

PROPONENTE
Repower Renewable Spa
Via Lavaredo, 44
30174 Venezia

REPOWER
L'energia che ti serve.

COORDINAMENTO

LAAP ARCHITECTS®
urban quality consultants
LAAP ARCHITECTS Srl
via Francesco Laurana 28
90143 - Palermo - Italia
t 091.7834427 - fax 091.7834427
laap.it - info@laap.it
Numero di commessa laap: 338

PROGETTAZIONE

LAAP ARCHITECTS®
urban quality consultants
LAAP ARCHITECTS Srl
via Francesco Laurana 28
90143 - Palermo - Italia
t 091.7834427 - fax 091.7834427
laap.it - info@laap.it
Numero di commessa laap: 338

Architetto e Agrotecnico Antonino Palazzolo



CONSULENTE

Dott. Geologo Salvatore Lo Verme



N° COMMESSA

1518

PARCO AGRIVOLTAICO "RACARRUME", 25 MW + 20 MW ACCUMULO
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI
COMUNI DI BUSETO PALIZZOLO (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: 338_CARTIGLIO_r00.dwg

00	20/03/2023	PRIMA EMISSIONE	Dott. Geol. Salvatore Lo Verme	Arch. Sandro Di Gangi	Arch. Antonino Palazzolo
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO	6
3.1. Inquadramento impianto	7
3.2. Riferimenti Cartografici	7
3.3. Inquadramento Geografico	9
4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGICO	12
5. VALUTAZIONE DELLE AREE ALLUVIONABILI	14
6. INVARIANZA IDRAULICA	18
7. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI LAMINAZIONE PER I VARI BACINI	21
7.1. Determinazione del tempo di ritorno T	25
7.2. Applicazione del metodo tcev al caso in studio	25
7.3. Calcolo delle portate bianche e verifiche idrauliche	27
8. DETERMINAZIONE INVARIANZA IDRAULICA DELL'IMPIANTO E DIMENSIONAMENTO OPERE DI LAMINAZIONE	28
8.1. Bacino Specchia	29
8.2. Bacino Popoli	31
8.3. Bacino Belloverde	33
8.4. Bacino Stazione utente	35
9. CONCLUSIONI	37

1. PREMESSA

La società LAAP Architects Srl è stata incaricata di redigere il progetto definitivo del parco agrivoltaico denominato "Racarrume", di potenza pari a **25 MW** e integrato da un sistema di accumulo da **20 MW**, per una potenza totale richiesta in immissione di 45 MW., ubicato nei Comuni di Buseto Palizzolo (TP), Valderice (TP), Erice (TP), Trapani e Misiliscemi (TP) in Provincia di Trapani e proposto dalla società Repower Renewable s.p.a. con sede legale in Venezia via Lavaredo 44/52 cap 30174, d'ora in avanti chiamato **Proponente**.

Nello specifico si propone la realizzazione di:

1. **Un impianto agrivoltaico** che si estende su di un'area di 49,5 ettari sita nel territorio comunale di Buseto Palizzolo (TP) e Valderice (TP), costituito da due tipologie di strutture ovvero: **tracker ad inseguimento monoassiale**, di altezza minima variabile tra 1,30 m per le aree ad attività zootecnica e di 2,10 m per le aree ad attività colturale, composti da 30 o 15 moduli fotovoltaici da 640 W disposti su una singola fila e **stringhe a telaio fisso**, di altezza minima 1,30 m per l'attività zootecnica, composti da 24 moduli fotovoltaici da 640 W disposti su tre file.

L'impianto è stato suddiviso in 3 impianti così nominati (vd. Figura 1):

- **Impianto "Specchia"** (composto da 4 porzioni autonome denominate RS1, RS2, RS3 e RS4)
- **Impianto "Popoli"** (composto da 4 porzioni autonome denominate RP1, RP2, RP3 e RP4)
- **Impianto "Belloverde"** (composto da 3 porzioni autonome denominate RB1, RB2 e RB3)

Al loro interno sono previste:

- mantenimento e ampliamento dell'attività colturale 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 l'impianto è costituito da **6 sottocampi** in tecnologia mista e per ogni sottocampo è previsto un sistema di conversione DC/AC del tipo distribuito con inverter di piccola taglia (250 e 350 kW) installati in modo distribuito. Il sistema di trasformazione prevede l'installazione di trasformatori 36/08 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). Tutte le cabine di campo saranno collegate ad una cabina principale di raccolta utente (CR) dalla quale partiranno i cavidotti a 36 kV verso la sottostazione utente SSEU.

2. **Cavidotti interrati interni al sito 36 kV** per collegare le cabine di campo alla cabina di raccolta CR. Verranno utilizzati cavi unipolari in formazione a trifoglio adatti alla posa direttamente interrata. All'interno dei campi le cabine sono collegate fra loro in entra-esce ed alla cabina di raccolta;
3. **Cavidotti interrati esterni al sito 36 kV** per il collegamento tra la cabina di raccolta CR sita all'interno del campo agrivoltaico RS1 "Specchia" e l'edificio utente sito all'interno della sottostazione utente SSEU;
4. **Sottostazione Utente SSEU** ubicata nel comune di Buseto Palizzolo (TP), contenente l'edificio utente per la raccolta dei cavidotti a 36 kV provenienti dalla cabina di raccolta del parco agrivoltaico dalla quale partirà un successivo cavidotto che verrà collegato alla stazione RTN tramite inserimento in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione Terna a 150/36 kV. All'interno della sottostazione utente sarà ubicato inoltre un **sistema di accumulo elettrochimico BESS** avente una potenza nominale di 20MW.

5. Una nuova **stazione elettrica Terna di trasformazione a 150/36 kV** denominata “**Buseto 2**”, ubicata nel comune di Buseto Palizzolo (TP), da inserire in doppio entra-esce alla due linee RTN 150 kV “Buseto Palizzolo – Fulgatore” e “Buseto Palizzolo – Castellammare del Golfo”;
6. Un nuovo **elettrodotto RTN a 150 kV** di collegamento tra la SE “Buseto 2” e la Cabina Primaria di Ospedaletto, presso la quale dovrà essere realizzato uno stallo 150 kV;
7. Un **ampliamento** della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

Le opere descritte ai punti 1), 2), 3) e 4) verranno trattate nella sezione **Progetto Definitivo** del parco agrivoltaico di cui il presente documento si propone come relazione descrittiva.

Le opere ai punti 5), 6) e 7) verranno trattate nella sezione **Piano Tecnico Opere di Rete (PTO)** di cui la medesima società Repower Renewable s.p.a. ne è Capofila.

La connessione alla RTN è basata sulla soluzione tecnica minima generale per la connessione STMG, con codice pratica 202202432, ricevuta per l'impianto in oggetto da Terna - Rete Elettrica Nazionale S.p.A.

Il documento si propone di fornire una descrizione generale completa del progetto definitivo volto al rilascio da parte delle Autorità competenti, delle autorizzazioni e concessioni necessarie alla sua realizzazione.

La Legge Regione Siciliana 13 Agosto 2020, n. 19 “Norme per il governo del territorio” all’art. 22 comma 6 prescrive che in fase di pianificazione urbanistica venga redatto, così come previsto dalla Lettera d), tra tutti gli elaborati anche uno studio di compatibilità idraulica (invarianza idrologico e idraulica) redatto secondo i dettami del vigente Piano di Gestione del Rischio alluvioni.

Lo studio è stato sviluppato in accordo a quanto previsto dalle NTA del PAI aggiornate con D.P. Regione Siciliana 06/05/2021 ed ha valutato la presenza di aree alluvionabili a causa dell’esonazione di corsi d’acqua e canali artificiali. Il fine ultimo è stato di valutare la presenza di eventuali livelli di pericolosità che possono determinare fattori di rischio a seguito della realizzazione delle infrastrutture del Parco fotovoltaico sull’area di territorio studiata con l’obiettivo di valutarne l’idoneità dello stesso alle trasformazioni in progetto.

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 Compatibilità 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. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

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	
Luogo di installazione:	Località: Racarrume, Comune di Valderice (TP) e Comune di Buseto Palizzolo (TP)
Denominazione impianto:	Impianto Agrivoltaico Racarrume
Dati area di progetto:	Impianto Agrivoltaico: Comune di Valderice (TP) e Comune di Buseto Palizzolo (TP)
Informazioni generali del sito:	Zona prevalentemente rurale a basso tasso di inurbamento.
Potenza (MW):	Impianto fotovoltaico: 25 MW BESS: 20 MW
Superficie totale (STotale)	49,5 ha
Superficie Agricola (SAgricola)	42,3 ha
Superficie dei moduli (SModuli)	11,8 ha
SAgricola/STotale > 70%	85,4%
LAOR (Smoduli/STotale) < 40%	24%
Producibilità elettrica minima (FVagri ≥ 0,6 x FVstandard)	83,3%
Tipo strutture di sostegno:	Strutture in materiale metallico ad inseguimento solare mono-assiali Strutture in materiale metallico del tipo a telaio fisso
Inclinazione piano dei moduli (Tilt):	Le strutture fisse avranno un angolo di tilt di circa 30° rispetto al piano orizzontale
Caratterizz. - urbanistico/vincolistica:	Piano Regolatore di Valderice; Piano Regolatore di Buseto Palizzolo; Piano Paesaggistico dell'Ambito 1 Provincia di Trapani
Connessione:	Connessione ad uno stallo a 36 kV della stazione TERNA "Buseto 2"
Rete di collegamento:	LINEA AAT RTN a 150 kV "Buseto Palizzolo - Fulgatore" e "Buseto Palizzolo – Castellammare Golfo"
Coordinate Parco Agrivoltaico	Punto baricentrico al parco: 37°59'50.65"N, 12°40'14.46"E SSE Utente: 37°59'34.50"N, 12°41'38.75"E

3.1. Inquadramento impianto

L'intervento in oggetto riguarda la realizzazione dell'impianto agrivoltaico da realizzarsi in zona agricola in località Contrada Racarrume nei comuni di Valderice (TP) e Buseto Palizzolo (TP).

I diritti reali sulle aree selezionate per l'installazione dei tracker fotovoltaici previsti nel progetto, sono stati acquisiti in via preliminare mediante accordo con i relativi proprietari.

