

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN
IMPIANTO AGROVOLTAICO DENOMINATO

"HUGO"

SITO NEL COMUNE DI
RAGUSA (RG)
C.DA IMPERATORE, SNC

RELAZIONE TECNICA IDRAULICA PER INVARIANZA

COMMITTENTE:

CML S.R.L.

Corso Buenos Aires, 54
20124 - Milano (MI)

IL GEOLOGO
Dott. Geol.
Dr. Marcello Frangiamone
FRANGIAMONE
N° 900
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA SICILIA - ORDINE

IL TECNICO
Crucillà Vincenzo

TITOLO ELABORATO:

CRRELTEC019A0.pdf

REVISIONE:

00

DATA ELABORATO:

30/08/2023

Vincenzo Crucillà
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA SICILIA - ORDINE
N° 1456

PREMESSA

Il presente studio è stato eseguito a supporto di un progetto per la costruzione di un impianto solare agrivoltaico su strutture di supporto di tipo tracker ad inseguimento mono-assiale con asse di rotazione in direzione asse NORD-SUD, da realizzare nell'agro del comune di Ragusa (RG) in c.da Imperatore. L'impianto presenta una potenza di 9.822 kWp. La società proponente è la CML S.r.l. con sede in Corso Buenos Aires n.54, Milano.

Lo studio di cui alle presente relazione è finalizzato ad una individuazione preliminare degli interventi necessari al rispetto dei principi di invarianza idraulica ed idrologica di cui al D.P.C.M. 7 marzo 2019 con specifico riferimento alle norme di attuazione del Piano di Gestione Rischio Alluvioni così come richiamato dal D.D.G. 102 del 23-06-2021 e a quanto riportato al D.D.G. n. 102/2021.

La finalità dello studio è quella di fornire un primo inquadramento degli aspetti legati all'invarianza idraulica ed idrologica, in relazione agli interventi previsti per il piano di lottizzazione in oggetto, evidenziando anche le possibili misure da adottare per il rispetto dei principi di cui sopra.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio ricade in una regione posta nel territorio del Comune di Ragusa (RG) in c.da Imperatore.

L'area interessata dal campo fotovoltaico ricade nella tavoletta 276 IV S.O. "Donnafugata" della Carta Ufficiale d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare.

Sulla Carta Tecnica Regionale edita dalla Regione Siciliana l'area interessata dall'impianto fotovoltaico ricade tra le C.T.R. 647110 e 647150.



Figura 1 - Ortofoto della Sicilia con ubicazione dell'impianto "Hugo"

L'impianto agro-voltaico da punto di vista catastale è identificato dalle seguenti particelle: Fg. 184 partt.: 62, 247, 58, 15, 170, 176, 179, 188, 185, 191, 246, 245, 49, 243 e 242 per una superficie complessiva di circa 17,9 Ha.



Figura 2 - Ortofoto con ubicazione dell'impianto

L'impianto agrivoltaico si sviluppa nel territorio comunale di Ragusa ed è posizionato a nord del centro abitato del comune di Santa Croce Camerina. L'area d'interesse si sviluppa all'interno del Bacino Idrografico 081 "Bacini minori tra IPPARI e IRMINIO".

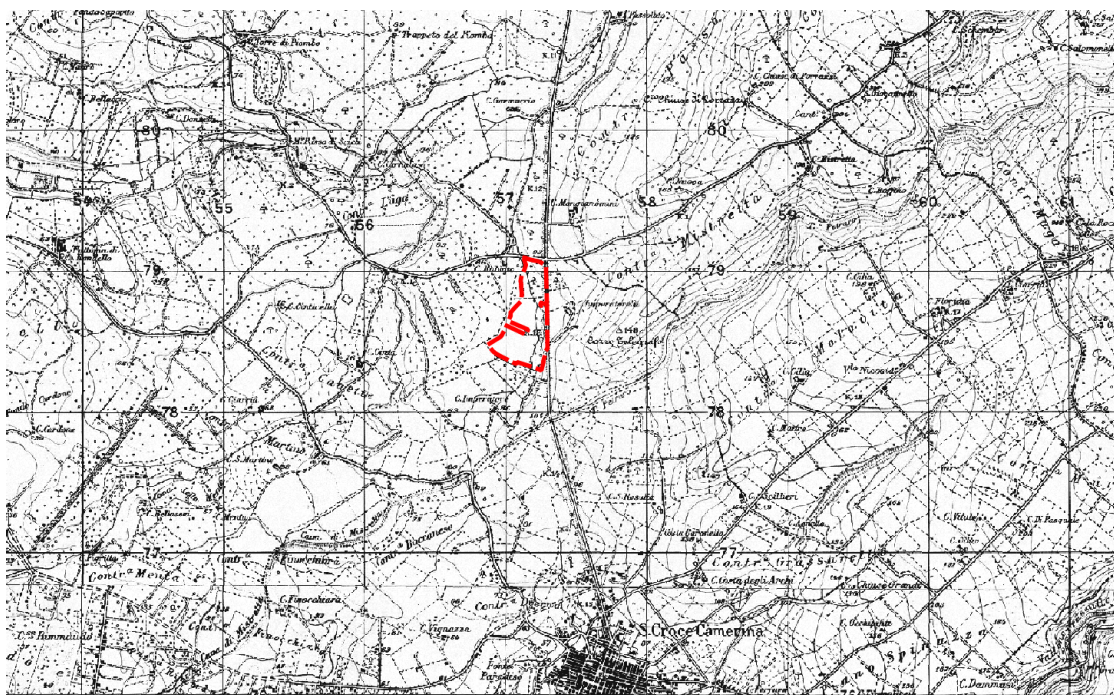


Figura 3 - Stralcio IGM area impianto

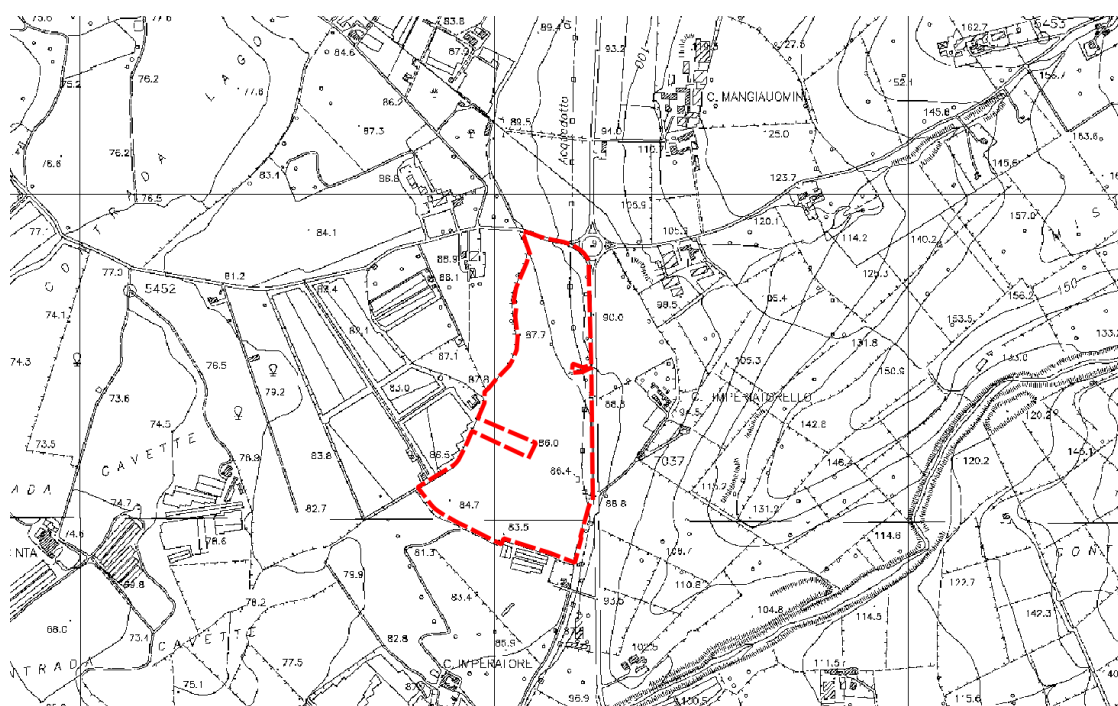


Figura 4 - Stralcio CTR Area impianto

Il drenaggio superficiale poco evidente a causa della presenza di terreni permeabili nell'area in esame. In occasione di precipitazioni intense si possono generare alcune

linee di deflusso tendenti tutte verso sud.

