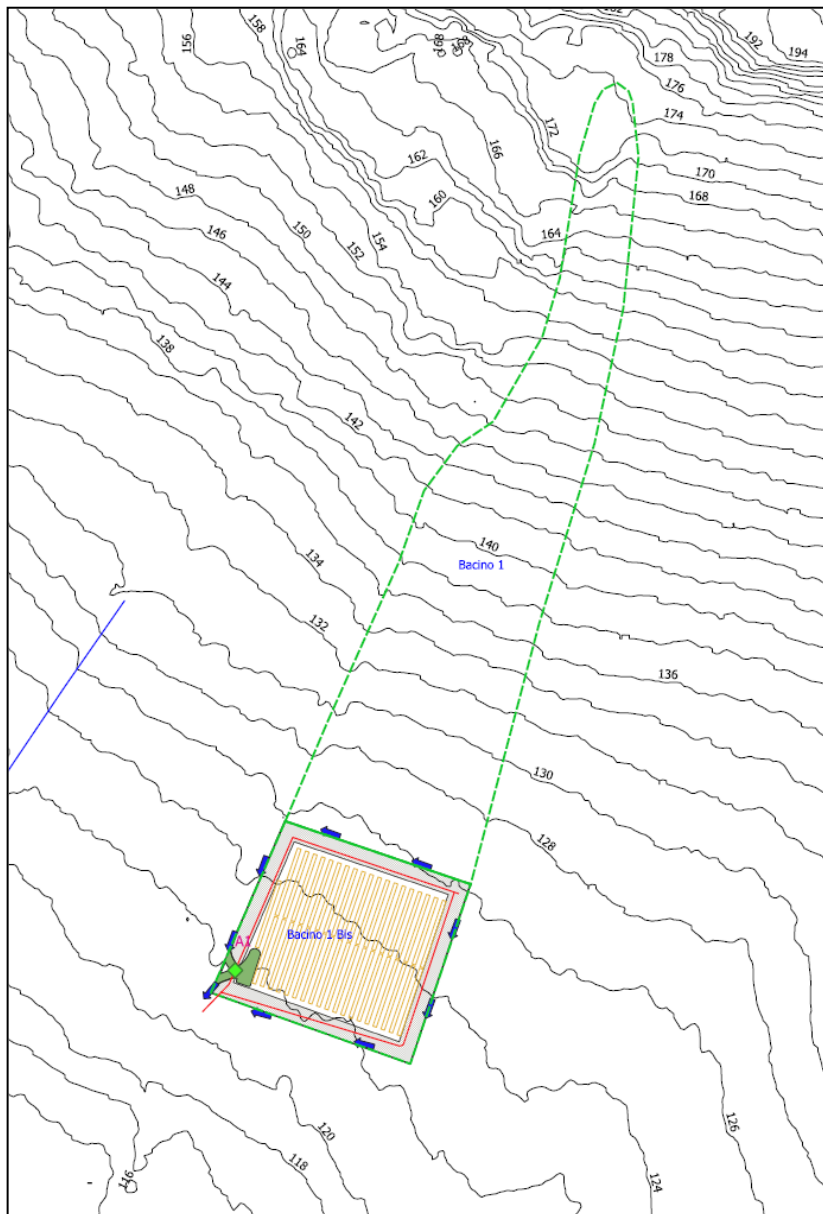


Fig. 11 - Vista di insieme dei bacini idrografici 1 e 1 Bis

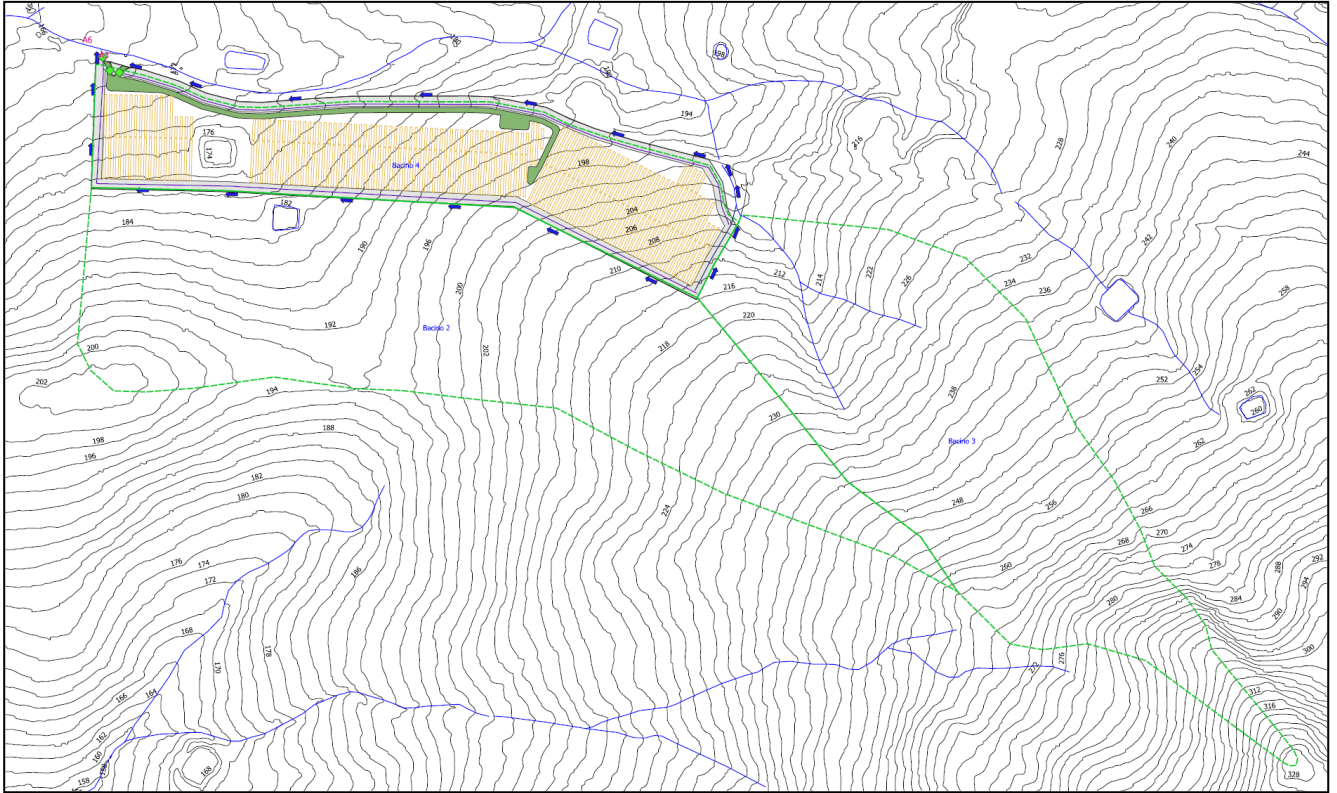


Fig. 12 - Vista di insieme dei bacini idrografici 2-3 e 4



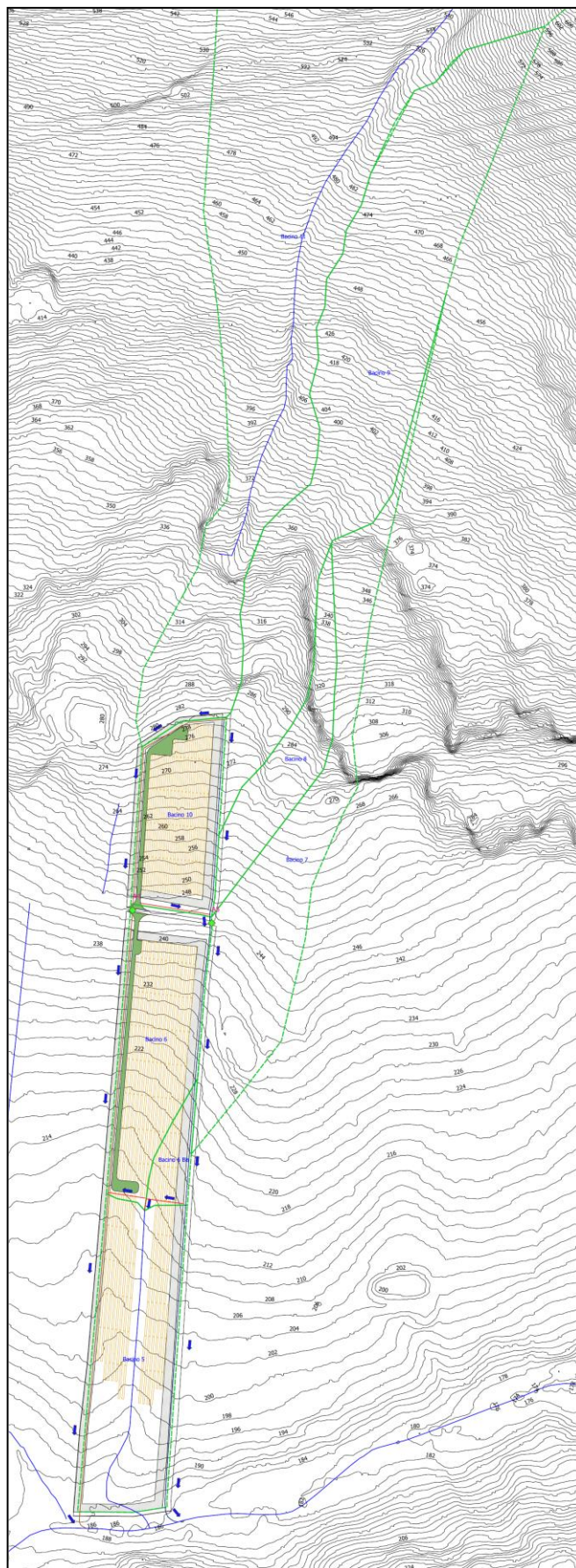


Fig. 12 - Vista di insieme dei bacini idrografici 5-6-6 Bis-7-8-9-10 e 11

Individuati i micro bacini è stato sovrapposto il perimetro d'impianto alle cartografie del PAI Idraulica sulle quali sono riportate le aree a pericolosità e rischio idraulico al fine di accertare la presenza di aree già censite. Grazie a ciò è stato possibile verificare che l'area d'impianto non ricade all'interno di aree censite a vario grado di pericolosità e rischio idraulico e nemmeno all'interno di siti d'attenzione (Figura 12).