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.

3.2. Riferimenti Cartografici

L'impianto sarà collocato in agro dei comuni sopra citati all'interno delle seguenti cartografie:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 248-III-SE-Erice, 257-IV-NE-Dattilo.
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 593130, 592160, 605040, 606010.



Figura 1. Ubicazione area del parco agrivoltaico da satellite

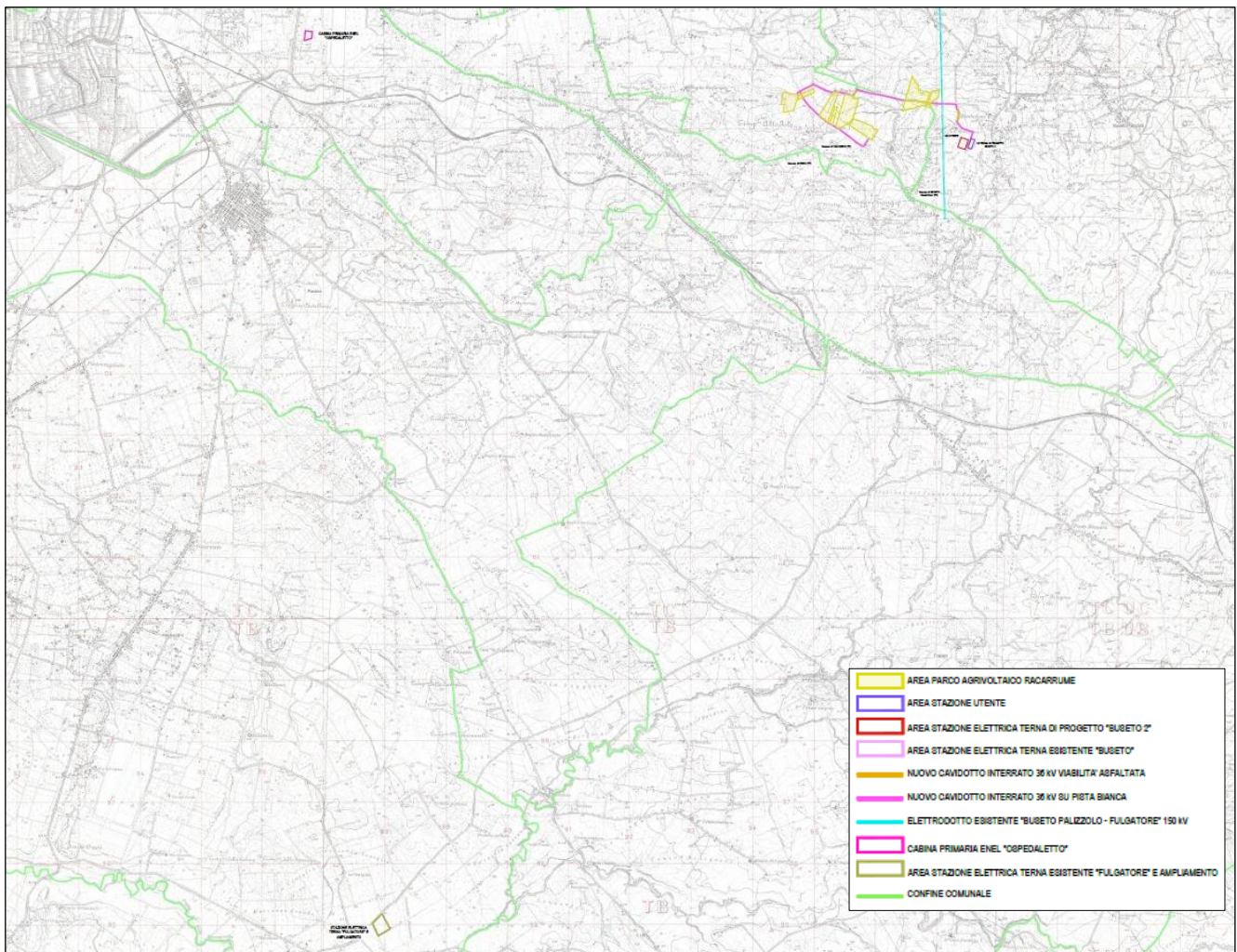


Figura 2. Inquadramento parco agrivoltaico su IGM 1:25.000

3.3. Inquadramento Geografico

L'impianto agrivoltaico e le strutture annesse e connesse (che d'ora in poi sarà semplicemente chiamato impianto) saranno realizzate all'interno dei territori comunali di Valderice e di Buseto Palizzolo (Tp). In quest'ultimo ed esattamente nella sua propaggine ovest ai confini con il Territorio comunale di Valderice, ricadono la Stazione Utente da realizzare accanto alla nuova Stazione Terna in Contrada Morici ed una porzione d'impianto in Contrada Specchia. La restante parte dell'impianto ricade nel territorio di Valderice (Tp). Cartograficamente l'impianto agrivoltaico ricade quasi tutto all'interno del Foglio n° 257, IV° Quadrante, Tavoleta N.E. "Dattilo" ed in minima parte all'interno del Foglio n° 248, III° Quadrante, Tavoleta S.E. "Erice" della Carta d'Italia redatta dall'I.G.M.I. in scala 1:25.000.

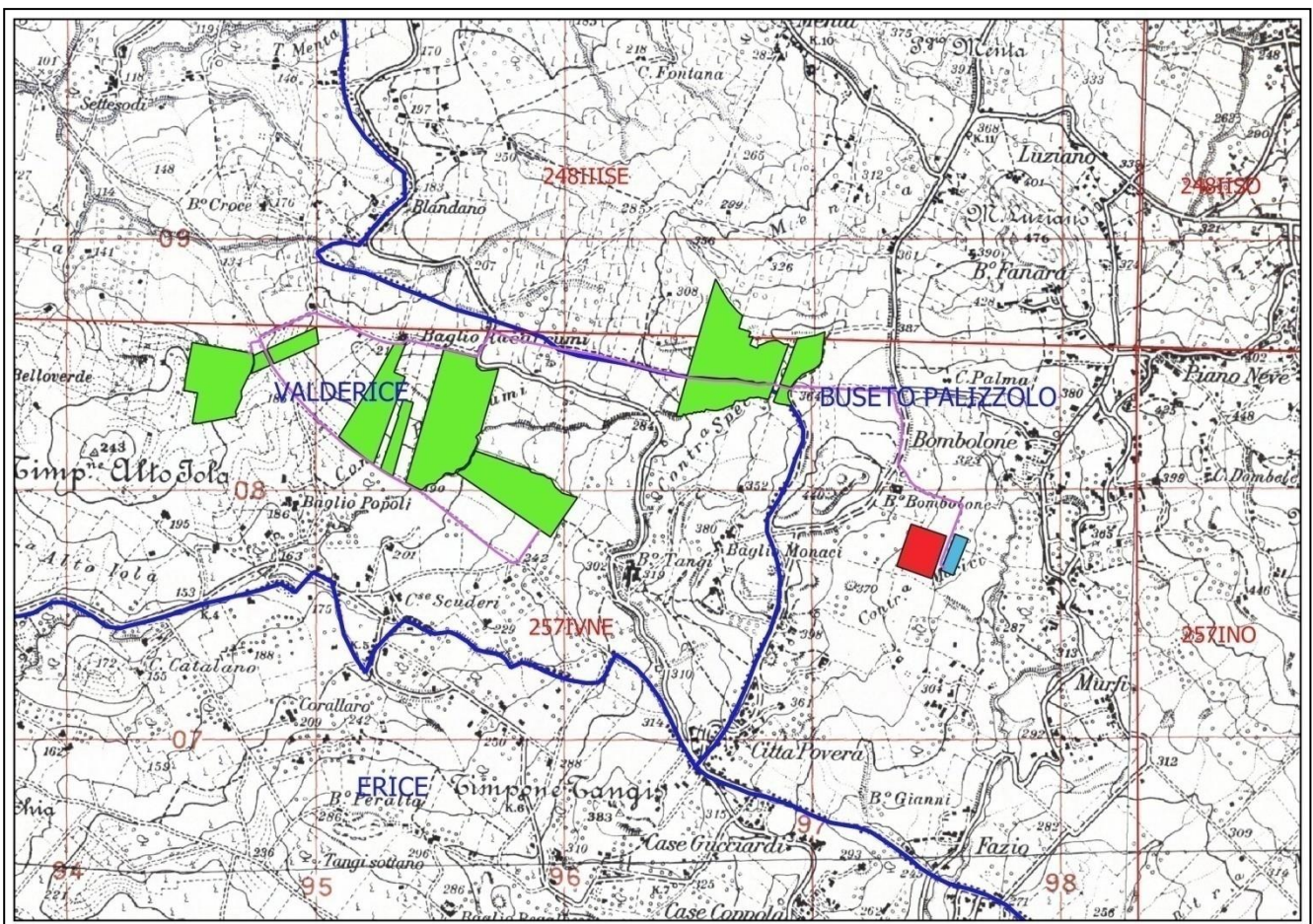


Figura 3. Inquadramento impianto su Quadro d'unione Tavolette in scala 1:25.000

Mentre nella carta Tecnica Regionale l'intervento progettuale ricade sulle CTR 593130, 592160, 605040, 606010.