La tipologia dei pannelli mediante pali infissi non comporta modificazione del deflusso naturale delle acque, non prevedendo impermeabilizzazioni dovute alle fondazioni; la dinamica di questa tipologia di impianti è legata allo scorrimento dell'acqua piovana lungo i pannelli e conseguente ricaduta della stessa nel terreno alla base di questi. Allo scopo di favorire una maggiore velocità di deflusso delle acque e limiterà gli effetti deleteri dovuti alla saturazione dei terreni e fenomeni di ruscellamento concentrato, nelle vie del naturale deflusso delle acque e di accumulo delle acque di scolo dei pannelli, la messa in opera di drenaggio superficiale costituiti da canali rivestiti con "stuoia" o "feltro ed immessi altresì negli impluvi presenti.

GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

L'area in studio ricade nel settore meridionale dell'Altopiano Ibleo, definito nella letteratura geologica come "Avampaese Ibleo". Nei terreni Iblei è possibile differenziare due successioni tipo che possono essere attribuite ad ambienti deposizionali in parte differenti tra loro. La "Successione Orientale", caratterizzata da una sequenza di ambiente marino poco profondo, la cui deposizione dal Trias al Pleistocene, è stata periodicamente interrotta da importanti episodi vulcanici che hanno portato alla messa in posto, a vari livelli nella serie sedimentaria, di prodotti lavici e vulcanici sottomarini.

La "Successione Occidentale" è invece caratterizzata da sedimenti carbonatici di mare aperto.

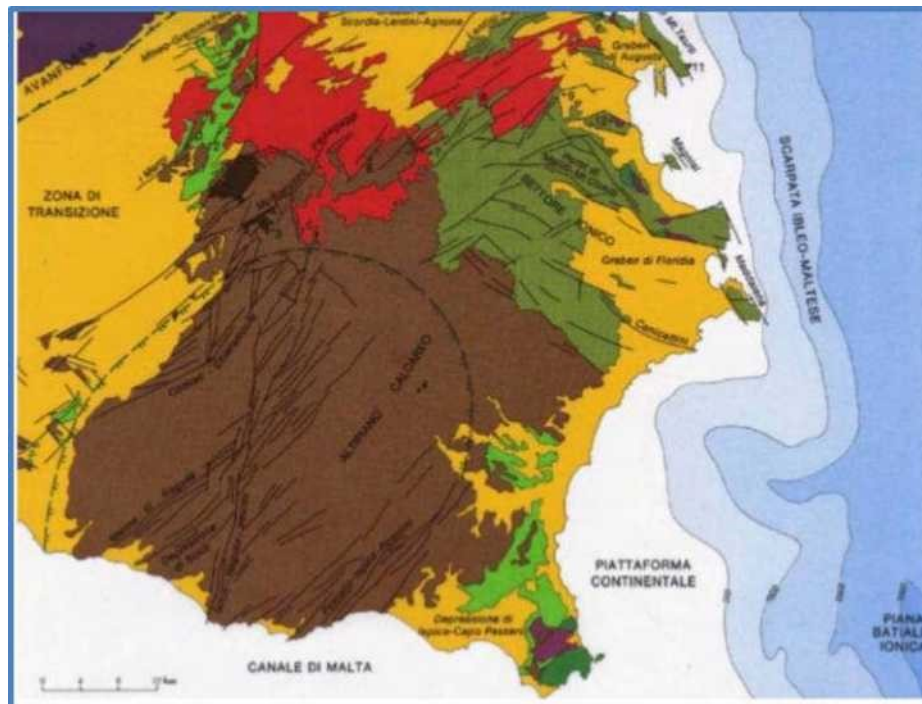


Figura 5 - Schema stratigrafico-strutturale dell'Avampaese Ibleo

La regione iblea è caratterizzata da una tettonica di tipo distensivo con due principali sistemi di dislocazione, rispettivamente NW-SE e NE-SW.

Tale tettonica ha inizio nel Miocene Superiore con il sollevamento della parte centrale del massiccio carbonatico e prosegue quindi nel Pliocene Medio-Inferiore fino al Pleistocene Inferiore. Le strutture che ne conseguono del tipo Horst e Graben o a placche monoclinali con ampio raggio di curvatura debolmente inclinate e fagliate.

Nel Tortoniano si verificano cedimenti accentuati del fondo marino accompagnati da grandi manifestazioni vulcaniche. La configurazione costiera attuale è il risultato di fasi successive d'abbassamento ed innalzamento con conseguenti trasgressioni e regressioni marine.

L'altipiano calcareo Ragusano è un alto strutturale, delimitato da una serie di imponenti faglie (faglie dirette con rigetti di centinaia di metri), che rialzano i termini miocenici sia ad occidente che ad oriente. Insieme alle aree sommerse questo settore dell'avampaese fa parte del Blocco Pelagiano che costituisce, nel complesso, una zona stabile estesa dalla Scarpata Ibleo-Maltese fino alla Tunisia, formata da una potente successione mesocenozoica prevalentemente carbonatica con ripetute intercalazioni

di vulcaniti basiche.

Nel dettaglio:

Formazione hybla (hauteriviano superiore-Albiano): I litotipi riferiti a questa unità litostratigrafica costituiscono i terreni più vecchi affioranti nell'area iblea. È costituita da un'alternanza calcarenitico-marnosa e marne grigio-verdastri ad ammoniti, aptici e belemniti, e da microfaune bentoniche. Verso l'alto i depositi della F.ne hybla, sebbene interessati da strutture deformative (pieghe e faglie) passano progressivamente ai litotipi della f.ne Amerillo.

F.ne Amerillo: (Em) (Cretaceo Superiore - Eocene medio) La formazione è ben esposta nella valle del F. Amerillo, nell'alto strutturale di Monterosso Almo- Licodia Eubea, ed è rappresentata da calcilutiti bianche a frattura concoide con noduli e liste di selce nerastra, in strati spessi 10-20 cm, separati da sottilissimi giunti argillosi. Lo spessore affiorante della formazione Amerillo è circa 250 m, quello totale è valutato, da dati di sondaggi, fino a circa 900 m.