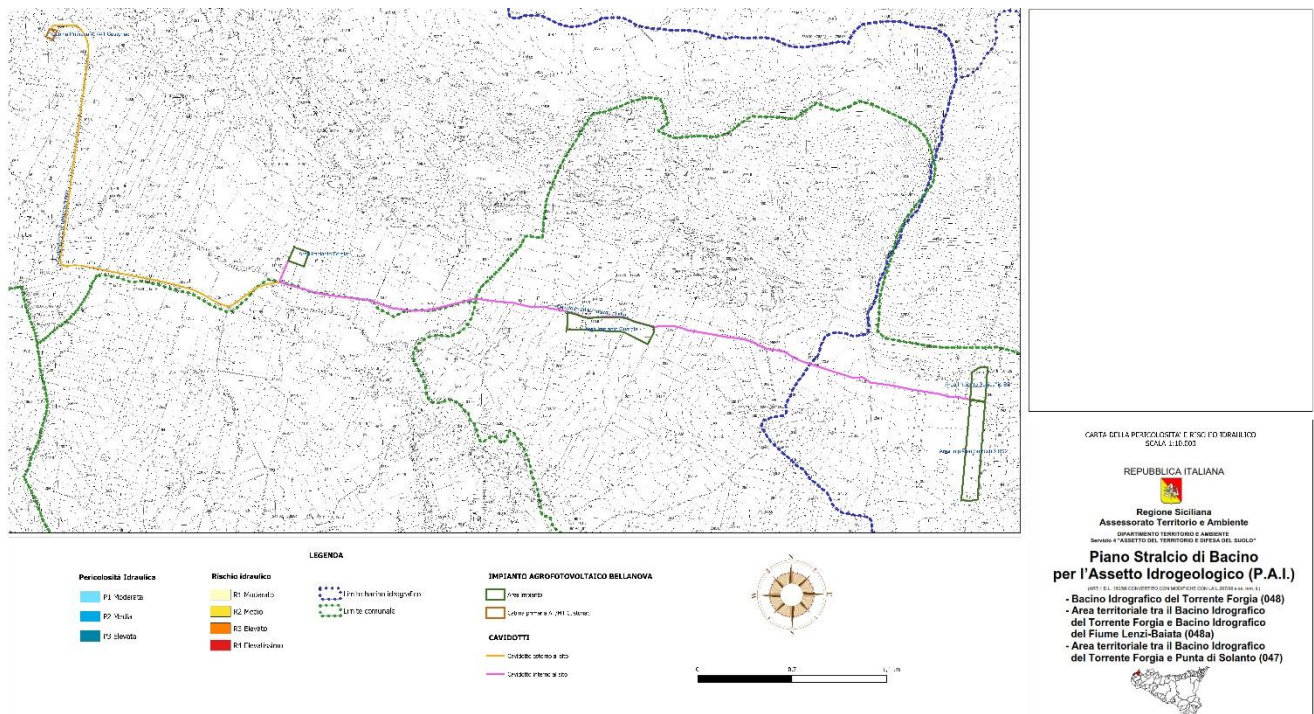


Fig. 13 - Carta della pericolosità e del rischio idraulico

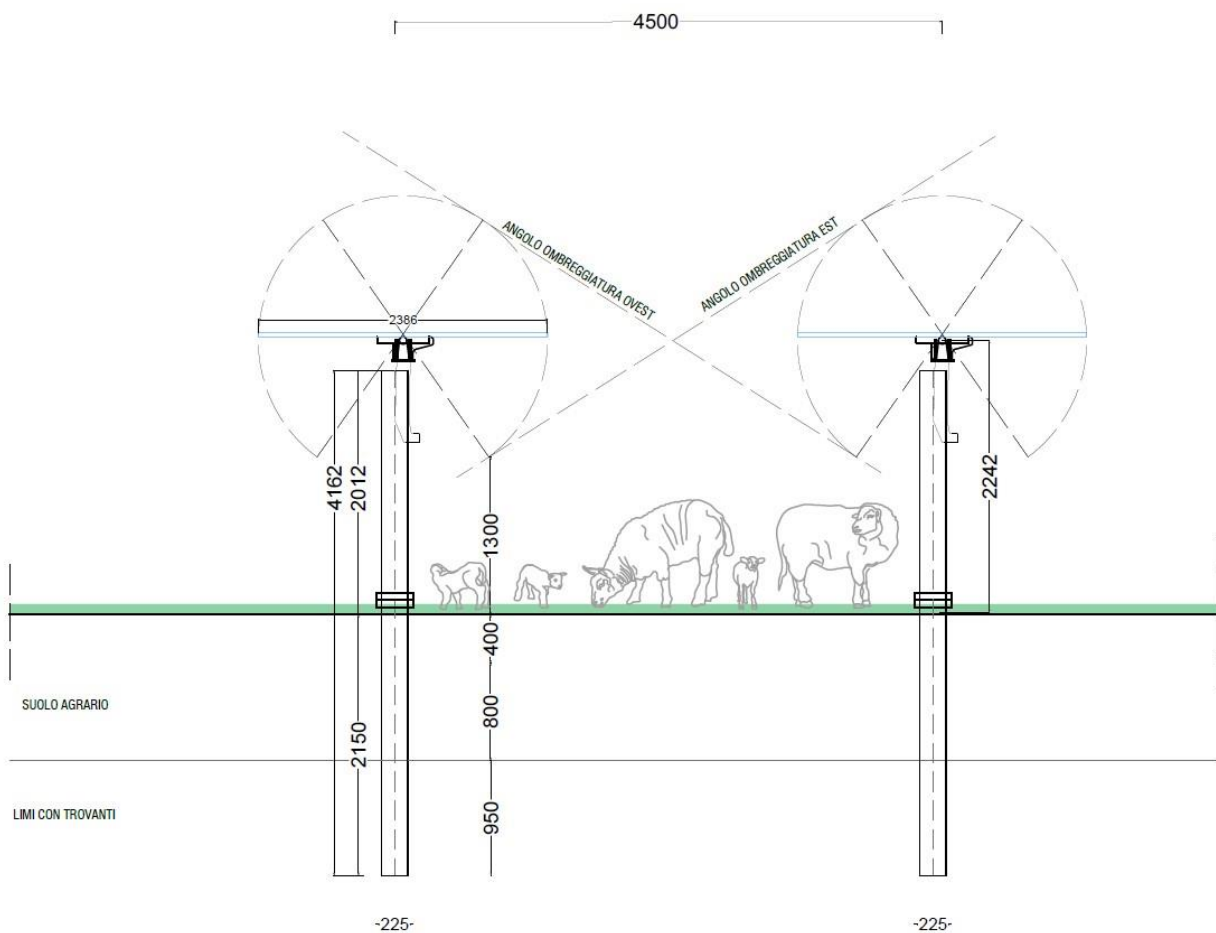
Successivamente è stato approfondito lo studio eseguendo una analisi storica del territorio ricadente all'interno dei bacini in esame, al fine di valutare, con l'ausilio delle aerofotogrammetrie, la presenza di aree che sono state in passato oggetto di esondazioni o alluvionamento. Il periodo preso in considerazione, grazie alle aerofotogrammetrie messe a disposizione su vari portali della Regione Siciliana, di Google Earth e del Ministero dell'Ambiente va dal 1985 ad oggi. Grazie a queste cartografie e allo studio della morfologia dei luoghi eseguito tramite analisi del DTM ed alle notizie acquisite dall'intervista eseguita ai proprietari dei fondi è stato possibile escludere la presenza di aree "suscettibili di allagamento". Va precisato che sui fondi sui quali sarà realizzato l'impianto non esiste un vero e proprio reticolo idrografico ad eccezione di alcuni canali a decorso stagionale con i quali l'impianto non interferisce ad eccezione della viabilità e dei cavidotti. Per tali attraversamenti nella relazione idrologico-idraulica sono stati eseguiti appositi calcoli di dimensionamento dei tubi armco con tempi di ritorno di 200 anni. In particolare una piccola porzione d'impianto denominato "Guardia" si sviluppa accanto ad un'area sulla quale s'impone un reticolo idrografico con il quale l'impianto non viene a contatto e dal quale si è mantenuta una distanza minima di 10 metri. Infine le porzioni d'impianto denominate "Forgia e Susicchio" non interferiscono con il reticolo idrografico e pertanto per queste aree non sono state eseguite verifiche di esondazione. Tutte le verifiche idrauliche (vedasi relazione idrologico-idraulica) condotte per eseguire il dimensionamento dei canali di raccolta delle acque superficiali che sono successivamente convogliate a valle dell'impianto hanno consentito di escludere qualsiasi rischio di esondazione o alluvionamento sul sito di progetto. Questo ha permesso di escludere la possibilità che queste acque possano interferire con le aree di progetto. Si precisa che l'impianto e le strutture ad esso annesse e connesse sono state posizionate mantenendo una fascia di rispetto fluviale non inferiore ai 10 metri per lato nel rispetto della normativa vigente.



## 6. INVARIANZA IDRAULICA

Il progetto Agrivoltaico “Bellanova” prevede una superficie destinata alla produzione agricola, al netto della viabilità di servizio e ulteriori elementi non annessi all’attività agricola pari a 16,4 ha circa suddivisi tra uliveto, vigneto, e area pascolo. Pertanto nell’impianto “Bellanova”, con superficie complessiva di 19,3 ha, la parte destinata all’attività agricola è pari al 86% del totale. Viene pertanto soddisfatta, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA), una superficie destinata alle pratiche agricole nel sito d’intervento superiore al 70% previsto dalle linee guida in materia di impianti agrovoltaici.

Tale obiettivo è stato raggiunto mediante l’utilizzo di tracker basculanti secondo l’asse di rotazione Nord-Sud, fissate al terreno con pali metallici infissi, con interasse variabile tra i tracker in funzione della pendenza del sito e superficie libera tra i moduli (in posizione orizzontale) anche essa variabile, che diventa area coltivabile per tutta la lunghezza dei filari (si veda sezione sotto).