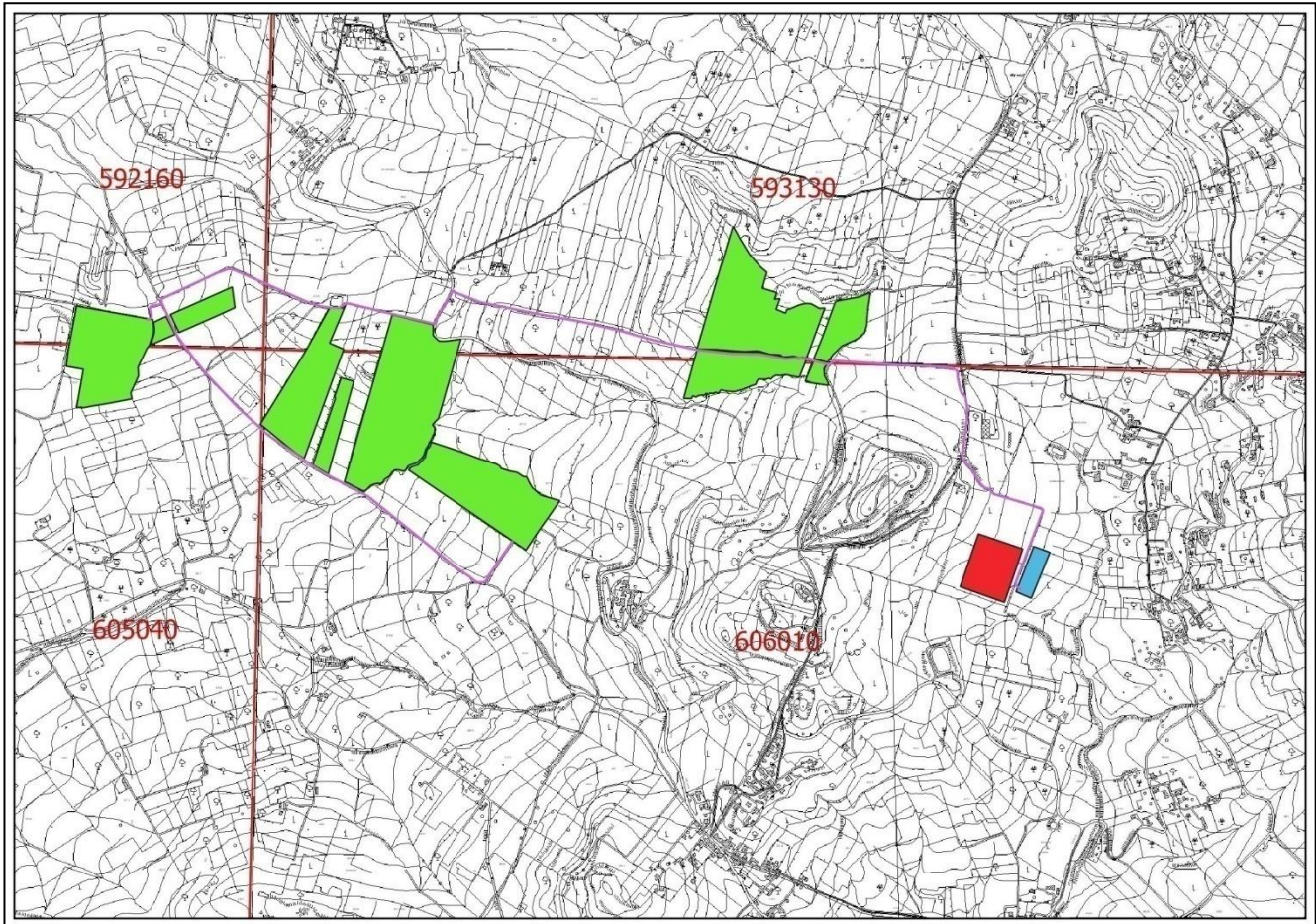


Figura 4. Inquadramento impianto su Quadro d'unione CTR in scala 1:20.000

Per semplicità descrittiva è stato suddiviso l'impianto in tre porzioni denominate rispettivamente "Beloverde", "Popoli" e "Specchia" (Figura 5).

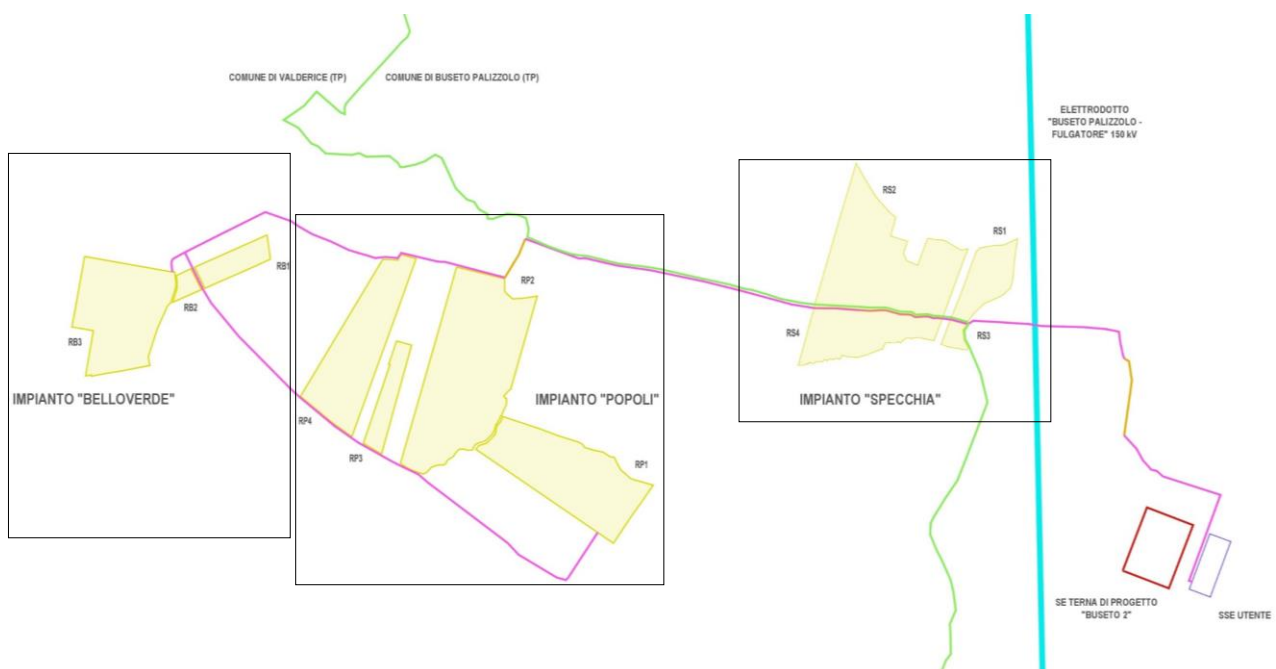


Figura 5. Inquadramento impianto

La porzione Est dell'impianto ("Contrada Specchia") sarà realizzato su un versante ad una quota compresa tra una massima di 410 m s.l.m. nella porzione più a nord-est ed una quota altimetrica minima di 280 m s.l.m. in prossimità della S.P. n. 35. La porzione Ovest si sviluppa su aree con dislivelli compresi nell'intervallo 250 m s.l.m. e i 180 m s.l.m.. La Stazione Utente sarà realizzata in un'area sub-pianeggiante a quota 330 m s.l.m. in Contrada "Morici".

4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico la zona di intervento è caratterizzata da una morfologia variabile con alternanza di rilievi con versanti acclivi ed ampie vallate con pendenze minori che degradano con andamento collinare 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 calcarenitici intercalati alle argille o dai contatti che si generano sulla scaglia tra calcilutiti e calciti marnose che generano delle soglie di permeabilità consentendo l'accumulo e l'emersione di modeste falde.

Idrograficamente il sito di studio ricade quasi tutto all'interno del Bacino idrografico del Fiume "Lenzi Baiata", mentre una piccola porzione di impianto posto a nord-ovest, la Stazione Utente e parte del cavidotto ricadono all'interno del Bacino idrografico del Fiume "Birgi". I lineamenti morfologici sono pressoché costanti e regolari alternati a sporadici rilievi, tipici della zona costiera del nord trapanese. Tale morfologia è il frutto della Tettonica plicativa che ha caratterizzato questa zona nelle ere geologiche passate determinando la formazione di sovrascorrimenti che hanno determinato la formazione di rilievi anche nelle zone prossime alla costa.

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 prevalentemente 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 prevalentemente calcarea e calcarea-marnosa 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 Fiume Lenzi – Baiata e del Fiume Birgi CTR 593130, 592160, 605040, 606010) è scaturito che l'impianto 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).

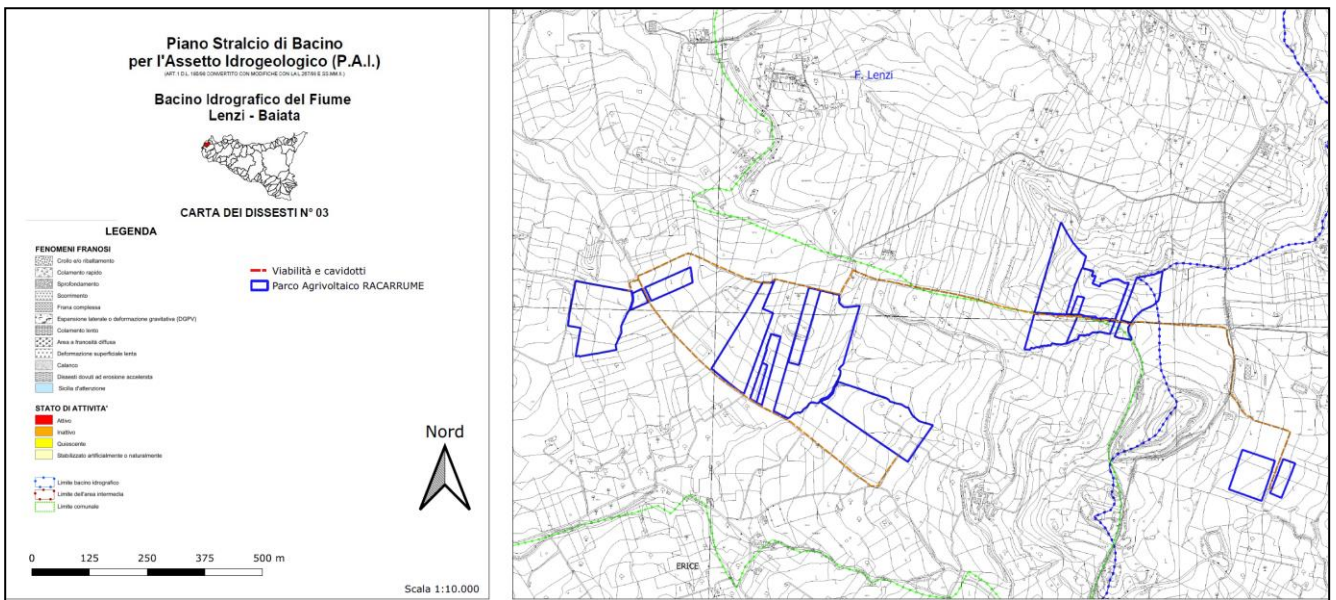


Figura 6. Stralcio carta dei dissesti

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 un rilevamento geomorfologico di superficie che ha evidenziato la presenza di alcuni dissesti sulle aree interessate dagli impianti e pertanto su tali aree non sono state previste strutture. Si riporta di seguito uno stralcio della carta dei dissesti con i dati di franosità rilevati.