Formazione Ragusa (Oligocene superiore-Langhiano inferiore) La formazione Ragusa è divisa in due membri quello inferiore, denominato *Membro Leonardo (Ocm)*, è rappresentato da un'alternanza di calcisiltiti e marne di età Oligocene superiore, quello superiore, noto come *Membro Irminio (Mcm)*, è dato da calcareniti e da calciruditi e marne sabbiose, ascrivibili al Miocene inferiore-medio. Lo spessore totale della formazione varia da 200 a 550 m. È in rapporti di discordanza stratigrafica con la precedente F.ne Amerillo. È rappresentato da un'alternanza di calcisiltiti e di calcari marnosi di colore biancastro in strati di 30-80 cm le prime e di 5- 20 cm i secondi. Lo spessore affiorante è circa 100 m. Rappresenta la porzione inferiore dell'unità. *Membro Irminio (Mc):* È caratterizzato da calcareniti e calciruditidi colore bianco grigiastro o giallastro, talora a stratificazione incrociata con numerose tracce di bioturbazione, in banchi spessi fino a 10 metri separati da sottili livelli sabbiosomarnosi pulverulenti. Lo spessore varia da poche decine di metri a un massimo di 200 m. Rappresenta la porzione intermedia dell'unità. *La parte apicale del m.bo Irminio (Mmc)*, poco rappresentata se non nella zona di San Giacomo-Bellocozzo, è costituita da marne biancastre a frattura concoide in strati di spessore metrico alternati a strati calcareo-

marnosi grigiastri di spessore medio di 50-60 cm. Lo spessore complessivo è intorno ai 5060 metri Verso l'alto la Formazione Ragusa passa gradualmente alla *Formazione Tellaro*: tramite un'alternanza di calcari marnosi grigiastri e di marne grigiobiancastre a frattura concoide.

La F.ne Tellaro è suddivisa in due membri: il superiore (*Ms*) è rappresentato da una alternanza di calcari marnosi e marne giallastre, l'inferiore è caratterizzata da calcilutiti e marne biancastre o grigioazzurre a frattura subconcoide, contenenti sporadici livelli calcarenitico-marnosi di colore bianco-crema in strati di 30-50 cm. (*Mm*). Si notano slumpings alla scala delle decine di metri. L'età è Messiniano inferiore.

Trubi: (*Pm*) sono costituiti da marne calcaree e calcari marnosi a foraminiferi, colore bianco crema e frattura concoide (Pliocene medio).

Terrazzi marini (*Tm*): sono disposti in più ordini, altimetricamente correlabili con i depositi marini di facies costiera infrapleistocenici (*Qc*) e con i depositi medipleistocenici (*Qmc* e *Qms*) ad essi associati. Si presentano in spianate di abrasione oppure in lembi di calcareniti brunogiallastre a grana grossolana (*panchina*); essa ha significato di trasgressione marina di età milazziana con fauna banale di tipo temperato-caldo. La panchina costituisce un "lastrone calcarenitico" esteso da quota massima di 200 m fino al mare, e corrisponde al "Grande Terrazzo Superiore" (GTS) della Sicilia occidentale appartenente al "Crotoniano". (*Pleistocene medio*).

Depositi terrazzati marini (*Tirr*): sono costituiti da sabbie bianco-giallastre, carbonatiche o clasti carbonatici e arenitici appiattiti a matrice sabbiosa del Pleistocene superiore; *Spiagge e depositi eolici: (s, sd)* sono costituiti da sabbie prevalentemente quarzose e secondariamente carbonatiche.

Alluvioni attuali e recenti: (*a*) sono costituite da ciottoli carbonatici di dimensioni variabili in matrice sabbioso-limosa gialla - brunastra.

All'interno del territorio, è possibile distinguere due settori a diversa ampiezza, ma con caratteri morfologici univoci. Un primo settore situato nella porzione più settentrionale ed in parte in quella centrale dell'area in studio, dove affiorano i depositi carbonatici della F.ne Ragusa, con morfologia irregolare e valli strette ed incise, denominate "cave". Un secondo settore, che si presenta come un esteso pianoro,

individuabile nella porzione meridionale dell'area territoriale, caratterizzato dalla netta predominanza dei livelli marnosi della F.ne Tellaro, delle biocalcareniti e delle marne calcaree del Pliocene, con paesaggi a blanda morfologia e valli ampie e poco incise. Le piane alluvionali sono poco rappresentate e gli unici esempi, si hanno in corrispondenza dei pantani della zona Ispica - Pachino, oltre che alla foce dei torrenti che sfociano nel mar Mediterraneo, anche se di dimensioni ridotte. Alcune aste fluviali della zona studiata sono interessate da opere di canalizzazione ad uso irriguo.

L'attuale assetto geologico della zona studiata è determinato dagli stadi finale della tettonica che ha caratterizzato tutta la storia geologica del sito e dagli eventi di sedimentazione pleistocenici dovuti ad eventi trasgressivo- regressivi che hanno definito l'attuale assetto geomorfologico. In particolare l'area ha visto la formazione di terrazzi marini nel Pleistocene superiore a cui è seguito un evento deposizionale continentale che ha portato alla formazione di depositi palustri in una vasta area a NO dell'abitato di Santa Croce Camerina. Il quadro evolutivo è stato completato nell'olocene dalla deposizione di alluvioni recenti lungo i diversi corsi d'acqua a carattere torrentizio che solcano la pianura a Nord di S.C. Camerina (ad esempio il torrente Petrarò che attraversa la zona studiata a Sud e ad Est dell'impianto).

Il rilevamento geologico di superficie e i dati bibliografici esistenti, hanno consentito di redigere una carta geologica sia dell'area di stretto interesse sia delle zone limitrofe, ed hanno permesso di definire i rapporti stratigrafico-strutturali intercorrenti tra i terreni in esame e le altre formazioni presenti. Qui di seguito (Figura 6) uno stralcio della Carta Geologica del settore Centro-meridionale dell'Altopiano Ibleo. A seguire la legenda delle formazioni presenti nello stralcio e la carta geologica di dettaglio alla scala 1: 10.000:

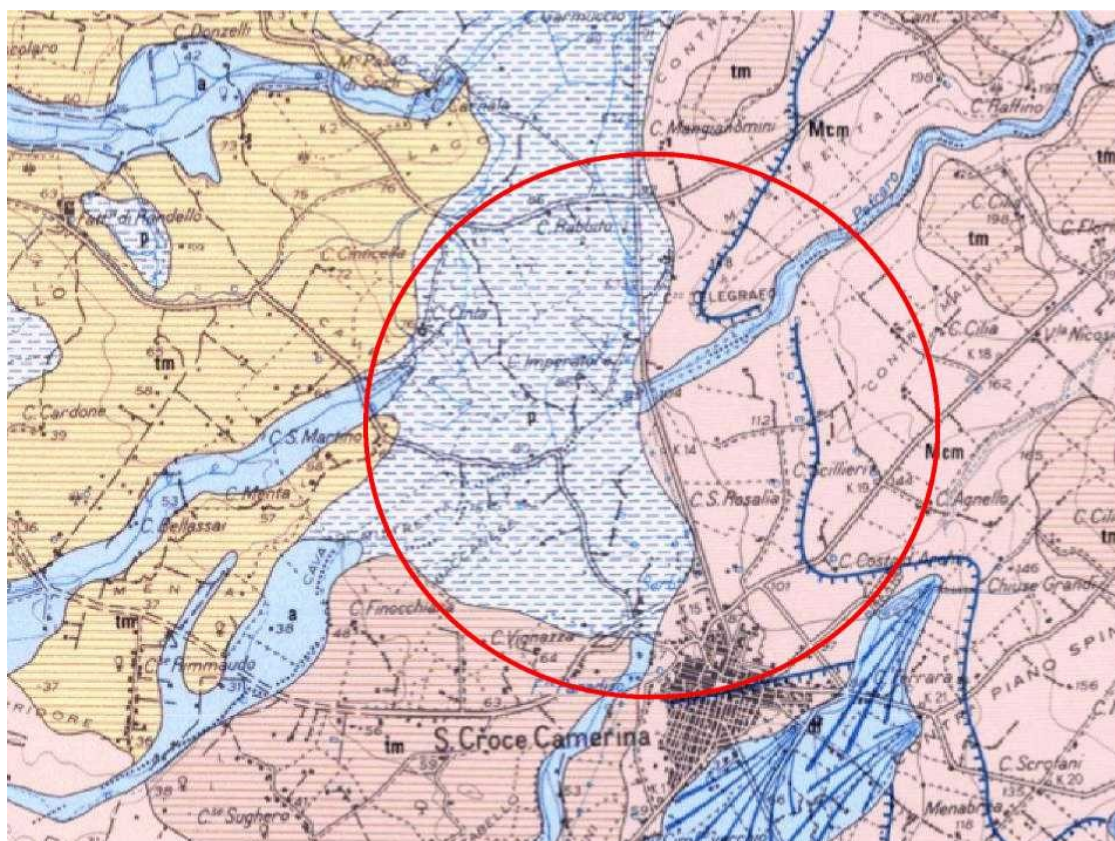
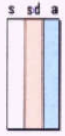