All’interno dell’area dell’impianto avremo una ripartizione colturale così suddivisa:

Il progetto prevede una superficie destinata alla produzione agricola pari a ettari 16,4 così suddivisi:

- **Uliveto** (≈ 5 ha) per la produzione di olive da olio così ripartito:
  - Uliveto perimetrale (≈4,2 ha)
  - Uliveto di progetto ricadente in impianto “Forgia” (≈ 0,8 ha);
- **Vigneto** (≈9,7 ha) per la produzione di uva bianca da vino di cui:
  - Vigneto esistente in area impianto “Guardia” (≈ 5 ha);
  - Nuovo impianto in area impianto BS2-Susicchio (≈ 4,7 ha)
- **Area a pascolo** (1,7 ha): per il pascolamento del bestiame in area impianto “BS1-Susicchio”;



Pertanto la superficie complessiva destinata alle attività agricole e pastorale è pari a ettari 16,4 circa. Tale dato conferma la vocazione agro-fotovoltaica del progetto, in quanto la quasi totalità della superficie occupata dall'impianto è utilizzabile per la produzione agricola (tot. superficie ettari 19.3 circa).

Grazie a questa scelta è stato possibile destinare all'attività agricola l'86% della superficie del sito. Questo dato tuttavia prende in considerazione solo le colture che saranno impiantate nei filari tra i tracker oppure in aree destinate esclusivamente alle coltivazioni e non tiene conto delle essenze spontanee che cresceranno sotto i tracker. Tale aliquota data da colture erbacee spontanee permanenti avranno anch'esse la funzione di contribuire al Carbon Farming sostituendo le precedenti colture nei periodi invernali (Foto 1).



Foto n. 1

Questi dati sono molto importanti al fine di valutare l'invarianza idrologico-idraulica perché ci permettono di valutare quale percentuale del territorio sarà interessata da opere che potrebbero aumentare le superfici impermeabili variando le caratteristiche idrologiche idrauliche del sito.

Dalle percentuali sopra riportate si evince che quasi tutto il sito oggetto dell'impianto sarà interessato da coltivazioni spontanee e non, l'unica porzione che rimarrà esclusa sarà quella relativa alla viabilità ed alle piazzole (4-5 %) che tuttavia essendo realizzate in tout venant di cava garantiranno una discreta permeabilità non variando il regime idrologico dei bacini presenti all'interno dell'area d'impianto.

L'unico elemento che determinerà una variazione nelle modalità di assorbimento delle precipitazioni è dato dai pannelli fotovoltaici. Questi ultimi, essendo della tipologia a tracker basculanti secondo l'asse nord-sud, non consentono all'acqua piovana di raggiungere direttamente il terreno sottostante solo quando il pannello è orizzontale, ovvero quando il sole è perpendicolare all'impianto tra le ore 11 e le ore 13 circa in funzione delle stagioni. In tutte le altre ore del giorno il pannello è diversamente orientato e consente all'acqua piovana di precipitare direttamente sul terreno sottostante. Quando ciò non avviene totalmente o avviene parzialmente, l'acqua che precipita sul pannello scorre sullo stesso fino a raggiungere il bordo inferiore dal quale si riversa sul terreno. In questo caso l'acqua caduta dal pannello scorre sul suolo passando nella maggior parte dei casi sotto i pannelli ed infiltrandosi nel terreno ove sono presenti le colture erbacee spontanee che mitigano lo scorrimento delle acque (foto 2).





Foto n.2 – Esempio reale di impianto fotovoltaico realizzato a 1,5 Km dalla diga di Piana degli Albanesi con crescita di vegetazione sotto il pannello

Tuttavia a maggior tutela dell'invarianza del regime idrologico e idraulico al fine di mantenere inalterato il regime udometrico si è optato per la realizzazione di trincee assorbenti che avranno la funzione di temporanea ritenzione, accumulo e laminazione delle acque. Tali strutture saranno realizzate in modo da intercettare le acque ruscellanti, accumularle e consentirne l'assorbimento al loro interno fino ad esaurimento del tempo di corrivazione. Tali trincee saranno disposte in modo tale da ricevere e disperdere l'acqua fino a saturazione dopodiché esaurita la loro funzione l'acqua continuerà il suo percorso verso valle. Il dimensionamento di queste strutture è riportato ai capitoli successivi mentre la loro dislocazione è riportata sull'elaborato *PD.08.B "Carta degli interventi di invarianza idraulica"*.

## 7. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI LAMINAZIONE PER I VARI BACINI

Per il dimensionamento delle strutture di laminazione è stato necessario suddividere l'area d'impianto nei vari bacini e sottobacini idrografici e dopo aver calcolato la loro area è stata calcolata la superficie che sarà occupata dai pannelli al fine di ottenere, per differenza, la superficie permeabile ante e post operam e la superficie impermeabile ante e post operam.

Utilizzando un foglio di calcolo è stato possibile, inserendo i coefficienti di deflusso ante e post operam nonché le superfici trasformate, calcolare il coefficiente udometrico (dato dal rapporto tra la portata massima espressa in l/s e la superficie trasformata in ettari) e il quantitativo di acqua da raccogliere nelle trincee per essere laminata. I coefficienti di afflusso utilizzati nelle verifiche idrauliche sono quelli suggeriti dalla tabella allegata al provvedimento prot. 112363 del 9/07/2021 della Regione Sicilia.

Sono stati utilizzati coefficienti che dipendono prevalentemente dall'uso del sito e pertanto sono stati utilizzati i seguenti coefficienti:

Tipologia	Coefficiente di afflusso ( $\Phi$ )
Superfici Permeabili - Aree agricole in esercizio (Vigneti-uliveti)	0.05
Superfici Permeabili - Aree agricole in esercizio (seminativi)	0.1
Superfici Permeabili - Superfici naturali a verde (Incolti - pascoli)	0.2
Superfici poco permeabili - Aree agricole in esercizio (seminativi)	0.5
Superfici semipermeabili - strade in terra battuta o stabilizzato	0.6
Superfici Impermeabili – pannelli fotovoltaici	0.9

Per il dimensionamento delle opere idrauliche si fa riferimento alla sezione del bacino sotteso dell'area in esame e nel caso alla somma delle aree dei micro bacini sottesi alla sezione considerata.

La grandezza di riferimento da prendere in considerazione per la valutazione delle portate è data dalla valutazione del tempo di corrivazione  $t_c$ .

Il tempo di corrivazione  $t_c$  è il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino in esame.

La letteratura specialistica, propone diverse formule empiriche per la valutazione del tempo di corrivazione  $t_c$ .

Considerato che i bacini idrografici studiati per le varie verifiche idrauliche sono molto piccoli e addirittura inferiori al Km<sup>2</sup> si è optato per l'utilizzo della Formula di Kirpich che risulta la più utilizzata in letteratura per bacini aventi superfici < di 10 Km<sup>2</sup>:

Formula di Kirpich

$$t_c = 0.000325 \cdot (1000 \cdot L)^{0.77} \left[ \frac{\Delta H}{(1000 \cdot L)} \right]^{-0.385}$$

Dove:

L= Lunghezza asta principale in Km

i = pendenza media del percorso

Delta H= Differenza tra l'altitudine massima del bacino e l'altitudine della sezione di sbocco in m

Per la determinazione dell'altezza di pioggia, dell'intensità della pioggia si è ricorso al metodo TCEV seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici, messa a punto dall'Università degli Studi di Palermo.

Tale metodo si basa sull'assunzione che l'osservazione empirica dei campioni dei massimi annuali delle precipitazioni di breve durata ha portato a riconoscere l'esistenza di alcuni valori estremamente più elevati degli altri, denominati "outliers".

Infatti, la distribuzione di frequenza empirica dei valori della variabile idrologica, riportati in carta probabilistica da Gumbel, mostra un andamento a gomito che testimonia l'esistenza di due distinte distribuzioni: una relativa ai valori più contenuti della variabile e l'altra relativa ai valori più alti.

Una corretta interpretazione statistica di tali valori straordinari è quella di considerarli appartenenti ad una popolazione diversa, legata ad una differente fenomenologia meteorologica, che deve essere riprodotta dalla legge di distribuzione di probabilità.

Per tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici è stata proposta la legge di probabilità, denominata TCEV (Two Component Extreme Value distribution) o legge di distribuzione a doppia componente.

Il metodo probabilistico TCEV è una legge a quattro parametri ed a causa della notevole variabilità della stima dei parametri stessi con la dimensione campionaria, esso necessita di una indagine di tipo regionale.

Si possono individuare tre livelli gerarchici:

1. nel primo, la Sicilia si può ritenere una zona pluviometrica omogenea,
2. nel secondo, si individuano delle aree, denominate "sottozone pluviometriche omogenee"; la Sicilia è stata suddivisa in tre sottozone, che sono sempre le stesse, qualunque sia la durata in esame (vedi figura di seguito allegata):

- A - sottozona Ovest
- B - sottozona Nord Est
- C - sottozona Sud Est

In ciascuna sottozona, qualunque sia la durata in esame, e per valori di tempo di ritorno  $T \geq 10$  anni, sono state ottenute le seguenti espressioni approssimate:

- Sottozona A  
 $h'_{t,T} = 0,5391 - 0,001635t + (0,000221t^2 + 0,00117t + 0,9966) * \log T$
- Sottozona B  
 $h'_{t,T} = 0,5135 - 0,002264t + (0,000198t^2 + 0,00329t + 1,0508) * \log T$
- Sottozona C  
 $h'_{t,T} = 0,5015 - 0,003516t + (0,000372t^2 + 0,00102t + 1,1014) * \log T$

in cui  $h'_{t,T}$  è il valore dell'altezza di pioggia  $h_{t,T}$  di fissata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  rapportata alla media  $\mu$  della TCEV.