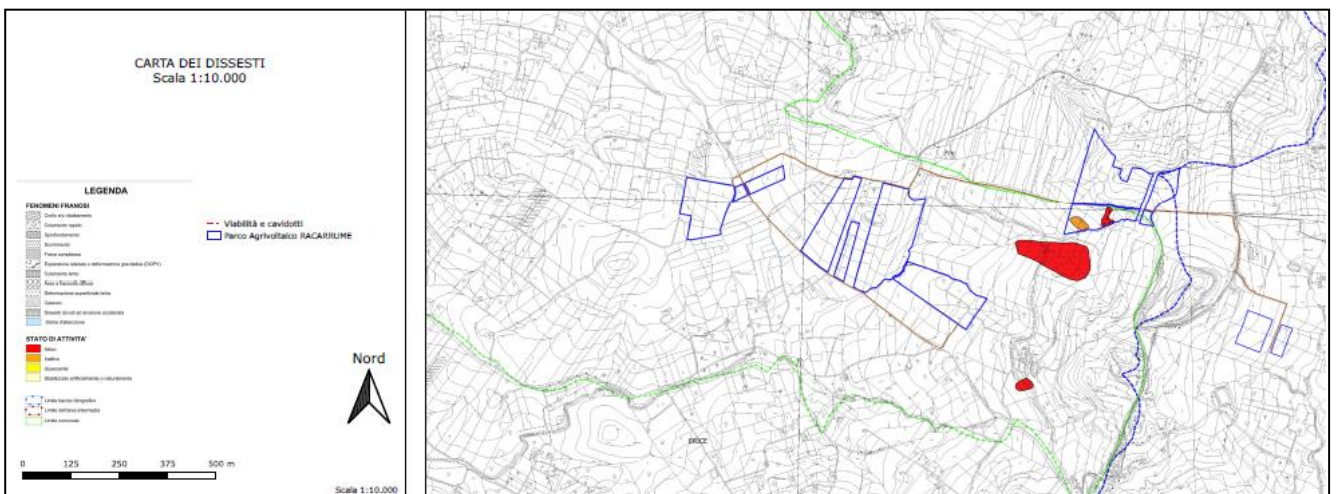


Figura 7. Stralcio carta dei dissesti con i dati di franosità rilevati

Le acque di ruscellamento sono drenate da un modesto reticolo idrografico che fa defluire le acque verso il "Torrente Menta". Il reticolo idrografico appare modestamente gerarchizzato con aste di primo ordine 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 consentano la corretta gerarchizzazione del bacino.

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 di Racarrume ricade quasi tutto all'interno del Bacino idrografico del Fiume “Lenzi Baiata”, mentre una piccola porzione di impianto posto a nord-ovest, la Stazione Utente e parte del cavidotto ricadono all'interno del Bacino idrografico del Fiume “Bir-gi”. Alla scala dell'impianto è stato possibile individuare diversi sottobacini per l'impianto (Figure 8-9-10 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.