Figura 6 - Stralcio carta geologica. La cornice rossa racchiude la carta geologica di dettaglio

	<p>A – Alluvioni attuali – sono costituite da ciottoli carbonatici arrotondati in abbondante matrice sabbiosa generalmente rossastra, che raggiungono spessori fino ad oltre 10 metri. PLEISTOCENE MEDIO – OLOCENE.</p>
	<p>P – Depositi palustri I depositi palustri antichi sono costituiti da argille e limi bruno – giallastri con livelli di torba e, localmente, rari resti di vertebrati. – PLEISTOCENE SUPERIORE. Nell'area studiata tali sedimenti hanno uno spessore compreso tra 0 e 6-7 m.</p>
	<p>Tm - Terrazzi marini – depositi terrazzati marini costituiti da sabbie biancogiallastre, carbonatiche, o da conglomerati a clasti carbonatici e arenitici appiattiti a matrice sabbiosa, distribuiti lungo la linea di costa a quote da 0 a 10 m e terrazzi marini altimetricamente correlabili con i depositi medio – pleistocenici. Si rinvencono fino a quote massime di 200 metri e risultano essere costituiti quasi sempre da spianate di abrasione con rari depositi costituiti da lembidi calcareniti bruno – giallastre a grana grossolana. PLEISTOCENE MEDIO.</p>
	<p>Formazione Ragusa – Membro Irminio – Alternanza di biocalcareni cementate a macroforaminiferi di colore bianco-grigiastro in banchi ad andamento irregolare dello spessore da 50 cm a 2-3 m e di calcareniti marnose giallastre scarsamente cementate e mal classate (area a Sud di Ragusa). A volte si osservano calciruditi e calcareniti a macroforaminiferi laminate e a stratificazione incrociata (Valle del Tellesimo). Verso l'alto della successione compaiono calcareniti grigio-giallastre cementate in strati di 30-40 cm, irregolarmente alternate a marne siltose friabili. Per graduale aumento dello spessore dei livelli marnosi si passa verso l'alto alla formazione Tellaro. AQUITANIANO – LANGHIANO INF.</p>

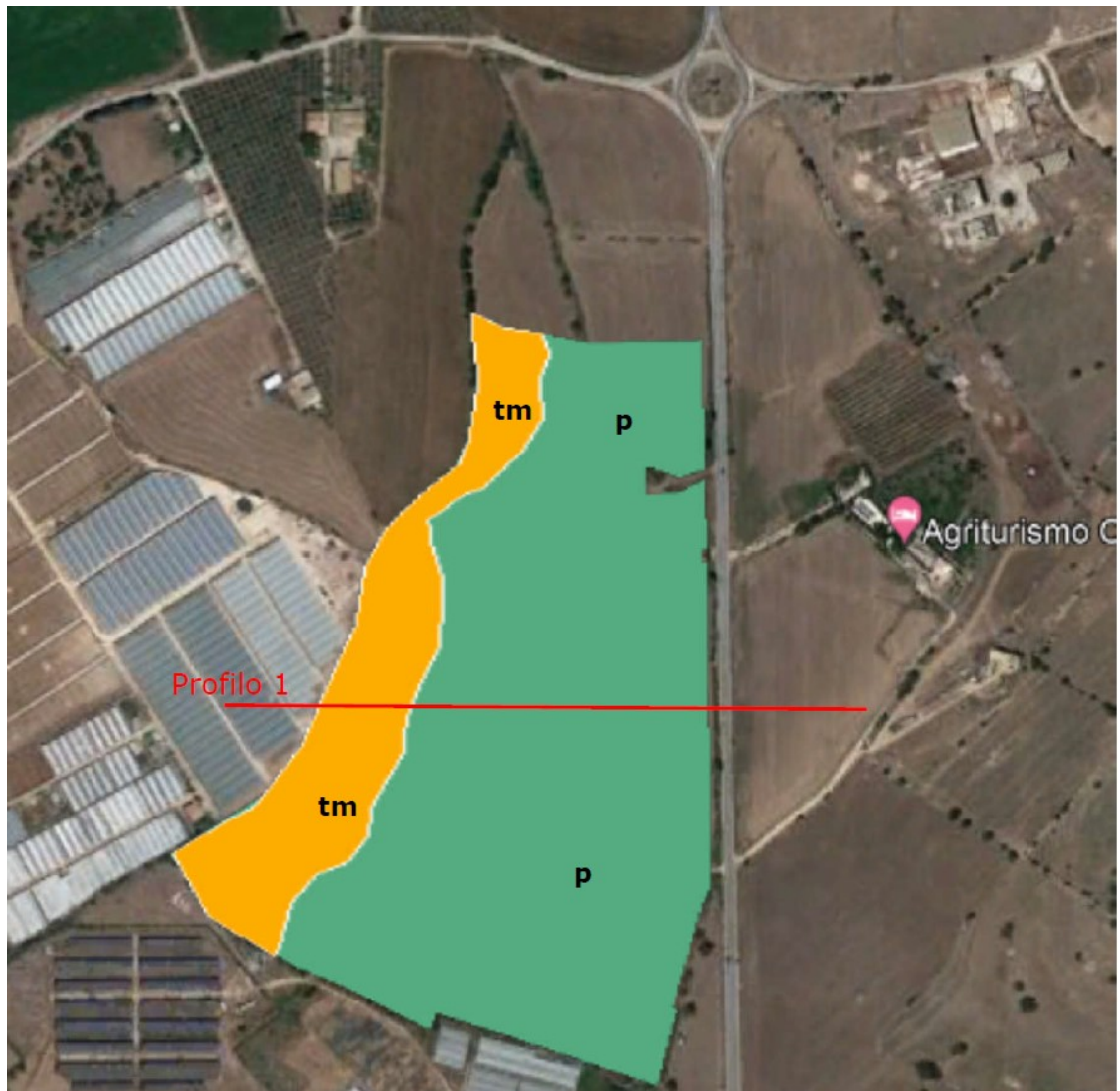


Figura 7 - Rilievo geologico dell'area di progetto. In arancio i terrazzi marini (tm) e in verde i depositi palustri (p).