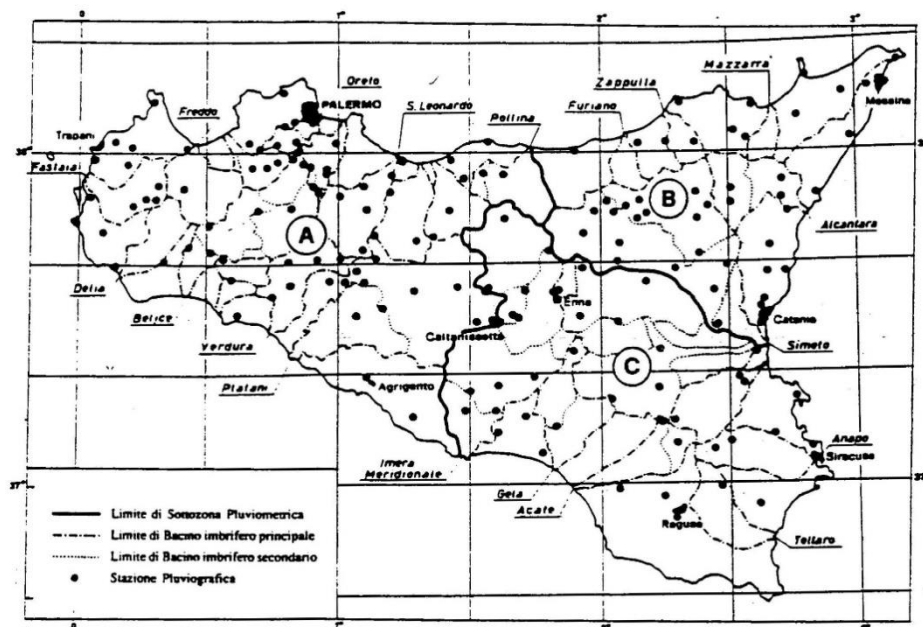


Fig.14 – sottozone pluviometriche omogenee

L'equazione della curva di probabilità pluviometrica si ottiene moltiplicando ciascuna delle precedenti per la legge di variazione della media con la durata.

$$H_{t,T} = h' t * \mu (t)$$

Per il territorio siciliano la media teorica  $\mu$  coincide con la media campionaria  $m_c$  per cui nel terzo livello di regionalizzazione è stato individuato un criterio regionale per la stima di  $m_c$ .

Per ciascuna delle 172 stazioni pluviografiche siciliane, che vantano almeno 10 anni di funzionamento, la media  $m_c$  è esprimibile in funzione della durata  $t$  secondo la seguente legge monomia:

$$m_c = a t^n$$

Questo risultato consente di definire la curva di possibilità pluviometrica con i solo due parametri "a" ed "n".

Questi valori sono riportati per ciascuna stazione pluviometrica [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993].

Per i siti sprovvisti di stazione di misura i coefficienti "a" ed "n" possono essere stimati sulla base delle *iso-a* e delle *iso-n*, non essendo stato rilevato né un legame interno tra le due costanti, né una variabilità in funzione dell'altitudine media.

Si riportano di seguito le immagini delle curve *iso a* e *iso n* della Regione Sicilia.

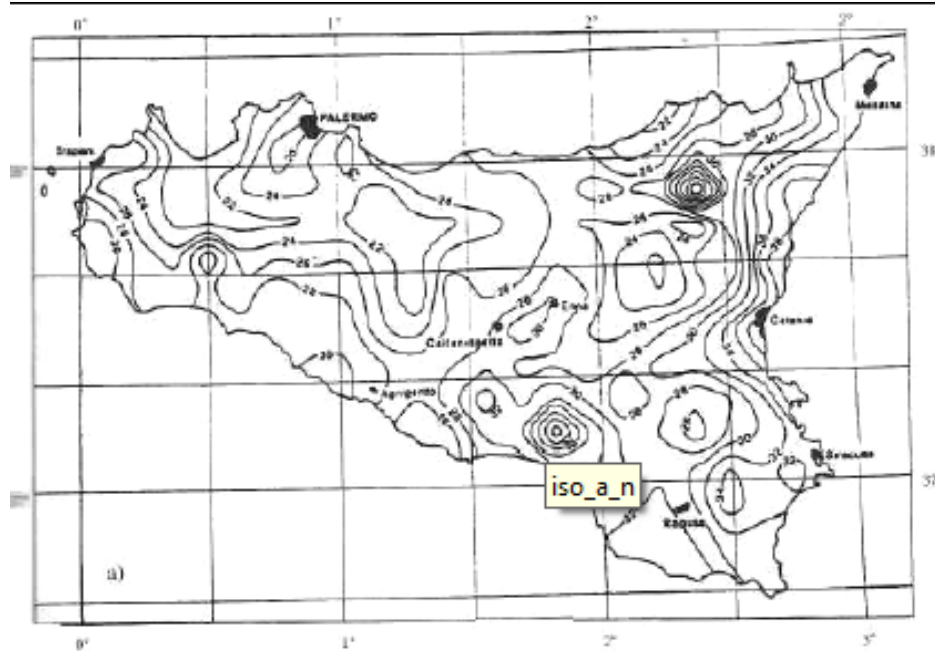


Fig.15 - Curve Iso a

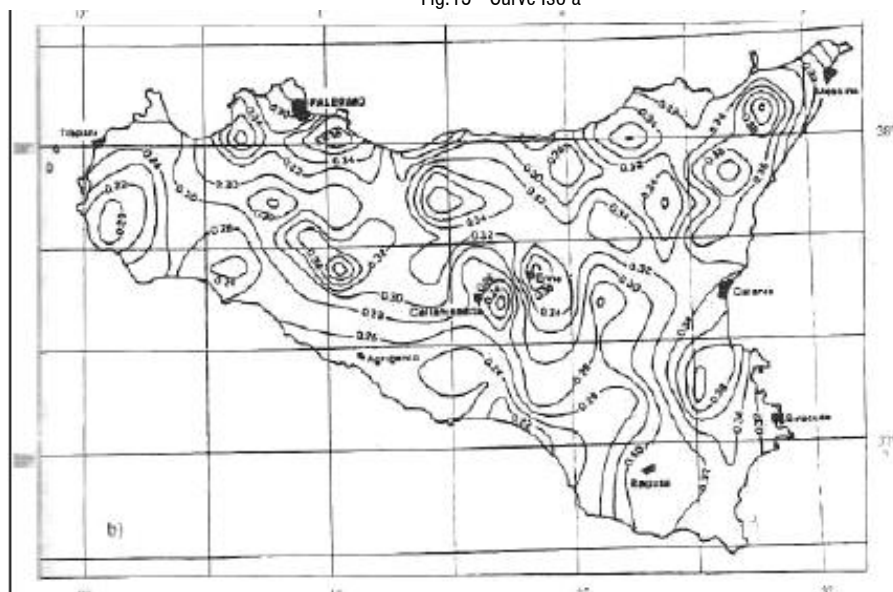


Fig. 16 - Curve Iso n

## 7.1. Determinazione del tempo di ritorno T

Il rischio idraulico a cui si può sottoporre la struttura e/o la porzione di territorio interessato dall'evento dipendono essenzialmente da tre componenti principali:

- Pericolosità idraulica dell'evento considerato e del Tempo di Ritorno;
- Valore delle cose a rischio;
- Vulnerabilità delle cose a rischio.

La pericolosità idraulica relativa al superamento della portata di dimensionamento delle opere può determinare il temporaneo innalzamento dei livelli idrici a monte e nella peggiore delle ipotesi, il collasso del manufatto per raggiunta vetustà o cattivo stato di manutenzione dello stesso. La frequenza del fenomeno idraulico è direttamente connessa con il Tempo di Ritorno che rappresenta il lasso temporale nel quale un dato evento ha probabilità di accadere almeno una volta. Un basso tempo di ritorno individua una probabilità alta di verifica dell'evento idraulico, un alto tempo di ritorno una bassa probabilità.

Il valore delle cose esposte a rischio, nel caso di viabilità assume aspetto rilevante per la possibilità di perdita di vita umana, mentre aspetto secondario assume l'allagamento di terreni agrari scarsamente antropizzati o danni alle strutture viarie stesse.

In relazione a quanto sopra, per la redazione dei calcoli idraulici e per il calcolo del volume di piena è stato considerato un tempo di ritorno pari a T=50 anni.

## 7.2. Applicazione del metodo tcev al caso in studio

L'intervento oggetto del presente studio ricadete nella provincia di Trapani e si trova nella sottozona A e pertanto l'espressione utilizzata è la seguente:

$$h'_{t,T} = 0,5391 - 0,001635t + (0,000221t^2 + 0,00117t + 0,9966) * \log T$$

Noti tempo di ritorno e durata dell'evento pluviometrico (tempo di corrivazione) è possibile calcolare il termine  $h'_{t,T}$ .

Per valutare le altezze di pioggia relative al prefissato tempo di ritorno T, si farà riferimento alla seguente equazione regionale individuata da Ferreri e Ferro (1898,1990) sulla base delle altezze di pioggia di breve durata misurate, dai pluviografi siciliani, in eventi per i quali si disponeva anche dell'analogo valore relativo alla durata di 60 minuti:

$$h_{t,T}/h_{60,T} = 0.208 t^{0.386}$$

in cui si è indicato con  $h_{t,T}$  l'altezza di pioggia di durata t inferiore all'ora e tempo di ritorno T, con  $H_{60,T}$  l'altezza di pioggia di durata 60 min e pari al tempo di ritorno e con t la durata della pioggia espressa in minuti.

Questa formula è stata ritenuta valida per valori di tempo di corrivazione  $t_c < 1$  h.

Moltiplicando tale valore per la media delle altezze di pioggia di durata pari a 60 minuti si ottiene l'altezza di pioggia relativa al tempo di corrivazione, da cui risulta una intensità di pioggia pari a:

$$i = h(t_c)/t_c \text{ (mm/h)}$$

Quindi, per determinare l'altezza di pioggia corrispondente a un dato tempo di ritorno e a una assegnata durata sarà necessario determinare i parametri "a" ed "n".

In base al posizionamento geografico dell'intervento in oggetto, (vedi Fig. 4) e facendo riferimento alla carte dei valori a ed n per il territorio siciliano (Lo Conti et al. 2007), sono stati stimati dei valori medi di a ed n, nei seguenti valori (vedi Fig. 17 e Fig. 18):

$$a = 28,03$$

$$n = 0,2376$$



A questo punto è possibile computare il valore della media campionaria  $m_c$ , e determinare il valore dell'altezza di pioggia in corrispondenza della quale si registra il valore massimo della portata al colmo della piena.

In definitiva il metodo consente di determinare altezze di pioggia e le relative intensità senza ricorrere ad elaborazioni dei dati di pioggia ma basandosi su criteri di regionalizzazione già messi a punto per la Sicilia dall'Università di Palermo.