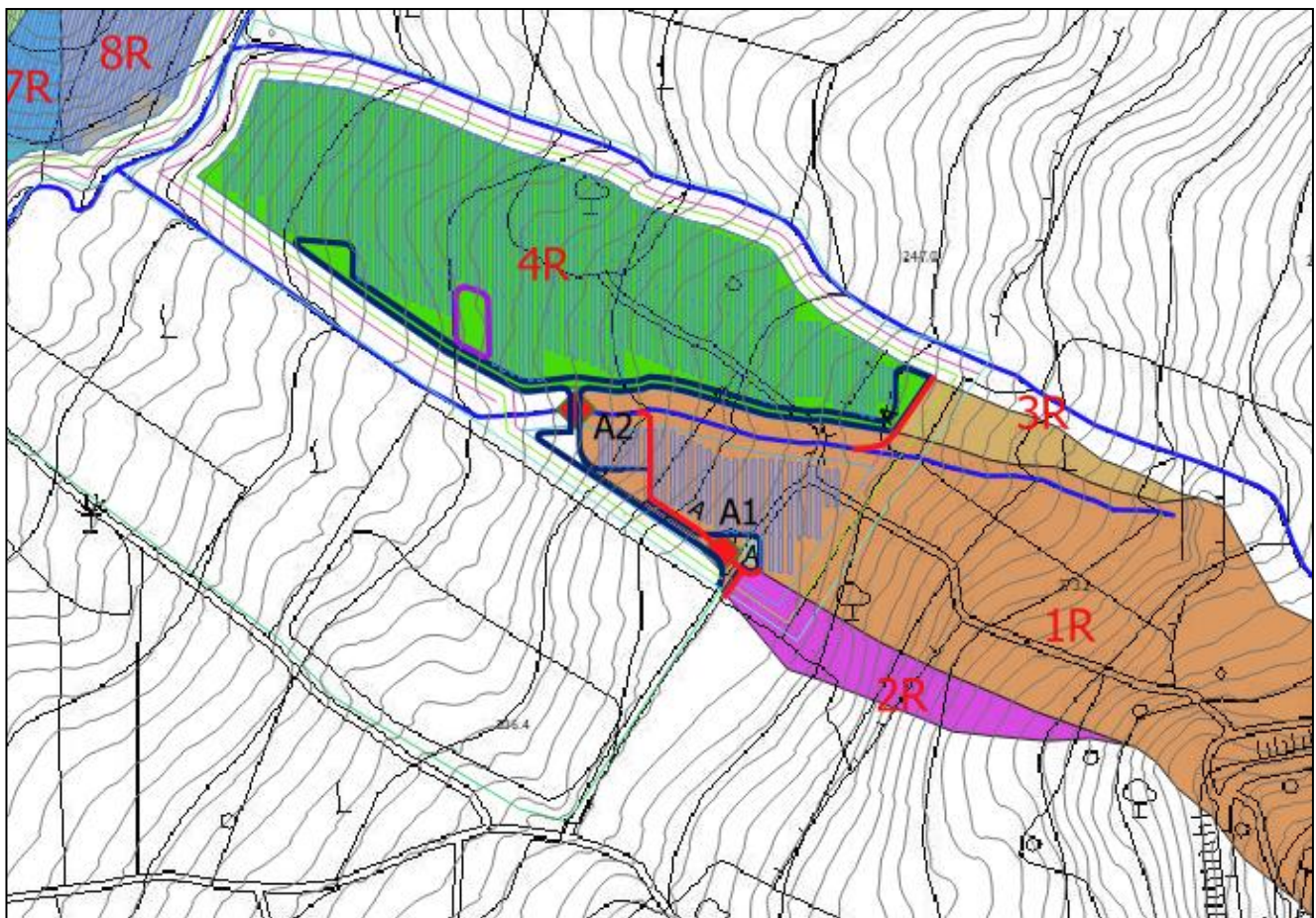


Fig. 8 - Vista di insieme dei bacini idrografici 1R-2R-3R e 4R

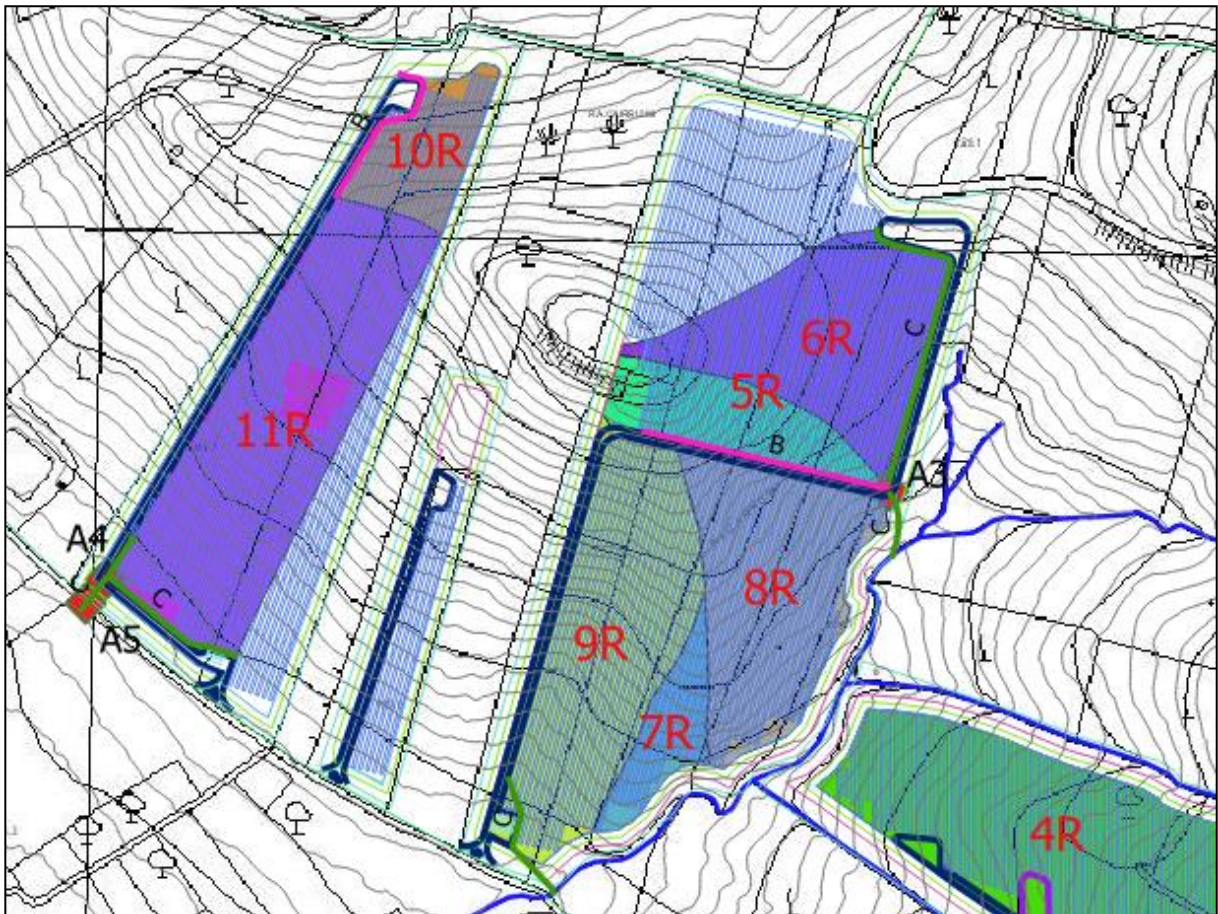


Fig. 9 - Vista di insieme dei bacini idrografici 5R-6R-7R-8R-9R-10R-11R

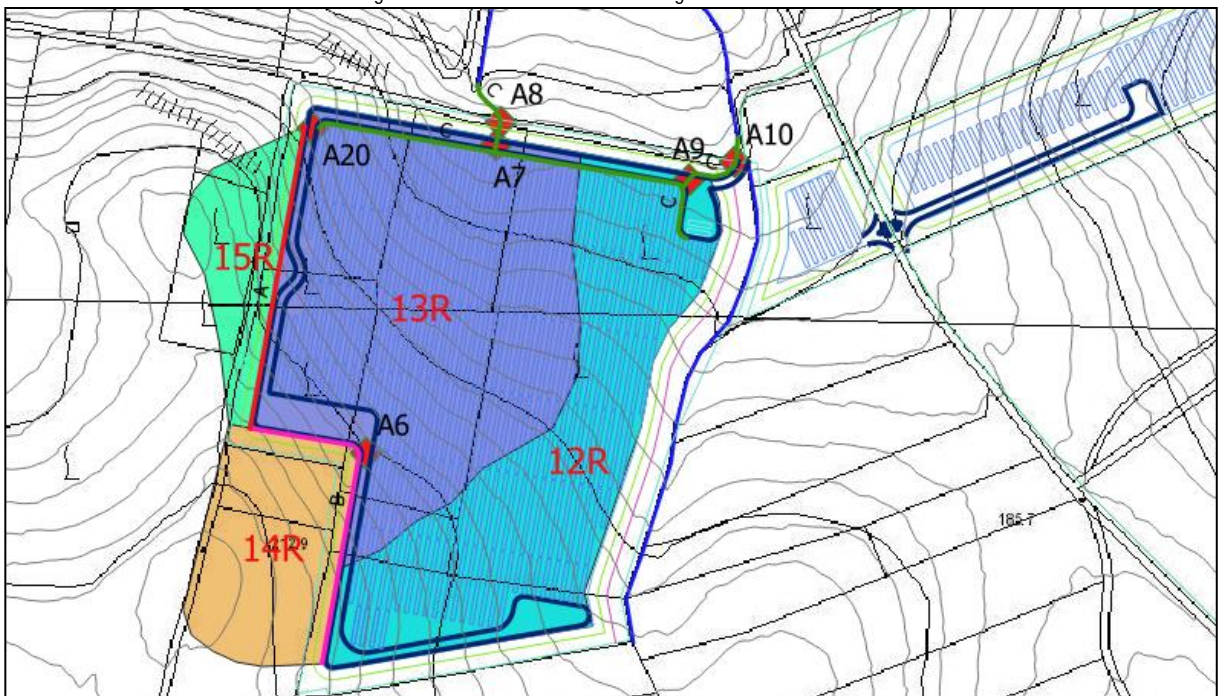


Fig. 10 - Vista di insieme dei bacini idrografici 12R-13R-14R-15R

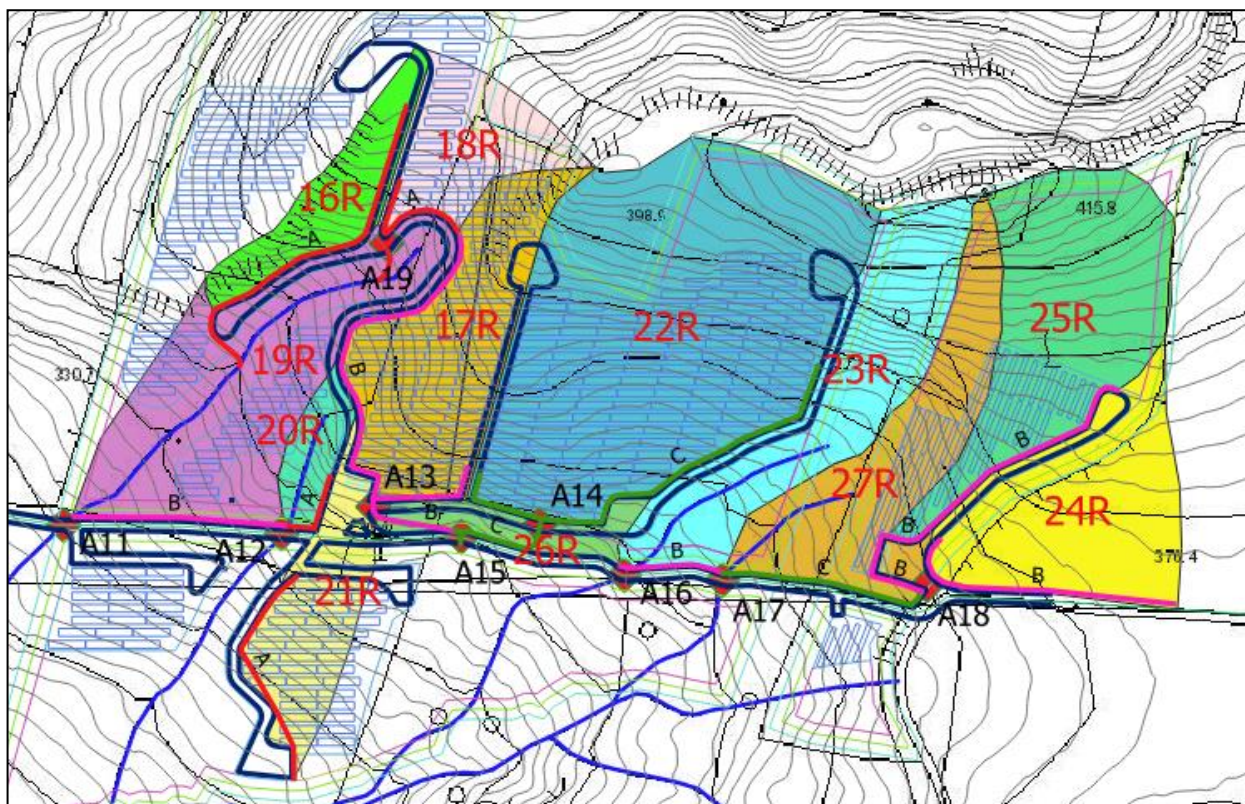


Fig. 11 - Vista di insieme dei bacini idrografici 16R-17R-18R-19R-20R-21R-22R-23R-24R-25R-26R-27R

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).

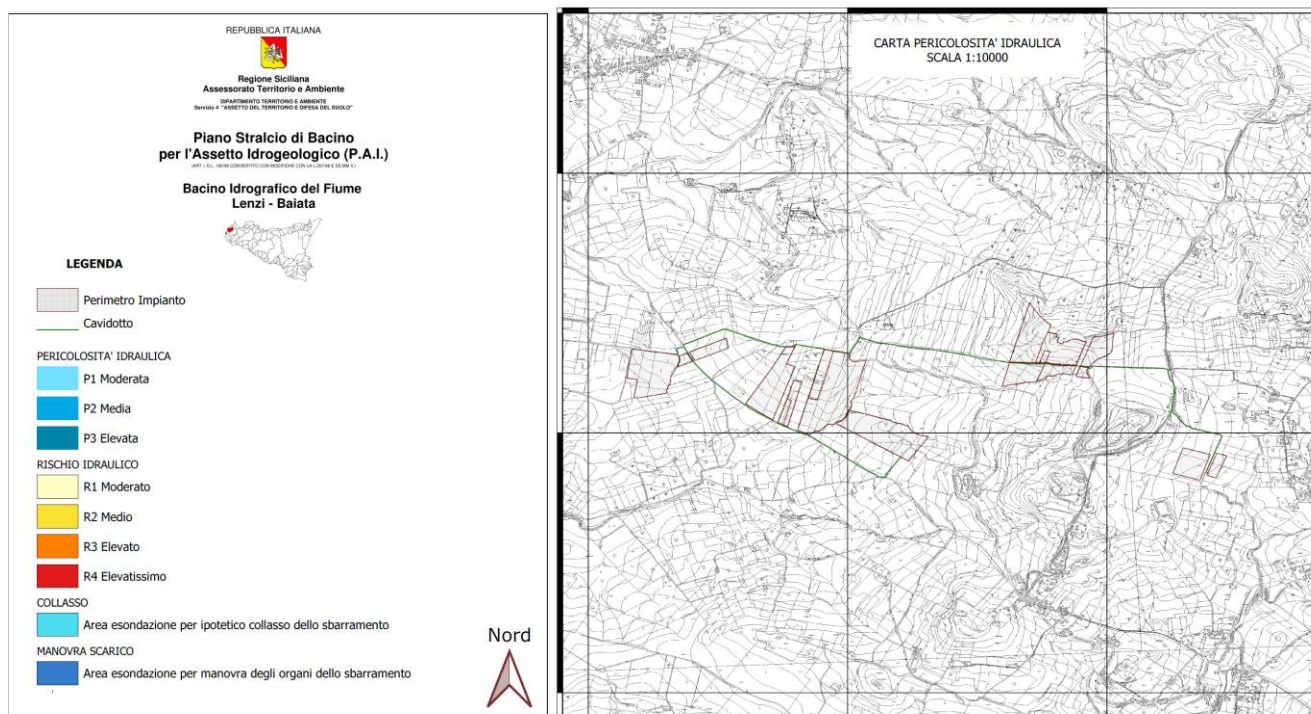


Fig. 12 - Carta della pericolosità e del rischio idraulico

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 del fondo è stato possibile escludere la presenza di aree "suscettibili di allagamento". Va precisato che sui fondi sul quale 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 la porzione d'impianto denominato Specchia si sviluppa alle scaturigini del reticolo idrografico con il quale non viene a contatto e dal quale si è mantenuta una distanza minima di 10 metri. Sulla porzione d'impianto denominato Popoli, pur essendo in alcune porzioni circondato da canali, non sono state condotte verifiche di esondabilità in quanto i corsi d'acqua sono caratterizzati da esigue portate ed sono posizionati sempre a quote nettamente inferiori all'impianto. Infine la porzione d'impianto denominato Belloverde non interferisce con il reticolo idrografico ad eccezione di un tratto di viabilità e pertanto anche per questo e per la stazione utente non sono state eseguite verifiche di esondazione.