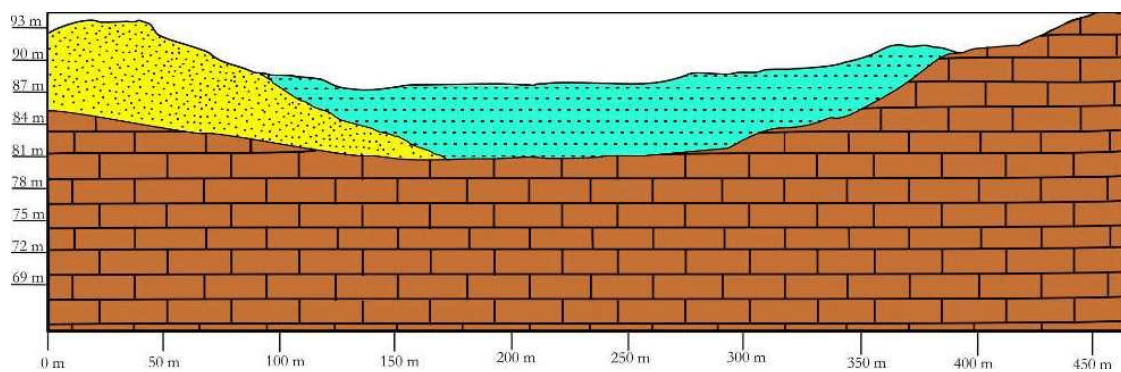
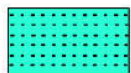


Figura 8 - Sezione geologica da profilo 1



Depositi palustri - argille e limi bruno-giallastri con livelli di torba e, localmente rari resti di vertebrati
- PLEISTOCENE SUPERIORE



Depositi terrazzati marini costituiti da sabbie biancogiallastre carbonatiche, o da conglomerati a clasti carbonatici e arenitici appiattiti a matrice sabbiosa. Quasi sempre costituiti da spianate di abrasione
- PLEISTOCENE MEDIO



Formazione Ragusa Membro Irminio - Alternanza di biocalcareni cementate a macroforaminiferi di colore bianco grigiastro in banchi ad andamento irregolare dello spessore da 50 cm a 2-3 metri e di calcareniti marnose giallastre scarsamente cementate e mal classate (aree a Sud di Ragusa).
- AQUITANIANO - LANGHIANO INF.

Il rilievo ha messo in evidenza un assetto geologico che vede la Formazione Ragusa ospitare dei sedimenti incoerenti di tipologia mista marino-continentale. In particolare nella porzione occidentale dell'area studiata affiorano delle spianate di abrasione marina mediopleistoceniche a cui si sovrappongono dei sedimenti limoso-argilloso dovuti ad una deposizione in ambiente paludale risalenti al Pleistocene superiore. Gli spessori di quest'ultimi sono compresi tra gli 0 e i 6-7 metri, mentre i depositi marini si aggirano intorno ai 6-10 m (da letteratura).

L'impianto in progetto è collocato nell'area del Bacino del Fiume Ippari ed aree comprese tra il bacino del Fiume Acate - Dirillo e il bacino del Fiume Irminio. Dal punto di vista morfologico l'impluvio del fiume Ippari, presenta caratteri diversi, dovuti alla natura litologica dei terreni che lo costituiscono e alla sua storia tettonica dalla fine del Miocene ad oggi. All'interno del bacino è possibile distinguere tre settori a diversa ampiezza, ma con caratteri morfologici univoci: un settore montano, uno pedemontano e uno pianeggiante.

La zona montana, compresa tra i 400 mt s.l.m. e gli 882 mt di Serra di Burgio, che rappresenta la quota massima del bacino, si estende secondo una fascia di circa 40 kmq, orientata NESW, da Comiso sino ai pressi di Chiaramonte Gulfi. In questa area la morfologia è condizionata dai calcari della Formazione Ragusa dove si osservano forme aspre con incisioni a forte pendenza e incassate in valli strette con versanti molto ripidi.

La zona pedemontana è una cintura che contorna gli affioramenti calcarei terziari ed è costituita da accumuli di sedimenti clastici (conoidi) recenti caratterizzati da forme a ventaglio tipiche di questi accumuli.

L'area interessata dall'opera si trova a Nord dell'abitato di S. Croce Camerina, nella

zona di pianura; questa porzione di territorio è racchiusa tra quota 300 a NNE e il livello del mare a SW e rappresenta quasi il 70% del bacino. Tale area è caratterizzata dalla netta predominanza di depositi plio-pleistocenici, per la maggior parte incoerenti. La parte bassa della pianura, dall'abitato di Comiso sino al mare, è interessata dall'incisione del Fiume Ippari, il cui andamento è del tipo meandriforme incassato nel tratto compreso tra Comiso e Vittoria, mentre da Vittoria alla foce scorre in una valle ad ampiezza via via crescente, a fondo piatto, ma con versanti sempre ripidi che mettono a giorno il substrato roccioso. L'uniformità della pianura è interrotta localmente da blande ondulazioni e lievi depressioni. Nel complesso il bacino si può definire di tipo "collinare". Infine, nella fascia litorale si rileva la presenza di depositi sabbiosi di età attuale che rappresentano la componente litologica più giovane e maggiormente soggetta ad evoluzione anche in concomitanza di estesi interventi antropici (spianamento di dune).

La superficie dell'area di progetto si presenta pianeggiante, con un dislivello totale di pochi metri (87 m quota minima, 90 quota max). L'area risulta leggermente depressa rispetto alla quota dei terreni circostanti come si può vedere nei seguenti profili eseguiti nella parte centrale dell'area in direzione EO e NS. Inoltre risulta in leggera pendenza verso Sud, come è possibile vedere dal profilo ricavato in quella direzione.

CLIMATOLOGIA DELL'AREA

Per quanto riguarda il contesto climatico (piovosità, temperatura) la zona in esame presenta le tipiche caratteristiche climatiche delle aree collinari della Sicilia centrale, soggetta a mesi autunnali e invernali con temperature più fredde e maggiormente piovosi, alternati a periodi primaverili ed estivi molto caldi e con precipitazioni decisamente scarse. Anche, il regime idraulico dei corsi d'acqua è direttamente condizionato dal regime pluviometrico locale, e quindi i torrenti sono generalmente asciutti durante la stagione primaverile - estiva e pieni di acqua nella stagione autunno-vernina.

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento soltanto ai dati registrati dalla stazione termo-pluviometrica di Ragusa.

Ragusa m 515 s.l.m.

<i>mese</i>	<i>T max</i>	<i>T min</i>	<i>T med</i>	<i>P</i>
gennaio	11,6	4,7	8,2	96
febbraio	12,5	4,8	8,7	69
marzo	14,8	6,5	10,7	51
aprile	18,0	8,5	13,2	40
maggio	22,8	12,6	17,7	21
giugno	27,9	16,7	22,3	8
luglio	31,0	19,6	25,3	6
agosto	31,3	19,6	25,4	17
settembre	27,2	16,8	22,0	40
ottobre	21,9	13,0	17,4	84
novembre	17,0	9,2	13,1	71
dicembre	13,1	6,0	9,5	97

Agosto è il mese più caldo dell'anno con una temperatura media di 25,4°C, mentre gennaio è il più freddo con temperature medie di 8,2°C; L'analisi dei dati mostra che nei mesi più caldi si raggiungono temperature massime superiori ai 30° C; invece, nel mese più freddo la temperatura minima è pari a circa 4,7°C. I valori di temperatura nel corso dell'anno le temperature medie variano di 17,2 °C.