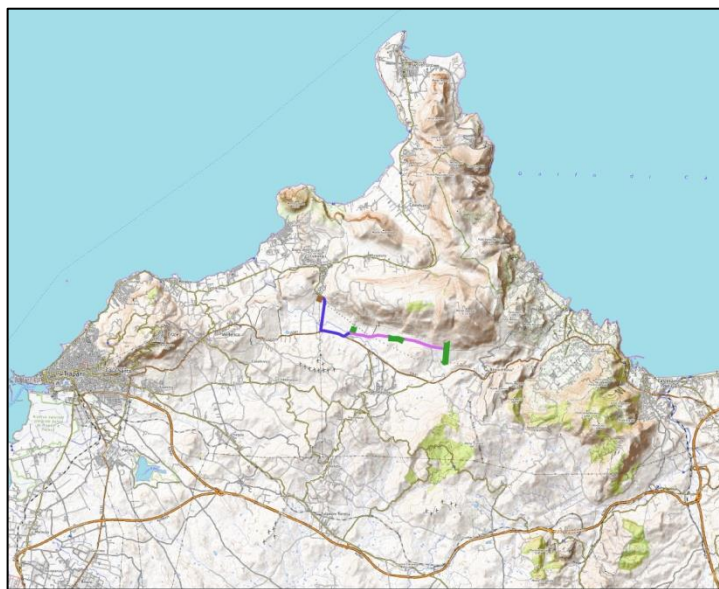


Fig. 17 – posizionamento geografico area oggetto di intervento

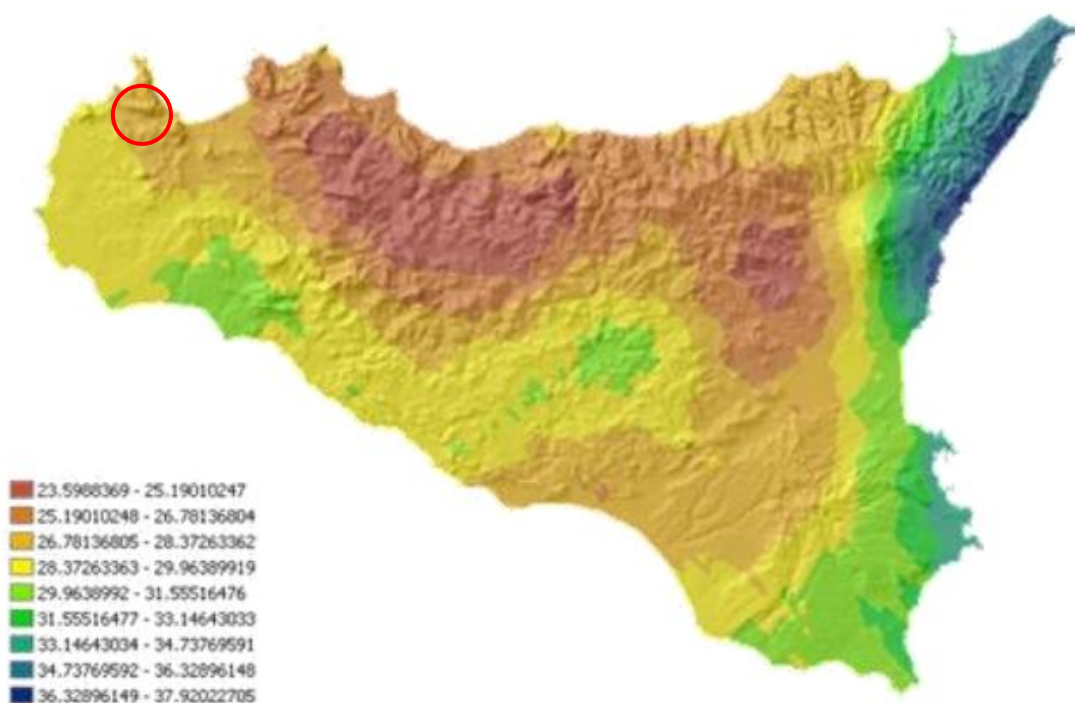


Fig. 18 - Valori dei coefficienti a per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

Zona di intervento



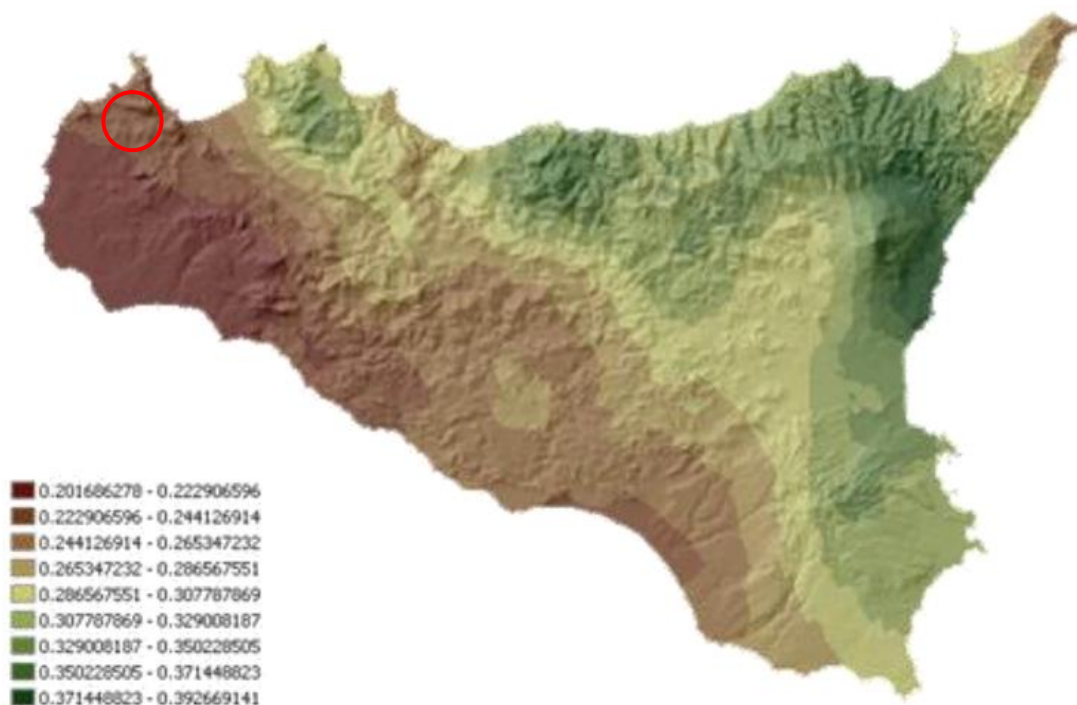


Fig.19 - Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

Zona di intervento 

### 7.3. Calcolo delle portate bianche e verifiche idrauliche

Una volta acquisiti i dati idrologici, geomorfologici e tutte le informazioni necessarie alla progettazione e le superfici del bacino sotteso, è stato possibile eseguire la verifica delle portate di progetto con quelle effettivamente smaltibili in base alle sezioni di progetto.

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  $\Phi$ . 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.

I coefficienti di afflusso ( $\Phi$ ) utilizzati nelle verifiche idrauliche sono quelli suggeriti dalla tabella allegata al provvedimento prot. 112363 del 9/07/2021 della Regione Sicilia. Sono stati utilizzati coefficienti che dipendono prevalentemente dall'uso del sito e dalla sua permeabilità e pertanto sono stati utilizzati i seguenti coefficienti:

Tipologia	Coefficiente di afflusso ( $\Phi$ )
Superfici Permeabili - Aree agricole in esercizio (Vigneti-uliveti)	0.05
Superfici poco permeabili - Aree agricole in esercizio (Vigneti-uliveti)	0.4
Superfici Permeabili - Aree agricole in esercizio (seminativi)	0.1
Superfici Permeabili - Superfici naturali a verde (Incolti - pascoli)	0.2
Superfici poco permeabili - Aree agricole in esercizio (seminativi)	0.5

Superfici semipermeabili - strade in terra battuta o stabilizzato	0.6
Superfici Impermeabili – pannelli fotovoltaici	0.9

Per il dimensionamento delle opere di laminazione si fa riferimento alla sezione del bacino sotteso dell'area interessata dalle opere in progetto e pertanto sono stati presi in considerazione solo quei bacini all'interno dei quali sono presenti strutture in progetto ovvero i Bacini 1 Bis-4-5-6-6 Bis e 10.

Nello specifico, considerato che i bacini considerati sono caratterizzati da diversi coefficienti di permeabilità e da coltivazioni diverse nell'assunzione del coefficiente di deflusso si è proceduto come da tabella seguente:

Caratteristiche coefficienti di deflusso dei bacini idrografici					
Dati bacini idrografici			DATI INPUT		Output
Bacino idrografico	Superficie (mq)	Impianto	Permeabilità	Tipo di coltivazione	Coefficiente di deflusso
1 Bis	13043	<b>Forgia</b>	Alta per porosità	Seminativo	0,1
4	65441	<b>Guardia</b>	Bassa permeabilità	Vigneto	0,4
5	39587	<b>Susicchio</b>	Alta per porosità	Seminativo	0,1
6	30855	<b>Susicchio</b>	Alta per porosità	Seminativo	0,1
6 Bis	5211	<b>Susicchio</b>	Alta per porosità	Seminativo	0,1
10	23047	<b>Susicchio</b>	Alta per porosità	Seminativo	0,1

## 8. DETERMINAZIONE INVARIANZA IDRAULICA DELL'IMPIANTO E DIMENSIONAMENTO OPERE DI LAMINAZIONE

Dalla conformazione delle curve di livello, l'area di intervento è stata suddivisa in tre porzioni denominate Forgia, Guardia e Susicchio BS1 e BS2 che raccolgono al loro interno diversi micro bacini utilizzati per il dimensionamento dei canali di raccolta delle acque e per i tubi armco (vedi Figura 9-10-11). Nella perimetrazione dei bacini idrografici che raccolgono acqua all'interno dell'area d'impianto si è dovuto considerare, in alcuni casi, il contributo derivante da porzioni esterne all'area d'impianto e pertanto le superfici scolanti sono più ampie delle superfici dell'impianto stesso. Su questi ultimi bacini non è stato previsto alcun intervento di invarianza in quanto privi di strutture, i bacini nei quali è stata verificata l'invarianza sono solo quelli che sono direttamente interessati dalle strutture dell'impianto perché sugli altri non sono presenti variazioni al regime dei deflussi.

Gli interventi di laminazione progettati per compensare le eccedenze calcolate hanno presupposto la progettazione di trincee drenanti (Fig. 19). Queste sono state disposte in modo tale da seguire le curve di livello ed avere una pendenza nulla.