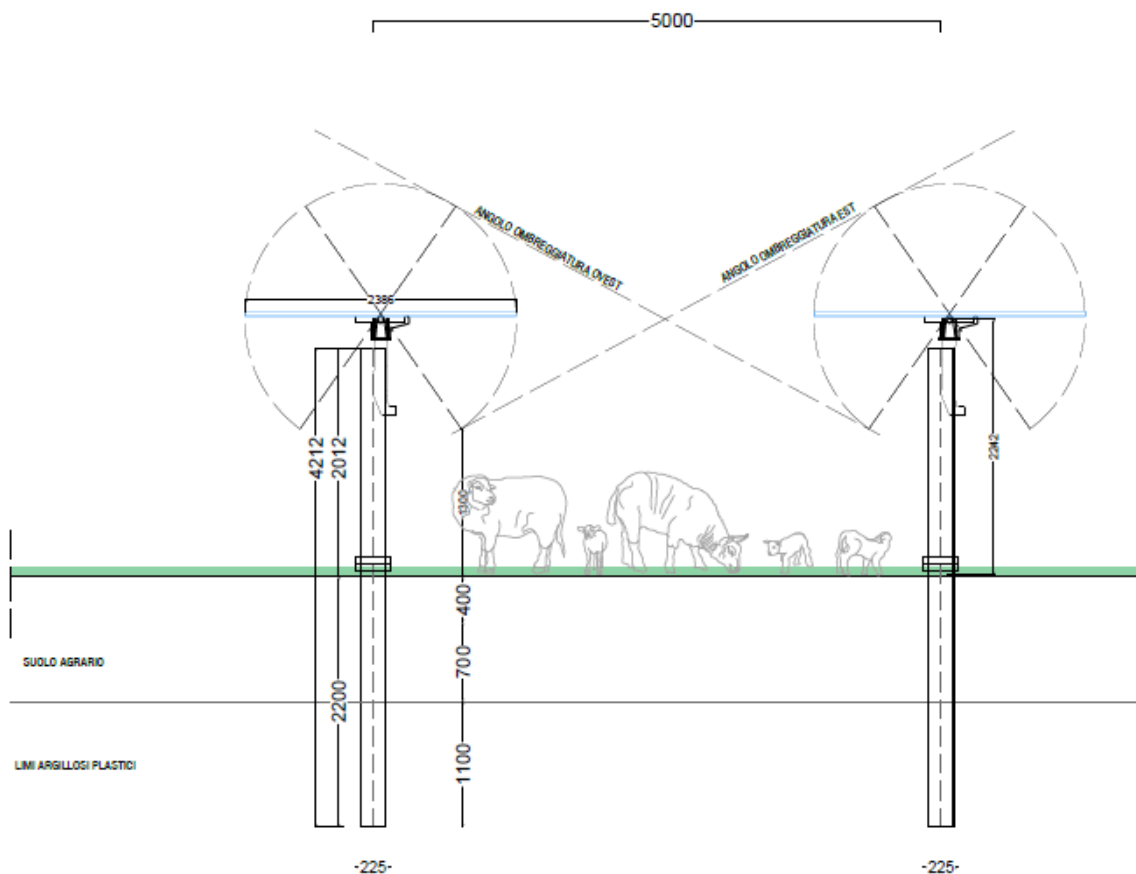
Tutte le verifiche idrauliche (vedasi relazione idrologico-idraulica) condotte per eseguire il dimensionamento dei canali di raccolta delle acque superficiali che sono successivamente convogliate a valle dell'impianto hanno consentito di escludere qualsiasi rischio di esondazione o alluvionamento sul 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 nel rispetto della normativa vigente.

6. INVARIANZA IDRAULICA

Il progetto Agrivoltaico “Racarrume” prevede una superficie destinata alla produzione agricola, al netto della viabilità di servizio, dell'ingombro della MT e dei supporti delle strutture pari a ettari 42,3 ha circa suddivisi tra uliveto, vigneto e area pascolo. Pertanto nell'impianto Racarrume, con superficie complessiva di 49,5 ha, la parte destinata all'attività agricola è pari al 85,4% 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 agrivoltaici.

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 42,3 così suddivisi:

- **Uliveto** (≈ 24,1 ha) per la produzione di olive da olio così ripartito:
 - Uliveto perimetrale (≈9,4 ha)
 - Uliveto di progetto ricadente in impianto RP1-RP2-RP4 “Popoli” (≈ 14,7 ha);
- **Vigneto** (≈ 6,9 ha) per la produzione di uva bianca da vino in impianto RS1 -RS2 “Specchia” e RB1-RB2-RB3 “Belloverde”;
- **Culture erbacee avvicendate** (3,3 ha): per la produzione di scorte foraggere (fieno) e il pascolamento del bestiame in impianto RP2-RP3 “Popoli”;

- **Area ripristino/conservazione habitat di prateria** (≈ 8 ha), adibita a pascolo sostenibile in impianto RS2-RS4 "Specchia".

Pertanto la superficie complessiva destinata alle attività agricole e pastorale è pari a ettari 42,3 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.

Grazie a questa scelta è stato possibile destinare all'attività agricola il 85,4% 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 (7-8 %) 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 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 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.

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 sulla "Carta delle interferenze e 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 idrometrico (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 (F)
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 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 Km² si è optato per l'utilizzo della Formula di Kirpich che risulta la più utilizzata in letteratura per bacini aventi superfici < di 10 Km²:

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 μ della TCEV.

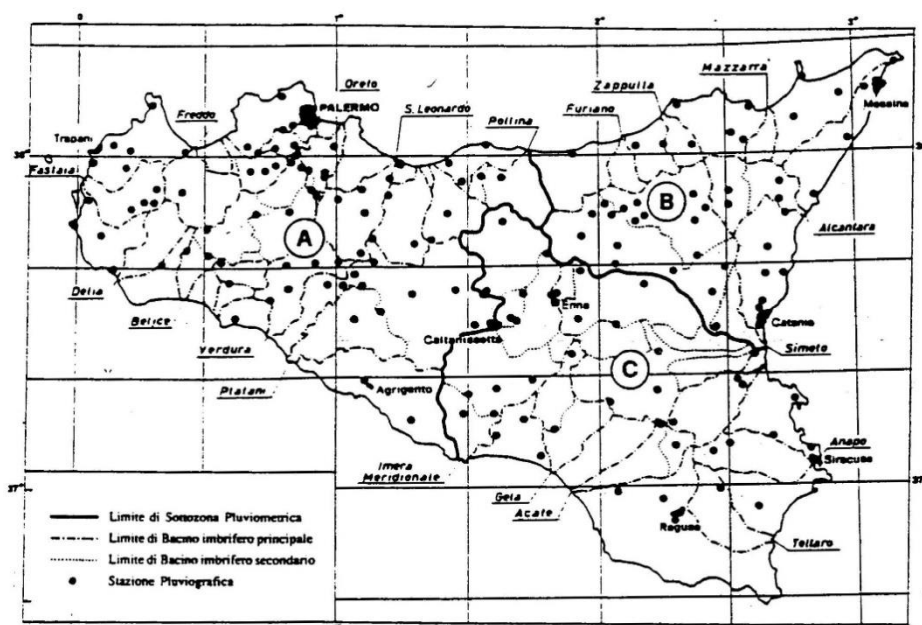


Fig.13 – sottozone pluviometriche omogenee

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 μ 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.