Precipitazioni

Dai dati disponibili risulta che la stazione pluviometrica che presenta la più lunga serie di dati pluviometrici in continuità fino agli anni più recenti è quella di Ragusa da cui si evince che il valore di precipitazione media annua è di 715,78 mm concentrata nel periodo ottobre-marzo, mentre nell'intervallo maggio-settembre le piogge sono pressoché assenti; è di 112 mm la differenza di pioggia tra il mese più secco (luglio) e

quello più piovoso (gennaio). Il mese più secco è luglio con una media di 7,97 mm di pioggia, mentre quello più piovoso è gennaio con una media di 120,08 mm.

I caratteri pluviometrici delineano un clima di tipo temperato- mediterraneo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale - invernale e quasi assenti in quello estivo. Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee e, essendo le piogge concentrate in pochi mesi, assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione. L'evaporazione, che è sempre modesta nei mesi freddi e nelle zone di affioramento dei termini litoidi di natura calcareo-calcareo marnosa, lo è anche nei mesi caldi, a causa dell'elevata permeabilità di tali litotipi (per fessurazione e/o per porosità nella coltre d'alterazione) che favorisce notevolmente l'infiltrazione delle acque ruscellanti. Si evince, dunque, che la ricarica degli acquiferi dell'area in esame avviene sostanzialmente nel periodo piovoso e che, pur non mancando saltuari eventi piovosi negli altri mesi dell'anno, durante l'estate, caratterizzata generalmente da lunghi periodi di siccità ed elevate temperature, si verificano condizioni di deficit di umidità negli strati più superficiali del terreno per la mancanza di risalita di acqua per capillarità.

Permeabilità

I litotipi affioranti nell'area in studio mostrano una permeabilità sia primaria per porosità che secondaria per fratturazione e, in misura minore, per carsismo. Il grado di permeabilità è molto variabile, oscillando da medio-alto a bassissimo. I litotipi calcarei, non affioranti nell'area di impianto, ma presenti in profondità, hanno una permeabilità medio-alta, essendo sempre interessati da fratturazione e/o carsismo, pur a livelli variabili; pertanto, in essi si instaura una sicura circolazione idrica. I litotipi a composizione prevalentemente argilloso-marnosa, invece, sono caratterizzati da un grado di permeabilità scarso o quasi nullo (impermeabili) che fa sì che in essi la circolazione idrica sotterranea sia praticamente assente.

Talvolta, in corrispondenza di una coltre eluvio-colluviale spessa e/o contenente una frazione sabbiosa e/o intercalazioni litoidi si possono verificare delle infiltrazioni d'acqua fino ad alcuni metri di profondità a formare effimere falde acquifere superficiali. Di seguito vengono distinte e raggruppate le formazioni affioranti nel bacino in base al tipo e al grado di permeabilità che possiedono.

Rocce permeabili per porosità: all'aumentare del grado di addensamento ed al diminuire della granulometria, diminuisce la permeabilità, con la conseguenza che si hanno notevoli variazioni laterali ed in profondità della stessa (bassa - alta) al variare dei tipi litologici, delle condizioni locali di granulometria e dello stato di addensamento. Appartengono a questo gruppo i depositi clastici incoerenti dei detriti di falda presenti ai piedi dei rilievi, le alluvioni, i depositi palustri (presenti estensivamente nell'area di progetto), le paleoconoidi, i depositi limnici nonché i depositi sabbioso e sabbioso – calcarenitici (presenti anche questi nella fascia occidentale del terreno oggetto di studio).

Rocce permeabili per fessurazione e carsismo: tale tipo di permeabilità è dovuto ad una fitta rete di fessurazione originatasi in seguito ad intensi sforzi tettonici a cui sono state sottoposte tali rocce. Successivamente, le acque arricchite in CO₂, svolgendo un'azione solvente sulle rocce di composizione carbonatica, allargano le fessure, dando luogo a fenomeni carsici più o meno spinti che aumentano la permeabilità creando delle vie preferenziali di drenaggio in corrispondenza delle fratture principali. A questo gruppo appartengono le calcareniti e calciruditi organogene, l'alternanza calcarea della Formazione Ragusa (presente immediatamente al di fuori dell'area di progetto e lungo il percorso delle opere di connessione).

Rocce impermeabili: Notoriamente vengono considerate impermeabili tutte le rocce che presentano una frazione argillosa prevalente, nonché quelle rocce che si presentano in banchi integri e/o con strati calcilutitici alternati o intercalati a livelli marnosi. Il percorso della linea di connessione si dipana nel territorio del comune di S. Croce Camerina attraversando per lo più i calcari della Formazione Ragusa.

Dallo studio delle pendenze dell'area in esame è possibile inquadrare l'area in un bacino di accumulo definito nell'immagine successiva:

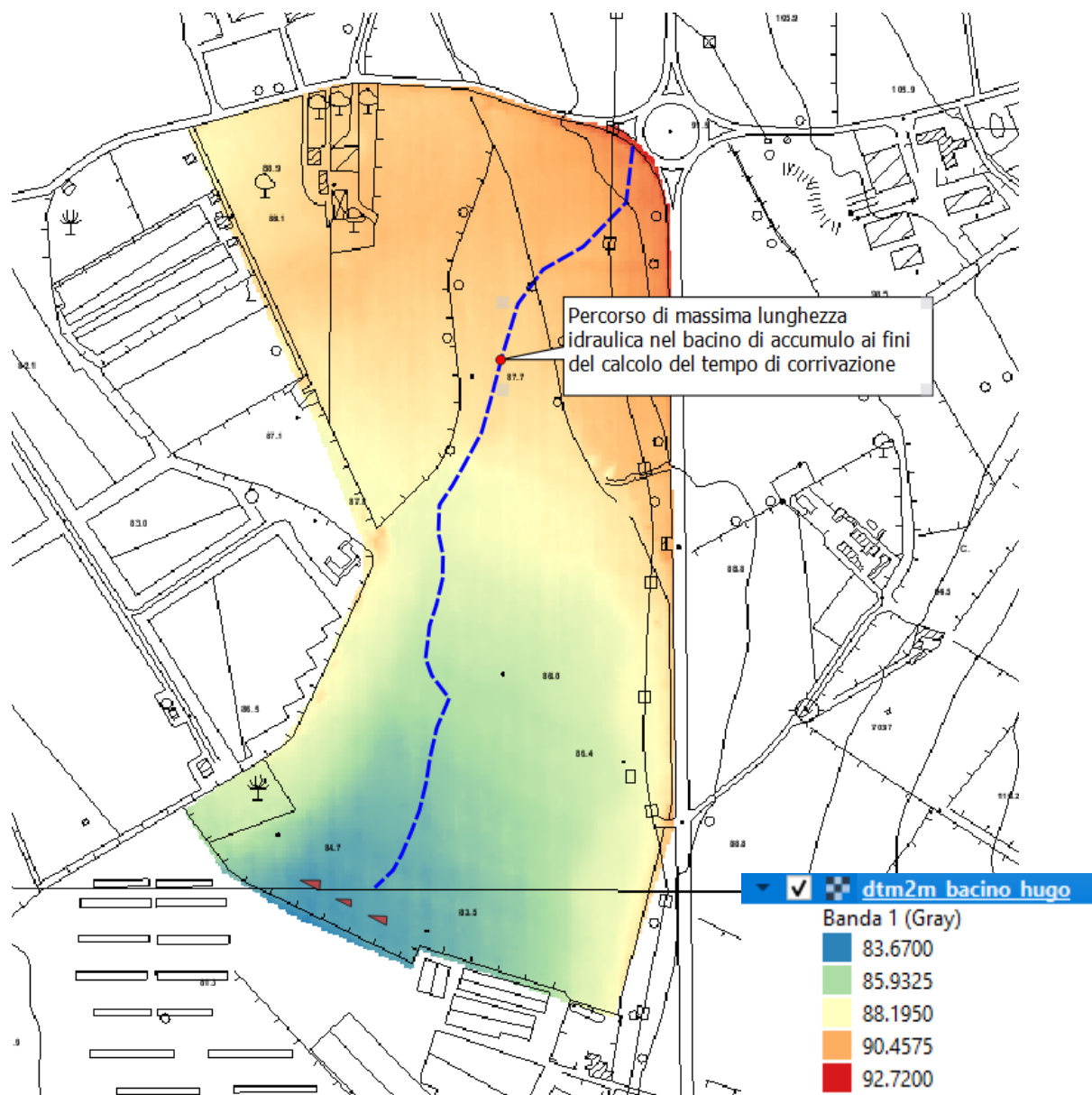


Figura 9 - Bacino di drenaggio superficiale – Le quote sono in metri s.l.m.

Il bacino di drenaggio è caratterizzato dalla presenza dei terreni palustri e sono marginalmente da depositi sabbiosi terrazzati che conferiscono all'area un permeabilità medio – alta. Il drenaggio superficiale all'interno del bacino è poco presente poiché le caratteristiche litologiche delle rocce presenti favoriscono

l'infiltrazione; solo in occasione di eventi meteorici di particolare intensità le acque superficiali determinano un modesto deflusso delle acque in direzione Nord - Sud. Il regime idraulico superficiale è secco per quasi tutto l'anno ed in occasione di precipitazioni intense possono generare un modesto deflusso ed originare limitate forme di erosione.

La tipologia dei pannelli mediante pali infissi non comporta modificazione del deflusso naturale delle acque, non prevedendo impermeabilizzazioni dovute alle fondazioni; la dinamica di questa tipologia di impianti è legata allo scorrimento dell'acqua piovana lungo i pannelli e conseguente ricaduta della stessa nel terreno alla base di questi.

Studio dell'invarianza idrologica e idraulica

La realizzazione dell'impianto occupa un'area complessiva di circa 17,9 Ha mentre l'area occupata dai moduli fotovoltaici è pari a circa 4,412 Ha, corrispondente al 24,6% del totale. Ampie sono le aree che rimarranno ricoperte da vegetazione arbustiva e/o arborea.

I moduli fotovoltaici saranno installati su tracker mono-assiali disposti lungo l'asse geografico nord-sud in funzione delle tolleranze di installazione delle strutture di supporto tipologiche ammissibili variabili tra il 5% al 10%.

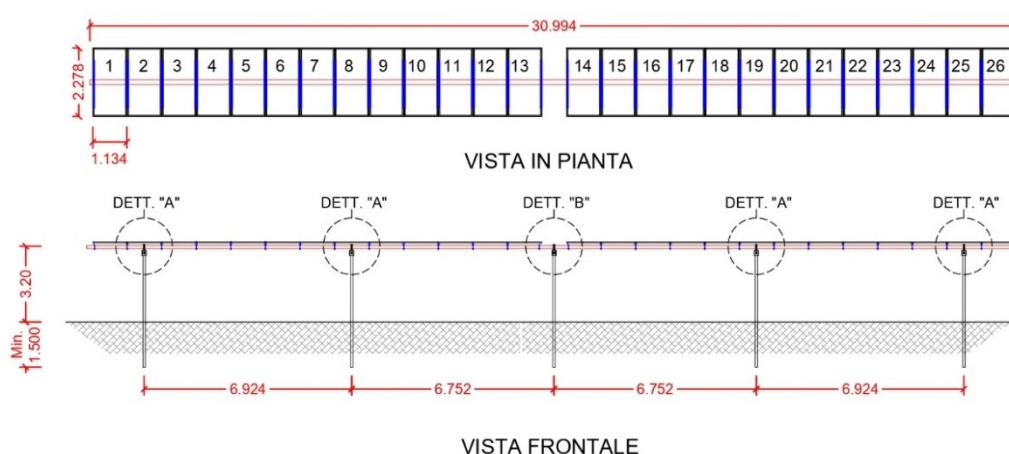


Figura 10 – Inseguitore solare a singolo asse con 26 moduli fotovoltaici

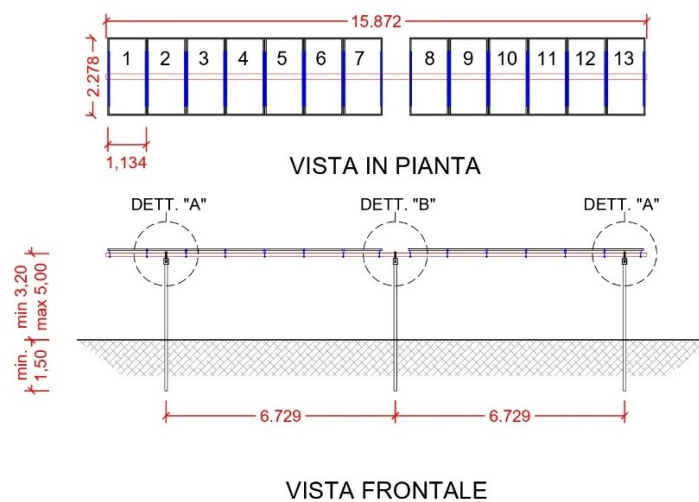


Figura 11 – Inseguitore solare a singolo asse con 13 moduli fotovoltaici

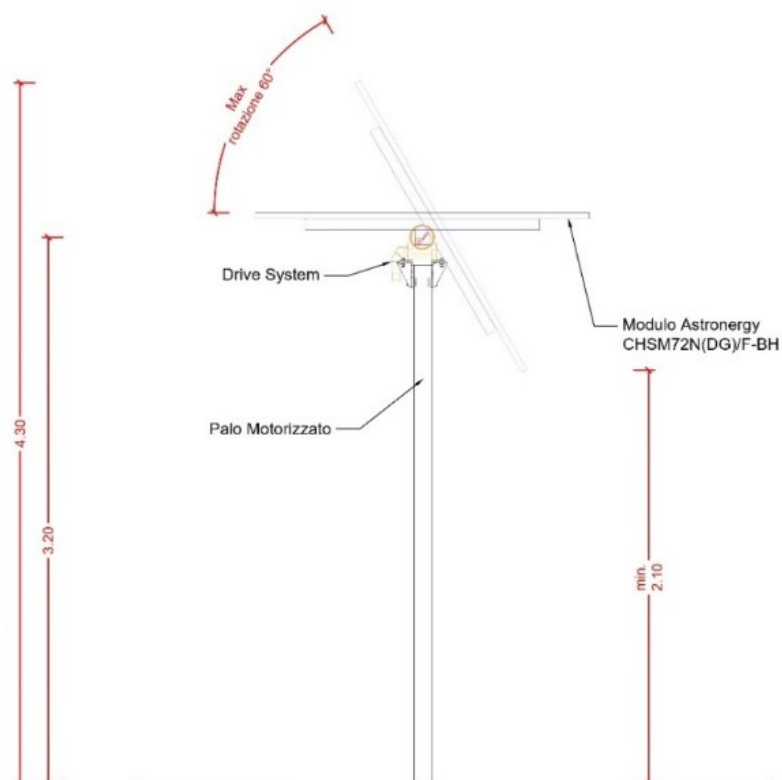


Figura 12 – Sezione inseguitore solare a singolo asse con 13 e 26 moduli fotovoltaici

All'interno dei sottocampi solari, prima di effettuare la posa dei pannelli mediante infissione dei Tracker verranno eseguiti dei piccoli livellamenti superficiali per rendere più omogeneo possibile il campo solare. I livellamenti interesseranno solo lo strato areato e superficiale presente così come evidenziato nella relazione geologica generale. Le eventuali porzioni di terreno asportate verranno comunque impiegati sempre all'interno dell'area dell'impianto.