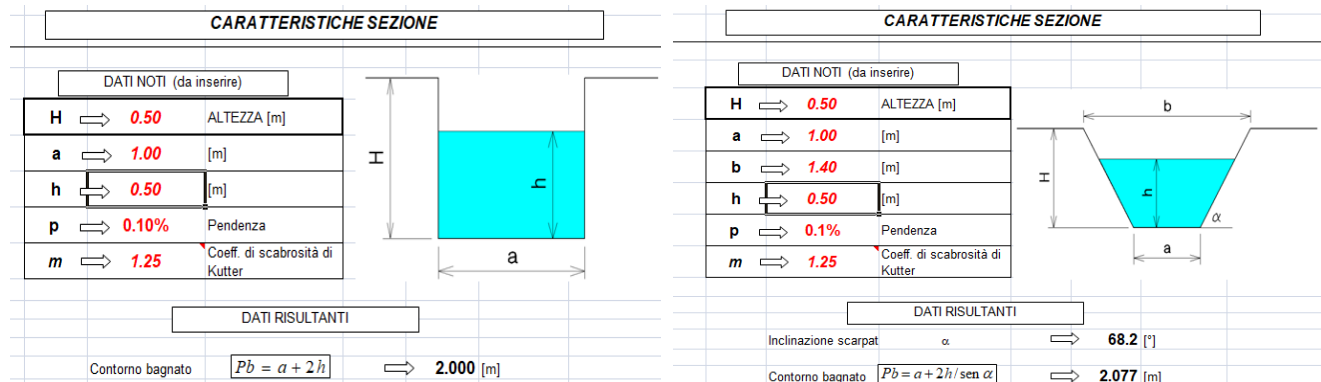


Fig. 19 – (sezione tipo trincea drenante)

## 8.1. Bacino 1 Bis

Formula di Kirpich  $t_c = 0.000325 \cdot (1000 \cdot L)^{0.77} \left[ \frac{\Delta H}{(1000 \cdot L)} \right]^{-0.385}$

DATI SUL BACINO IMBRIFERO			
Superficie scolante	A=		0.013 Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L=		0.157 Km
Quota massima	zmax=		126.000 m
Quota minima	zmin=		121.000 m
Quota media	Zmed=		123.500 m
Dislivello medio	ΔH=		2.500 m
pendenza media asta	i =		0.032
Tempo di corrivazione:			
Kirpich	tc=		0.060 ore

legge di variazione Kt relativa al tempo di ritorno T per zona A

$$Kt = 0,5391 - 0,001635t + (0,000221t^2 + 0,00117t + 0,9966) \cdot \log T$$

Kt	t	T
	ore	anni
2.3024	1	50
2.3118	3	50
2.3308	6	50
2.3871	12	50
2.5724	24	50

Legge di probabilità pluviometrica

$$h_{t,T} = \mu_t \cdot Kt$$

dove

$$\mu_t = a T^n$$

Media di Ht in funzione della durata t

$$h_{t,T} = a T^n \cdot Kt$$

per T = 1 ora si trova h<sub>60</sub>, T

h <sub>60</sub> T	a	n	A
64.53738445	28.03	0.2376	0.013

Equazione regionale individuata da Ferreri e Ferro (1989, 1990)

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0,208 t^{0,386} \quad t \text{ è espresso in minuti}$$

da cui risulta

$$h(tc) = 22.0268333 \text{ mm}$$

$$i = h(tc)/tc = 366.3600059 \text{ mm/h}$$

Calcolo della massima portata Q che defluisce attraverso la sezione terminale del bacino:

$$Q = \phi \cdot A / 3,6 \text{ (mc/s)}$$

dove:

A (Km<sup>2</sup>) area bacino  
 φ coefficiente di deflusso  
 i (mm/h) intensità di pioggia

Nel caso oggetto di studio, risulta che allo stato attuale il terreno è caratterizzato da un coefficiente di afflusso pari a **0.10** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\Phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	13034	0.05	651.7
Poco permeabile Uliveto/vigneto	0	0.4	0
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	0	0.9	0
<b>Totale</b>	<b>13034</b>		<b>651.7</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato attuale</b>			<b>0.05</b>

Calcolo della portata ante operam			
Qa	$\phi$	itc	A
0.07	0.05	366.36	0.013
			Ante operam

**Qa = 0.07 mc/sec Portata ante operam**

A seguito della realizzazione dell'impianto si ha una diversa distribuzione delle colture impiantate ed un miglioramento delle colture presenti. A seguito di queste variazioni i coefficienti di afflusso cambiano per effetto della diversa tipologia di conduzione delle attività agricole che consentono infiltrazioni efficaci diverse con un coefficiente di afflusso pari a **0.29** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\Phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	9310	0.05	465.5
Permeabile uliveto	0	0.05	0
Permeabile seminativo	0	0.1	0
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	324	0.6	194
Superfici Impermeabili	3400	0.9	3060
<b>Totale</b>	<b>13034</b>		<b>3720</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato di progetto</b>			<b>0.29</b>

Calcolo della portata post operam			
Qp (mc/s)	$\phi$	itc	A
0.38	0.29	366.36	0.013
			Post operam

**Qp = 0.38 mc/sec Portata post operam**

Surplus di portata a seguito della realizzazione dell'impianto		
Qp-Qa=		mc/sec
	<b>0.31</b>	

Coefficiente di deflusso	fi	0.29 adim
Superficie scolante	S	13034 mq
Altezza di pioggia totale della precipitazione	ht	0.022027 m
Tempo di corrivazione	tc	216.4 sec
Portata in uscita imposta	Qimp	0.005 mc/sec
Tempo di pioggia	t	3600.0 sec

Calcolo volume d'acqua da laminare		
Volume di acqua in entrata =	Vin=S*fi*ht	81.94 mc
Volume di acqua in uscita =	Vout=Qimp*t	18.00 mc
<b>Volume acqua da invasare=</b>	<b>V=Vin-Vout</b>	<b>63.94 mc</b>

Sviluppo lineare trincea disperdente		
Area trincea	Atr	2.00 mq/m
<b>Lunghezza trincea=</b>	<b>Ltr=V/Atr</b>	<b>31.97 m.</b>

Coefficiente udometrico (U) ante e post operam (l/s/ha)		
<b>U ante=</b>	50.88	<b>U post=</b> 290.44



## 8.2. Bacino 4

Formula di Kirpich 
$$t_c = 0.000325 \cdot (1000 \cdot L)^{0.77} \left[ \frac{\Delta H}{(1000 \cdot L)} \right]^{-0.385}$$

DATI SUIL BACINO IMBRIFERO			
Superficie scolante	A=	0.065	Kmq
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L=	0.188	Km
Quota massima	zmax=	215.000	m
Quota minima	zmin=	168.000	m
Quota media	Zmed=	191.500	m
Dislivello medio	$\Delta H$ =	23.500	m
pendenza media asta	i =	0.250	
Tempo di corrivazione:			
Kirpich	tc=	0.031	ore

legge di variazione Kt relativa al tempo di ritorno T per zona A

$$Kt = 0,5391 - 0,001635t + (0,000221t^2 + 0,00117t + 0,9966) \cdot \log T$$

Kt	t	T
	ore	anni
2.3024	1	50
2.3118	3	50
2.3308	6	50
2.3871	12	50
2.5724	24	50

Legge di probabilità pluviometrica

$$h_{t,T} = \mu_t \cdot Kt$$

dove

$$\mu_t = a T^n$$

Media di Ht in funzione della durata t

$$h_{t,T} = a T^n \cdot Kt$$

per T = 1 ora si trova  $h_{60, T}$

$h_{60,T}$	a	n	A
64.53738445	28.03	0.2376	0.065

Equazione regionale individuata da Ferreri e Ferro (1989, 1990)

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0,208 t^{0,385} \quad t \text{ è espresso in minuti}$$

da cui risulta

$$h(tc) = 17.10902996 \text{ mm}$$

$$i = h(tc)/tc = 547.5797576 \text{ mm/h}$$

**Calcolo della massima portata Q che defluisce attraverso la sezione terminale del bacino:**

$$Q = \phi \cdot i \cdot A / 3,6 \text{ (mc/s)}$$

dove:

A (Kmq) area bacino  
 $\phi$  coefficiente di deflusso  
 i (mm/h) intensità di pioggia

Nel caso oggetto di studio, risulta che allo stato attuale il terreno è caratterizzato da un coefficiente di afflusso pari a **0.40** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\Phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	0	0.05	0
Poco permeabile Uliveto/vigneto	65441	0.4	26176.4
Permeabile seminativo	0	0.1	0
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	0	0.9	0
<b>Totale</b>	<b>65441</b>		<b>26176.4</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato attuale</b>			<b>0.40</b>

Calcolo della portata ante operam			
Qa	$\phi$	itc	A
3.98	0.40	547.58	0.065
			Ante operam

**Qa = 3.98 mc/sec Portata ante operam**

A seguito della realizzazione dell'impianto si ha una diversa distribuzione delle colture impiantate ed un miglioramento delle colture presenti. A seguito di queste variazioni i coefficienti di afflusso cambiano per effetto della diversa tipologia di conduzione delle attività agricole che consentono infiltrazioni efficaci diverse con un coefficiente di afflusso pari a **0.54** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\Phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	0	0.05	0
Poco permeabile Uliveto/vigneto	44832	0.4	17933
Permeabile seminativo	0	0.1	0
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	3409	0.6	2045
Superfici Impermeabili	17200	0.9	15480
<b>Totale</b>	<b>65441</b>		<b>35458</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato di progetto</b>			<b>0.54</b>

Calcolo della portata post operam			
Qp (mc/s)	$\phi$	itc	A
5.39	0.54	547.58	0.065
			Post operam

**Qp = 5.39 mc/sec Portata post operam**

Surplus di portata a seguito della realizzazione dell'impianto	
Qp-Qa=	<b>1.41 mc/sec</b>

Coefficiente di deflusso  $f_i$  0.54 adim  
 Superficie scolante S 65441 mq  
 Altezza di pioggia totale della precipitazione ht 0.017109 m  
 Tempo di corrivazione tc 112.5 sec  
 Portata in uscita imposta Qimp 0.005 mc/sec  
 Tempo di pioggia t 3600.0 sec

Calcolo volume d'acqua da laminare		
Volume di acqua in entrata =	$V_{in}=S*f_i*ht$	606.66 mc
Volume di acqua in uscita =	$V_{out}=Q_{imp}*t$	18.00 mc
<b>Volume acqua da invasare=</b>	<b><math>V=V_{in}-V_{out}</math></b>	<b>588.66 mc</b>