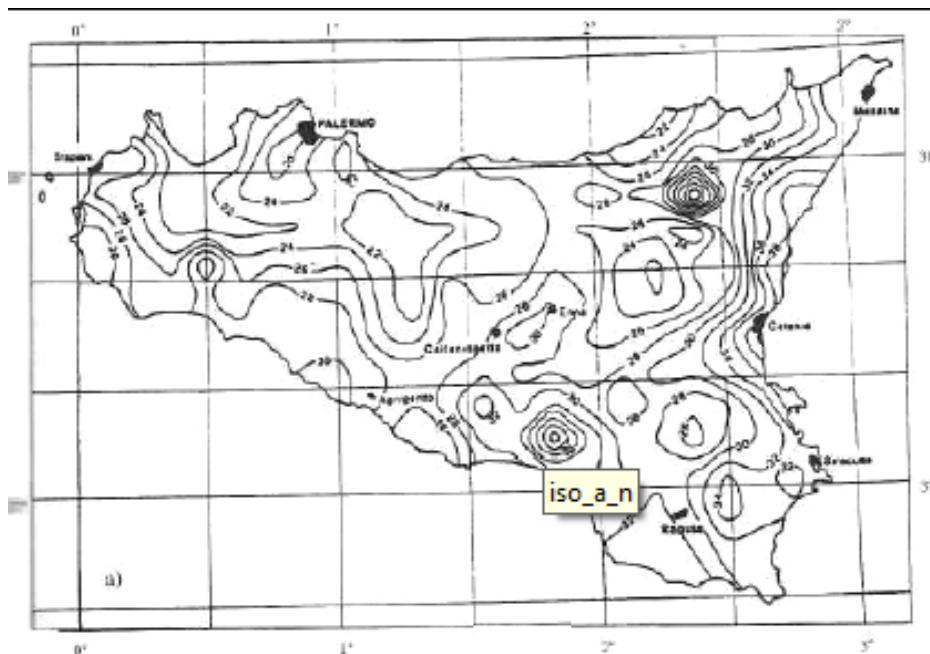


Fig.14 - Curve Iso a

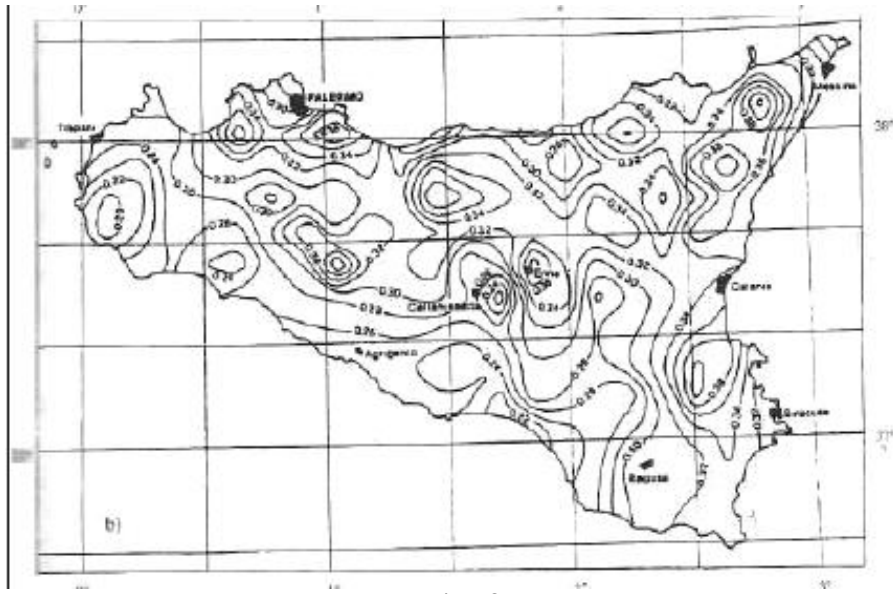


Fig. 15 - Curve Iso n

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. 5 e Fig. 6):

$$a = 28,01$$

$$n = 0,2371$$

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.16 – posizionamento geografico area oggetto di intervento

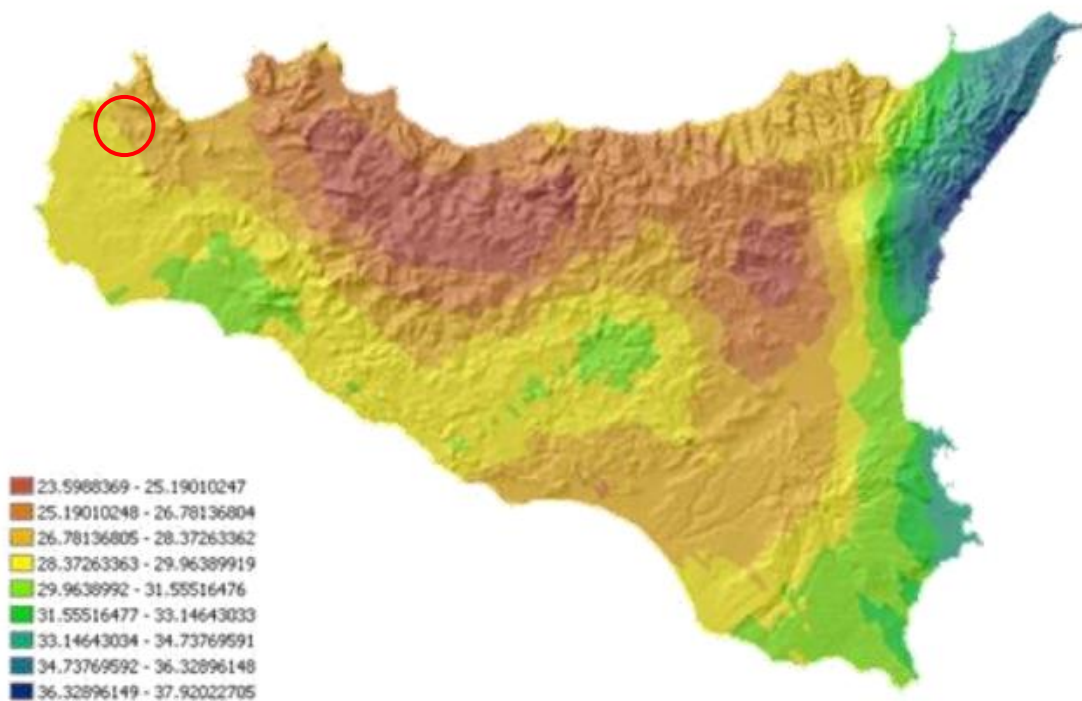


Fig. 17 - Valori dei coefficienti a per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

Zona di intervento



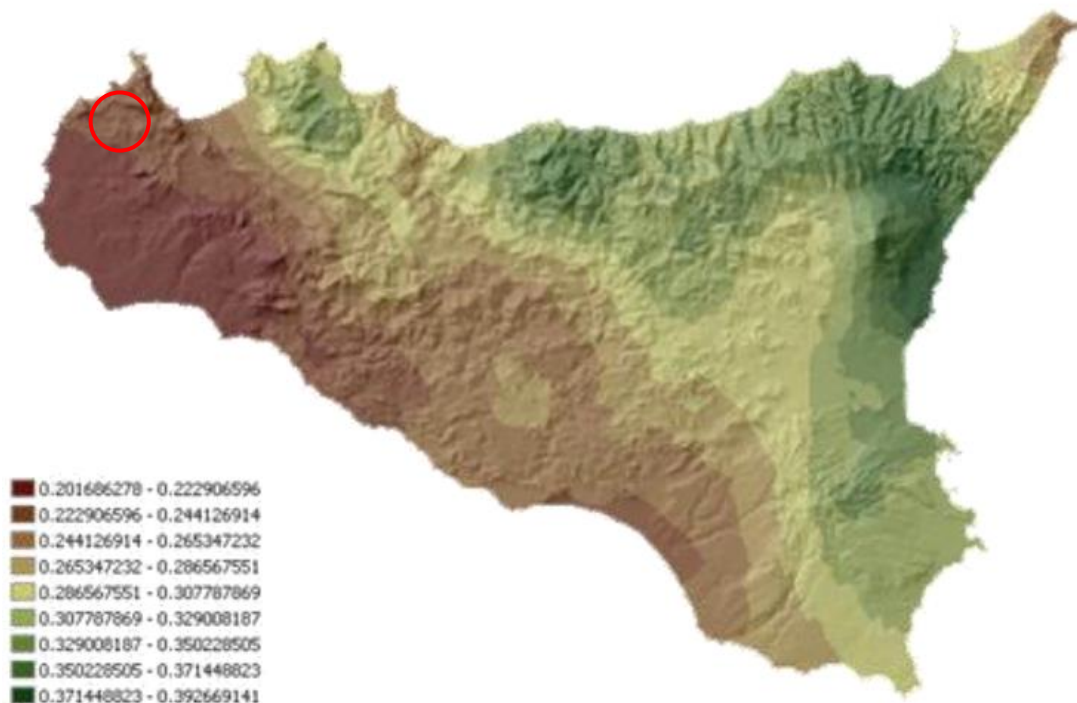


Fig.18 - Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

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 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.

I coefficienti di afflusso (Φ) 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 (F)
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 semipermeabili - strade in terra battuta o stabilizzato	0.6
Superfici Impermeabili – pannelli fotovoltaici	0.9

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 Speccia, Popoli e Belloverde (Fig. 5) 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 8-9-10-11). 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.

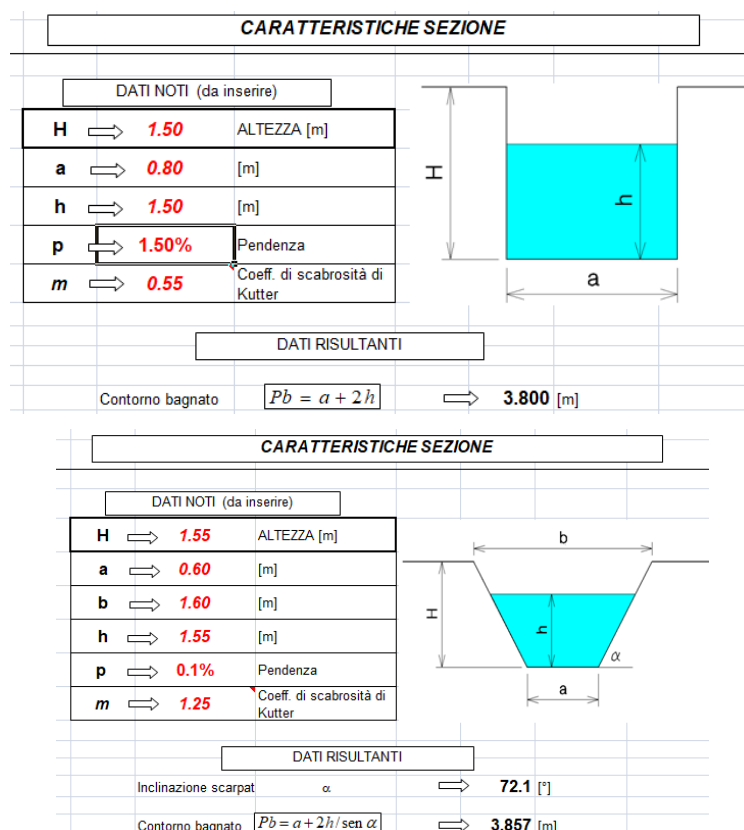


Fig. 19 – (sezione tipo trincea drenante)

8.1. Bacino Specchia

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=	0.156	Kmq
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L=	0.618	Km
Quota massima	zmax=	414.000	m
Quota minima	zmin=	292.000	m
Quota media	Zmed=	353.000	m
Dislivello medio	ΔH=	61.000	m
pendenza media asta	i =	0.197	
Tempo di corrivazione:			
Kirpich	tc=	0.086	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 h₆₀, T

h ₆₀ T	a	n	A
64.49133566	28.01	0.2371	0.156

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

$$h(tc) = 25.22147747 \text{ mm}$$

$$i = h(tc)/tc = 294.8112207 \text{ mm/h}$$

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 **0.14** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	Φ	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	22700	0.05	1135
Permeabile seminativo	51700	0.1	5170
Permeabile sup. naturali a verde	75400	0.2	15080
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	0	0.9	0
Totale	149800		21385
Coefficiente di afflusso allo stato attuale			0.14