Sviluppo lineare trincea disperdente		
Area trincea	Atr	2.00 mq/m
<b>Lunghezza trincea=</b>	<b><math>L_{tr}=V/A_{tr}</math></b>	<b>294.33 m.</b>

Coefficiente odometrico (U) ante e post operam (l/s/ha)	
<b>U ante=</b>	<b>608.42</b>
<b>U post=</b>	<b>824.16</b>



### 8.3. Bacino 5

Formula di Kirpich  $t_c = 0.000325 \cdot (1000 \cdot L)^{0.77} \left[ \frac{\Delta H}{(1000 \cdot L)} \right]^{-0.385}$

DATI SUL BACINO IMBRIFERO			
Superficie scolante	A=		0.040 Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L=		0.366 Km
Quota massima	zmax=		214.000 m
Quota minima	zmin=		186.000 m
Quota media	Zmed=		200.000 m
Dislivello medio	ΔH=		14.000 m
pendenza media asta	i =		0.077
Tempo di corrivazione:			
Kirpich	tc=		0.082 ore

legge di variazione Kt relativa al tempo di ritorno T per zona A

$$Kt = 0,5391 - 0,001635t + (0,000221t^2 + 0,00117t + 0,9966) \cdot \log T$$

Kt	t	T
	ore	anni
2.3024	1	50
2.3118	3	50
2.3308	6	50
2.3871	12	50
2.5724	24	50

Legge di probabilità pluviometrica

$$h_{t,T} = \mu_t \cdot Kt$$

dove

$$\mu_t = a T^n$$

Media di Ht in funzione della durata t

$$h_{t,T} = a T^n \cdot Kt$$

per T = 1 ora si trova h<sub>60</sub>, T

h <sub>60</sub> T	a	n	A
64.53738445	28.03	0.2376	0.040

Equazione regionale individuata da Ferreri e Ferro (1989, 1990)

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0,208 t^{0,385} \quad t \text{ è espresso in minuti}$$

da cui risulta

$$h(tc) = 24.86810387 \text{ mm}$$

$$i = h(tc)/tc = 302.0608917 \text{ mm/h}$$

Calcolo della massima portata Q che defluisce attraverso la sezione terminale del bacino:

$$Q = \phi^* \cdot A / 3,6 \text{ (mc/s)}$$

dove:

A (Km<sup>2</sup>) area bacino  
 φ coefficiente di deflusso  
 i (mm/h) intensità di pioggia

Nel caso oggetto di studio, risulta che allo stato attuale il terreno è caratterizzato da un coefficiente di afflusso pari a **0.10** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\Phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	0	0.05	0
Poco permeabile Uliveto/vigneto	0	0.4	0
Permeabile seminativo	39587	0.1	3958.7
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	0	0.9	0
<b>Totale</b>	<b>39587</b>		<b>3958.7</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato attuale</b>			<b>0.10</b>

Calcolo della portata ante operam			
Qa	$\phi$	itc	A
0.33	0.10	302.06	0.040
			Ante operam

**Qa = 0.33 mc/sec Portata ante operam**

A seguito della realizzazione dell'impianto si ha una diversa distribuzione delle colture impiantate ed un miglioramento delle colture presenti. A seguito di queste variazioni i coefficienti di afflusso cambiano per effetto della diversa tipologia di conduzione delle attività agricole che consentono infiltrazioni efficaci diverse con un coefficiente di afflusso pari a **0.18** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\Phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	33621	0.05	1681.05
Poco permeabile Uliveto/vigneto	0	0.4	0
Permeabile seminativo	0	0.1	0
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	5966	0.9	5369
<b>Totale</b>	<b>39587</b>		<b>7050</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato di progetto</b>			<b>0.18</b>

Calcolo della portata post operam			
Qp (mc/s)	$\phi$	itc	A
0.59	0.18	302.06	0.040
			Post operam

**Qp = 0.59 mc/sec Portata post operam**

Surplus di portata a seguito della realizzazione dell'impianto		
Qp-Qa=		mc/sec
	<b>0.26</b>	

Coefficiente di deflusso	fi	0.18 adim
Superficie scolante	S	39587 mq
Altezza di pioggia totale della precipitazione	ht	0.024868 m
Tempo di corrivazione	tc	296.4 sec
Portata in uscita imposta	Qimp	0.005 mc/sec
Tempo di pioggia	t	3600.0 sec

Calcolo volume d'acqua da laminare		
Volume di acqua in entrata =	Vin=S*fi*ht	175.33 mc
Volume di acqua in uscita =	Vout=Qimp*t	18.00 mc
<b>Volume acqua da invasare=</b>	<b>V=Vin-Vout</b>	<b>157.33 mc</b>

Sviluppo lineare trincea disperdente		
Area trincea	Atr	2.00 mq/m
<b>Lunghezza trincea=</b>	<b>Ltr=V/Atr</b>	<b>78.67 m.</b>

Coefficiente udometrico (U) ante e post operam (l/s/ha)		
<b>U ante=</b>	83.91	<b>U post=</b> 149.44

## 8.4. Bacino 6

Formula di Kirpich  $t_c = 0.000325 \cdot (1000 \cdot L)^{0.77} \left[ \frac{\Delta H}{(1000 \cdot L)} \right]^{-0.385}$

DATI SUIL BACINO IMBRIFERO			
Superficie scolante	A=		0.031 Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L=		0.357 Km
Quota massima	zmax=		246.000 m
Quota minima	zmin=		214.000 m
Quota media	Zmed=		230.000 m
Dislivello medio	ΔH=		16.000 m
pendenza media asta	i =		0.090
Tempo di corrivazione:			
	Kirpich	tc=	0.076 ore

legge di variazione Kt relativa al tempo di ritorno T per zona A

$$Kt = 0,5391 - 0,001635t + (0,000221t^2 + 0,00117t + 0,9966) \cdot \log T$$

Kt	t	T
	ore	anni
2.3024	1	50
2.3118	3	50
2.3308	6	50
2.3871	12	50
2.5724	24	50

Legge di probabilità pluviometrica

$$h_{t,T} = \mu_t \cdot Kt$$

dove

$$\mu_t = a T^n$$

Media di Ht in funzione della durata t

$$h_{t,T} = a T^n \cdot Kt$$

per T = 1 ora si trova h<sub>60, T</sub>

h <sub>60,T</sub>	a	n	A
64.53738445	28.03	0.2376	0.031

Equazione regionale individuata da Ferreri e Ferro (1989, 1990)

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0,208 t^{0,386} \quad t \text{ è espresso in minuti}$$

da cui risulta

$$h(tc) = 24.11036516 \text{ mm}$$

$$i = h(tc)/tc = 317.3009549 \text{ mm/h}$$

Calcolo della massima portata Q che defluisce attraverso la sezione terminale del bacino:

$$Q = \phi \cdot i \cdot A / 3,6 \text{ (mc/s)}$$

dove:

A (Km<sup>2</sup>) area bacino  
 φ coefficiente di deflusso  
 i (mm/h) intensità di pioggia

Nel caso oggetto di studio, risulta che allo stato attuale il terreno è caratterizzato da un coefficiente di afflusso pari a **0.10** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\Phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	0	0.05	0
Poco permeabile Uliveto/vigneto	0	0.4	0
Permeabile seminativo	30855	0.1	3085.5
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	0	0.9	0
<b>Totale</b>	<b>30855</b>		<b>3085.5</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato attuale</b>			<b>0.10</b>

Calcolo della portata ante operam			
Qa	$\phi$	itc	A
0.27	0.10	317.30	0.031
			Ante operam

**Qa = 0.27 mc/sec Portata ante operam**

A seguito della realizzazione dell'impianto si ha una diversa distribuzione delle colture impiantate ed un miglioramento delle colture presenti. A seguito di queste variazioni i coefficienti di afflusso cambiano per effetto della diversa tipologia di conduzione delle attività agricole che consentono infiltrazioni efficaci diverse con un coefficiente di afflusso pari a **0.35** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\Phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	19285	0.05	964.25
Poco permeabile Uliveto/vigneto	0	0.4	0
Permeabile seminativo	0	0.1	0
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	2363	0.6	1418
Superfici Impermeabili	9207	0.9	8286
<b>Totale</b>	<b>30855</b>		<b>10668</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato di progetto</b>			<b>0.35</b>

Calcolo della portata post operam			
Qp (mc/s)	$\phi$	itc	A
0.94	0.35	317.30	0.031
			Post operam

**Qp = 0.94 mc/sec Portata post operam**

Surplus di portata a seguito della realizzazione dell'impianto		
Qp-Qa=		mc/sec
	<b>0.67</b>	

Coefficiente di deflusso  $f_i$  0.35 adim  
 Superficie scolante S 30855 mq  
 Altezza di pioggia totale della precipitazione ht 0.02411 m  
 Tempo di corrivazione tc 273.5 sec  
 Portata in uscita imposta  $Q_{imp}$  0.005 mc/sec  
 Tempo di pioggia t 3600.0 sec

Calcolo volume d'acqua da laminare		
Volume di acqua in entrata =	$V_{in}=S \cdot f_i \cdot ht$	257.22 mc
Volume di acqua in uscita =	$V_{out}=Q_{imp} \cdot t$	18.00 mc
<b>Volume acqua da invasare=</b>	<b><math>V=V_{in}-V_{out}</math></b>	<b>239.22 mc</b>

Sviluppo lineare trincea disperdente		
Area trincea	Atr	2.00 mq/m
<b>Lunghezza trincea=</b>	<b><math>L_{tr}=V/Atr</math></b>	<b>119.61 m.</b>

Coefficiente udometrico (U) ante e post operam (l/s/ha)		
<b>U ante=</b>	88.14	<b>U post=</b> 304.75

## 8.5. Bacino 6 bis

Formula di Kirpich  $t_c = 0.000325 \cdot (1000 \cdot L)^{0.77} \left[ \frac{\Delta H}{(1000 \cdot L)} \right]^{-0.385}$