Calcolo della portata ante operam			
Qa	ϕ	itc	A
1.79	0.14	294.81	0.156
			Ante operam

Qa = 1.79 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 maggiori a scapito di un coefficiente di afflusso minore e pari a **0.30** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	Φ	Superficie * afflusso
Permeabile vigneto	20800	0.05	1040
Permeabile uliveto	32300	0.05	1615
Permeabile seminativo	0	0.1	0
Permeabile sup. naturali a verde	59.400	0.2	11880
Semipermeabile Strade	11500	0.6	6900
Superfici Impermeabili	25800	0.9	23220
Totale	149800		44655
Coefficiente di afflusso allo stato di progetto			0.30

Calcolo della portata post operam			
Qp (mc/s)	ϕ	itc	A
3.81	0.30	294.81	0.156
			Post operam

Qp = 3.81 mc/sec Portata post operam

Surplus di portata a seguito della realizzazione dell'impianto		
Qp-Qa=		mc/sec
	2.02	

Coefficiente di deflusso	fi	0.30 adim
Superficie scolante	S	156249 mq
Altezza di pioggia totale della precipitazione	ht	0.025221 m
Tempo di corruzione	tc	308.0 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	1174.75 mc
Volume di acqua in uscita =	Vout=Qimp*t	18.00 mc
Volume acqua da invasare=	V=Vin-Vout	1156.75 mc

Sviluppo lineare trincea disperdente		
Area trincea	Atr	3.80 mq/m
Lunghezza trincea=	Ltr=V/Atr	304.41 m.

Coefficiente udometrico (U) ante e post operam (l/s/ha)		
U ante=	114.65	U post= 244.12

8.2. Bacino Popoli

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=		0.339 Km ²
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L=		0.955 Km
Quota massima	zmax=		340.000 m
Quota minima	zmin=		188.000 m
Quota media	Zmed=		264.000 m
Dislivello medio	ΔH=		76.000 m
pendenza media asta	i =		0.159
Tempo di corrivazione:			
Kirpich	tc=		0.130 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 h₆₀, T

h ₆₀ T	a	n	A
64.49133566	28.01	0.2371	0.339

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

$$\begin{aligned} h(tc) &= 29.6380205 \text{ mm} \\ i = h(tc)/tc &= 228.0718683 \text{ mm/h} \end{aligned}$$

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 (Km²) 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 **0.15** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	Φ	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	6000	0.05	300
Permeabile seminativo	126500	0.1	12650
Permeabile sup. naturali a verde	131500	0.2	26300
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	0	0.9	0
Totale	264000		39250
Coefficiente di afflusso allo stato attuale			0.15

Calcolo della portata ante operam			
Qa	ϕ	itc	A
3.01	0.14	228.07	0.339
			Ante operam

Qa = 3.01 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 maggiori a scapito di un coefficiente di afflusso minore e pari a **0.33** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	Φ	Superficie * afflusso
Permeabile vigneto	0	0.05	0
Permeabile uliveto	120900	0.05	6045
Permeabile seminativo	33000	0.1	3300
Permeabile sup. naturali a verde	25.800	0.2	5160
Semipermeabile Strade	13500	0.6	8100
Superfici Impermeabili	70800	0.9	63720
Totale	264000		86325
Coefficiente di afflusso allo stato di progetto			0.33

Calcolo della portata post operam			
Qp (mc/s)	ϕ	itc	A
7.03	0.33	228.07	0.339
			Post operam

Qp = 7.03 mc/sec Portata post operam

Surplus di portata a seguito della realizzazione dell'impianto		
Qp-Qa=	4.02	mc/sec

Coefficiente di deflusso f_i 0.33 adim
 Superficie scolante S 339409 mq
 Altezza di pioggia totale della precipitazione ht 0.029638 m
 Tempo di corrivazione tc 467.8 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 =	$V_{in}=S*f_i*ht$	3289.31 mc
Volume di acqua in uscita =	$V_{out}=Q_{imp}*t$	18.00 mc
Volume acqua da invasare=	$V=V_{in}-V_{out}$	3271.31 mc

Sviluppo lineare trincea disperdente		
Area trincea	Atr	3.80 mq
Lunghezza trincea=	$L_{tr}=V/A_{tr}$	860.87 m.

Coefficiente idrometrico (U) ante e post operam (l/s/ha)		
U ante=	88.69	U post= 207.16

8.3. Bacino Belloverde

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

DATI SUI BACINO IMBRIFERO			
Superficie scolante	A=	0.090	Kmq
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L=	0.358	Km
Quota massima	zmax=	214.000	m
Quota minima	zmin=	176.000	m
Quota media	Zmed=	195.000	m
Dislivello medio	ΔH=	19.000	m
pendenza media asta	i =	0.106	
Tempo di corrivazione:			
Kirpich	tc=	0.071	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_{60T}	a	n	A
64.49133566	28.01	0.2371	0.090

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

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

da cui risulta

$$h(tc) = 23.51495197 \text{ mm}$$

$$i = h(tc)/tc = 329.5660933 \text{ mm/h}$$

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 **0.08** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	Φ	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	47000	0.05	2350
Permeabile seminativo	28000	0.1	2800
Permeabile sup. naturali a verde	6100	0.2	1220
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	0	0.9	0
Totale	81100		6370
Coefficiente di afflusso allo stato attuale			0.08

Calcolo della portata ante operam			
Qa	ϕ	itc	A
1.16	0.14	329.57	0.090
			Ante operam

Qa = 1.16 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 maggiori a scapito di un coefficiente di afflusso minore e pari a **0.32** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	Φ	Superficie * afflusso
Permeabile vigneto	32300	0.05	1615
Permeabile uliveto	17000	0.05	850
Permeabile seminativo	0	0.1	0
Permeabile sup. naturali a verde	4.000	0.2	800
Semipermeabile Strade	7100	0.6	4260
Superfici Impermeabili	20700	0.9	18630
Totale	81100		26155
Coefficiente di afflusso allo stato di progetto			0.32

Calcolo della portata post operam			
Qp (mc/s)	ϕ	itc	A
2.66	0.32	329.57	0.090
			Post operam

Qp = 2.66 mc/sec Portata post operam

Surplus di portata a seguito della realizzazione dell'impianto	
Qp-Qa=	1.51 mc/sec

Coefficiente di deflusso f_i 0.32 adim
 Superficie scolante S 90163 mq
 Altezza di pioggia totale della precipitazione ht 0.023515 m
 Tempo di corrvazione tc 256.9 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 =	$V_{in}=S*f_i*ht$	683.76 mc
Volume di acqua in uscita =	$V_{out}=Q_{imp}*t$	18.00 mc
Volume acqua da invasare=	$V=V_{in}-V_{out}$	665.76 mc

Sviluppo lineare trincea disperdente		
Area trincea	A_{tr}	3.80 mq
Lunghezza trincea=	$L_{tr}=V/A_{tr}$	175.20 m.

Coefficiente udometrico (U) ante e post operam (l/s/ha)	
U ante=	128.16
U post=	295.24

8.4. Bacino Stazione utente

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

DATI SUL BACINO IMBRIFERO			
Superficie scolante	A=		0.019 Km ²
Lunghezza percorso idraulico più lungo	L=		0.194 Km
Quota massima	zmax=		342.000 m
Quota minima	zmin=		328.000 m
Quota media	Zmed=		335.000 m
Dislivello medio	ΔH=		7.000 m
pendenza media asta	i =		0.072
Tempo di corrivazione:			
Kirpich	tc=		0.052 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
64.49133566	28.01	0.2371	0.019

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

$$h(tc) = 20.75690628 \text{ mm}$$

$$i = h(tc)/tc = 401.9088404 \text{ mm/h}$$

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 (Km²) 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)	Φ	Superficie * afflusso
Permeabile Uliveto/vigneto	0	0.05	0
Permeabile seminativo	19446	0.1	1944.6
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Semipermeabile Strade	0	0.6	0
Superfici Impermeabili	0	0.9	0
Totale	19446		1944.6
Coefficiente di afflusso allo stato attuale			0.10

Calcolo della portata ante operam			
Qa	ϕ	itc	A
0.30	0.14	401.91	0.019
			Ante operam

Qa = 0.30 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 maggiori a scapito di un coefficiente di afflusso minore e pari a **0.36** calcolato facendo una media pesata delle superfici permeabili ed impermeabili (Tabella seguente).

Tipologia	Superficie (mq)	Φ	Superficie * afflusso
Permeabile vigneto	0	0.05	0
Permeabile uliveto	0	0.05	0
Permeabile seminativo	9446	0.1	944.6
Permeabile sup. naturali a verde	0	0.2	0
Semipermeabile Strade	10000	0.6	6000
Superfici Impermeabili	0	0.9	0
Totale	19446		6944.6
Coefficiente di afflusso allo stato di progetto			0.36

Calcolo della portata post operam			
Qp (mc/s)	ϕ	itc	A
0.78	0.36	401.91	0.019
			Post operam

Qp = 0.78 mc/sec Portata post operam

Surplus di portata a seguito della realizzazione dell'impianto	
Qp-Qa=	0.47 mc/sec

Coefficiente di deflusso	fi	0.36 adim
Superficie scolante	S	19446 mq
Altezza di pioggia totale della precipitazione	ht	0.020757 m
Tempo di corruzione	tc	185.9 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	144.15 mc
Volume di acqua in uscita =	Vout=Qimp*t	18.00 mc
Volume acqua da invasare=	V=Vin-Vout	126.15 mc

Sviluppo lineare trincea disperdente		
Area trincea	Atr	3.80 mq
Lunghezza trincea=	Ltr=V/Atr	33.20 m.

Coefficiente udometrico (U) ante e post operam (l/s/ha)	
U ante=	156.30
U post=	398.70

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 apicale del sito 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 agro-voltaico 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 derivanti dalle nuove superfici impermeabili.

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