DATI SUL BACINO IMBRIFERO			
Superficie scolante	A=		0.005 Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L=		0.174 Km
Quota massima	zmax=		224.000 m
Quota minima	zmin=		213.000 m
Quota media	Zmed=		218.500 m
Dislivello medio	ΔH=		5.500 m
pendenza media asta	i =		0.063
Tempo di corrivazione:			
	Kirpich	tc=	0.050 ore

legge di variazione Kt relativa al tempo di ritorno T per zona A

$$Kt = 0,5391 - 0,001635t + (0,000221t^2 + 0,00117t + 0,9966) \cdot \log T$$

Kt	t	T
	ore	anni
2.3024	1	50
2.3118	3	50
2.3308	6	50
2.3871	12	50
2.5724	24	50

Legge di probabilità pluviometrica

$$h_{t,T} = \mu_t \cdot Kt$$

dove

$$\mu_t = a T^n$$

Media di Ht in funzione della durata t

$$h_{t,T} = a T^n \cdot Kt$$

per T = 1 ora si trova h<sub>60, T</sub>

h <sub>60,T</sub>	a	n	A
64.53738445	28.03	0.2376	0.005

Equazione regionale individuata da Ferreri e Ferro (1989, 1990)

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0,208 t^{0,385} \quad t \text{ è espresso in minuti}$$

da cui risulta

$$h(tc) = 20.51024083 \text{ mm}$$

$$i = h(tc)/tc = 410.3828478 \text{ mm/h}$$

Calcolo della massima portata Q che defluisce attraverso la sezione terminale del bacino:

$$Q = \phi \cdot i \cdot A / 3,6 \text{ (mc/s)}$$

dove:

A (Km<sup>2</sup>) area bacino  
 φ coefficiente di deflusso  
 i (mm/h) intensità di pioggia

Nel caso oggetto di studio, risulta che allo stato attuale il terreno è caratterizzato da un coefficiente di afflusso pari a **0.10** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	0	0.05	0
Poco permeabile Uliveto/vigneto	0	0.4	0
Permeabile seminativo	5211	0.1	521.1
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	0	0.9	0
<b>Totale</b>	<b>5211</b>		<b>521.1</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato attuale</b>			<b>0.10</b>

Calcolo della portata ante operam			
Qa	$\phi$	itc	A
0.06	0.10	410.38	0.005
			Ante operam

**Qa = 0.06 mc/sec Portata ante operam**

A seguito della realizzazione dell'impianto si ha una diversa distribuzione delle colture impiantate ed un miglioramento delle colture presenti. A seguito di queste variazioni i coefficienti di afflusso cambiano per effetto della diversa tipologia di conduzione delle attività agricole che consentono infiltrazioni efficaci diverse con un coefficiente di afflusso pari a **0.23** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	4095	0.05	204.75
Poco permeabile Uliveto/vigneto	0	0.4	0
Permeabile seminativo	0	0.1	0
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	1116	0.9	1004
<b>Totale</b>	<b>5211</b>		<b>1209</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato di progetto</b>			<b>0.23</b>

Calcolo della portata post operam			
Qp (mc/s)	$\phi$	itc	A
0.14	0.23	410.38	0.005
			Post operam

**Qp = 0.14 mc/sec Portata post operam**

Surplus di portata a seguito della realizzazione dell'impianto	
Qp-Qa=	<b>0.08 mc/sec</b>

Coefficiente di deflusso	fi	0.23 adim
Superficie scolante	S	5211 mq
Altezza di pioggia totale della precipitazione	ht	0.02051 m
Tempo di corrivazione	tc	179.9 sec
Portata in uscita imposta	Qimp	0.005 mc/sec
Tempo di pioggia	t	3600.0 sec

Calcolo volume d'acqua da laminare		
Volume di acqua in entrata =	Vin=S*fi*ht	24.80 mc
Volume di acqua in uscita =	Vout=Qimp*t	18.00 mc
<b>Volume acqua da invasare=</b>	<b>V=Vin-Vout</b>	<b>6.80 mc</b>

Sviluppo lineare trincea disperdente		
Area trincea	Atr	2.00 mq/m
<b>Lunghezza trincea=</b>	<b>Ltr=V/Atr</b>	<b>3.40 m.</b>

Coefficiente udometrico (U) ante e post operam (l/s/ha)	
<b>U ante=</b>	<b>114.00</b>
<b>U post=</b>	<b>264.51</b>



## 8.6. Bacino 10

Formula di Kirpich  $t_c = 0.000325 \cdot (1000 \cdot L)^{0.77} \left[ \frac{\Delta H}{(1000 \cdot L)} \right]^{-0.385}$

DATI SUI BACINO IMBRIFERO			
Superficie scolante	A=	0.023	Kmq
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L=	0.245	Km
Quota massima	zmax=	280.000	m
Quota minima	zmin=	246.000	m
Quota media	Zmed=	263.000	m
Dislivello medio	ΔH=	17.000	m
pendenza media asta	i =	0.139	
Tempo di corrivazione:			
Kirpich	tc=	0.048	ore

legge di variazione Kt relativa al tempo di ritorno T per zona A

$$Kt = 0,5391 - 0,001635t + (0,000221t^2 + 0,00117t + 0,9966) \cdot \log T$$

Kt	t	T
	ore	anni
2.3024	1	50
2.3118	3	50
2.3308	6	50
2.3871	12	50
2.5724	24	50

Legge di probabilità pluviometrica

$$h_{t,T} = \mu_t \cdot Kt$$

dove

$$\mu_t = a T^n$$

Media di Ht in funzione della durata t

$$h_{t,T} = a T^n \cdot Kt$$

per T = 1 ora si trova  $h_{60, T}$

$h_{60,T}$	a	n	A
64.53738445	28.03	0.2376	0.023

Equazione regionale individuata da Ferreri e Ferro (1989, 1990)

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0,208 t^{0,386} \quad t \text{ è espresso in minuti}$$

da cui risulta

$$h(tc) = 20.20211733 \text{ mm}$$

$$i = h(tc)/tc = 420.3839084 \text{ mm/h}$$

Calcolo della massima portata Q che defluisce attraverso la sezione terminale del bacino:

$$Q = \phi \cdot i \cdot A / 3,6 \text{ (mc/s)}$$

dove:

A (Kmq) area bacino  
 φ coefficiente di deflusso  
 i (mm/h) intensità di pioggia

Nel caso oggetto di studio, risulta che allo stato attuale il terreno è caratterizzato da un coefficiente di afflusso pari a **0.10** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\Phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	0	0.05	0
Poco permeabile Uliveto/vigneto	0	0.4	0
Permeabile seminativo	23047	0.1	2304.7
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	0	0.9	0
<b>Totale</b>	<b>23047</b>		<b>2304.7</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato attuale</b>			<b>0.10</b>

Calcolo della portata ante operam			
Qa	$\phi$	itc	A
0.27	0.10	420.38	0.023
			Ante operam

**Qa = 0.27 mc/sec Portata ante operam**

A seguito della realizzazione dell'impianto si ha una diversa distribuzione delle colture impiantate ed un miglioramento delle colture presenti. A seguito di queste variazioni i coefficienti di afflusso cambiano per effetto della diversa tipologia di conduzione delle attività agricole che consentono infiltrazioni efficaci diverse con un coefficiente di afflusso pari a **0.44** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	$\Phi$	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	0	0.05	0
Poco permeabile Uliveto/vigneto	0	0.4	0
Permeabile seminativo	0	0.1	0
Permeabile sup. naturali a verde	14.448	0.2	2890
Poco permeabile seminativo	0	0.5	0
Semipermeabile Strade	1799	0.6	1079
Superfici Impermeabili	6800	0.9	6120
<b>Totale</b>	<b>23047</b>		<b>10089</b>
<b>Coefficiente di afflusso allo stato di progetto</b>			<b>0.44</b>

Calcolo della portata post operam			
Qp (mc/s)	$\phi$	itc	A
1.18	0.44	420.38	0.023
			Post operam

**Qp = 1.18 mc/sec Portata post operam**

Surplus di portata a seguito della realizzazione dell'impianto	
Qp-Qa=	<b>0.91</b> mc/sec

Coefficiente di deflusso  $f_i$  0.44 adim  
 Superficie scolante S 23047 mq  
 Altezza di pioggia totale della precipitazione ht 0.020202 m  
 Tempo di corrivazione tc 173.0 sec  
 Portata in uscita imposta  $Q_{imp}$  0.005 mc/sec  
 Tempo di pioggia t 3600.0 sec

Calcolo volume d'acqua da laminare		
Volume di acqua in entrata =	$V_{in}=S*f_i*ht$	203.82 mc
Volume di acqua in uscita =	$V_{out}=Q_{imp}*t$	18.00 mc
<b>Volume acqua da invasare=</b>	<b><math>V=V_{in}-V_{out}</math></b>	<b>185.82 mc</b>

Sviluppo lineare trincea disperdente		
Area trincea	Atr	2.00 mq/m
<b>Lunghezza trincea=</b>	<b>Ltr=V/Atr</b>	<b>92.91 m.</b>

Coefficiente odometrico (U) ante e post operam (l/s/ha)	
<b>U ante=</b>	116.77
<b>U post=</b>	511.18

## 9. CONCLUSIONI

Le verifiche eseguite hanno consentito di appurare che l'impianto non ricade all'interno di aree a vario grado di pericolosità e rischio idraulico. L'analisi storica delle cartografie esistenti unitamente allo studio della morfologia dei luoghi ed alla posizione dei siti rispetto alle aree circostanti ha permesso di escludere la presenza di aree alluvionabili/esondabili all'interno dell'area d'impianto.

È stato evidenziato che l'impianto agrivoltaico non determina una impermeabilizzazione del sito in quanto essendo basculante e sollevato da terra consente alle acque piovane di infiltrarsi nel terreno sotto i pannelli. Ciò consentirà la crescita di una rigogliosa vegetazione spontanea che unitamente a quella che sarà coltivata determinerà coefficienti di deflusso ben più bassi di quelli attuali. Tuttavia ci si è posti nell'ipotesi che ciò non avvenga e che i pannelli aumentino i coefficienti di deflusso fino a creare degli scompensi idrici in uscita dall'impianto. Sulla base di queste considerazioni sono state eseguite delle calcolazioni che hanno portato a definire delle opere di laminazione per ogni bacino perimetrato interno all'impianto. Tali opere sono rappresentate da trincee drenanti in grado di modulare le quantità di acqua in eccesso derivante dalle nuove superfici impermeabili.

Grazie a questi interventi mitigatori, descritti e calcolati nel precedente capitolo, si è riusciti a raggiungere l'invarianza idrologico-idraulica dei siti così come previsto dalla Normativa vigente.