Non saranno effettuati movimenti di terreno profondi, né eventuali trasporti in discariche autorizzate.

Le aree interessate dall'intervento sono idonee all'installazione dei tracker e la caratterizzazione delle pendenze delle aree riporta valori compatibili con le tolleranze ammesse dall'installazione delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici, per definire una ottimale posizione dei moduli minimizzando i movimenti di terreno.

Le condizioni morfologiche garantiscono una totale esposizione dei moduli ai raggi solari durante le ore del giorno e queste costituiscono le premesse della progettazione definitiva per ottenere la migliore producibilità nell'arco dell'anno.

Non sono interessati corpi idrici pubblici e non saranno modificate le eventuali linee di impluvio dei corsi d'acqua episodici che insistono all'interno delle aree.

Durante la costruzione e l'esercizio sarà previsto l'utilizzo della sola risorsa suolo legata all'occupazione di superficie.

L'intervento in oggetto non prevede la realizzazione di superfici impermeabilizzate poiché anche le stradelle di servizio saranno costituite in terra battuta così come le piazzole ove saranno realizzate le cabine pari a circa 0,8 Ha. Le piastre in c.a. di fondazione delle cabine occuperanno una superficie pari all'area della cabina stessa per una superficie di circa 0.06 Ha.

All'interno dell'area nelle disponibilità della società titolare dell'impianto sono state individuate le linee di deflusso poco evidenti sul terreno ma che dallo studio delle pendenze sono in grado di convogliare le acque meteoriche in occasione di eventi meteorici in direzione sud dove però all'esterno dell'area non sono presenti corpi ricettori. Da ciò la necessità di individuare all'interno degli stessi sottocampi le più

idonee opere di smaltimento delle acque in eccesso.

Il suolo superficiale su cui ricade l'impianto fotovoltaico oggetto del presente studio sarà sempre lavorato e costantemente areato secondo le tradizionali attività agricole (aratura, fresatura e tilleraggio). Inoltre la presenza del sistema porta moduli costituito da tracker monoassiali garantirà sempre l'esposizione diretta del suolo superficiale per effetto della rotazione del tracker. Ciò consentirà il mantenimento della bagnatura del suolo minimizzando i fenomeni derivanti dalla copertura dei pannelli sulla superficie. Inoltre l'acqua che cadrà sui pannelli, per effetto della rotazione dei tracker non scivolerà costantemente sulla stessa linea ma sarà diffusa su una ampia superficie favorendo la bagnatura del terreno in modo completo. Da ciò si desume che dal punto di vista idraulico l'impianto produrrà accumuli o eccedenze idriche alquanto contenute poiché buona parte delle piogge meteoriche saranno assorbite dal terreno e le parti eccedenti proseguiranno per le naturali vie di scolo che non saranno assolutamente modificate dalla presenza dell'impianto. Il suolo per effetto delle lavorazioni agricole che si susseguiranno non subirà decadimento della permeabilità né riduzione della ritenuta idrica e l'evapotraspirazione subirà effetti modesti. Le acque superficiali scorreranno secondo quelle che sono le naturali vie di deflusso senza alcuna modifica sui tempi di corrivazione e sulle portate prodotte. La permeabilità dei terreni sarà mantenuta e saranno mantenuti inalterati i processi di accumulo e scorrimento delle acque superficiali che con la presenza dell'impianto in oggetto non subiranno variazioni di alcun genere.

Tutti gli interventi che interessano la realizzazione e l'esercizio dell'impianto fotovoltaico saranno idonei e compatibili con l'assetto idrogeologico dell'area in esame che quindi subirà variazioni di carattere idrologico ed idraulico poco rilevanti sia superficiali sia profonde poiché l'intervento comporterà solamente lievi modifiche alle condizioni naturali del regime idrologico.

La morfologia dell'area dell'impianto fotovoltaico fa sì che all'interno di tale area si possono individuare due superfici scolanti che indirizzano le acque meteoriche lungo le principali linee di impluvio presenti nell'area. Al fine di determinare le condizioni di invarianza idraulica sono stati eseguiti tutti i necessari studi e indagini tali da consentire

le necessarie opere in ottemperanza a quanto prescritto dal D.D.G. 102/2021.

Le verifiche sono state effettuate, mediante acquisizione dei dati di pioggia forniti “dall’osservatorio acque Regione Sicilia”, per l’intervallo temporale 1929 al 2017, relativi alla stazione pluviometrica di Ragusa (altre stazioni più vicine all’area in esame presentano serie di dati di piovosità critica per periodi di tempo molto limitato che non consentono di eseguire i calcoli statistici per la determinazione delle piovosità critiche nei tempi di ritorno più lunghi). Mediante metodo di Gumbel, si sono ottenute le altezze critiche di pioggia e la curva probabilistica per diversi tempi di ritorno (10, 30, 50, 100, 200 anni) provvedendo alla individuazione, dall’esame degli Annali dell’Ufficio Idrografico Regionale siciliano, delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore. In allegato sono riportati i dati pluviometrici tabellati e quelli ottenuti dall’elaborazione statistica effettuata con il metodo di Gumbel.

Tabella 1 - Precipitazioni di massima intensità registrate dal pluviografo di Ragusa

DATI PLUVIOMETRICI (mm)					
STAZIONE PLUVIOMETRICA DI RAGUSA					
ANNO	DURATA DELLA PIOGGIA (ore)				
	1	3	6	12	24
1931	24.8	41.6	72	131	180.2
1932	18	21.6	41	53.6	66
1933	17	31	42	64	84.6
1934	28.2	34	53	68.6	77.6
1935	50.4	50.4	50.4	50.4	78
1940	20	30.2	59.4	76	96
1947	32	41.2	43.4	64.4	88.2
1948	29.6	38.6	41.4	45.4	77.4
1949	26	39.2	56.2	68.4	81.2
1950	28	58	77.4	80.2	126.6
1953	39	81	100.2	115.6	132
1954	13.4	23.2	33.6	52	79.8
1955	25.6	31.2	49.2	50.6	61.8
1956	21.6	55.4	90.2	95	95.2

1957	39	63.4	73.4	93.2	110.6
1958	26.2	50	67	89.4	99.8
1959	11.2	26.4	36.4	46.2	50.6
1960	27.6	52.8	66.8	80.4	97.4
1961	50.4	53.4	53.4	53.6	53.6
1962	14	31.6	35.6	57	67.4
1964	52	52.4	52.6	63.8	127.2
1965	33.2	47	81	119.6	122.6
1966	25.8	33.4	34.8	39.6	43.6
1967	20.6	29	38.8	43.8	60.8
1968	26.4	40.6	45.6	45.6	47.2
1969	27.4	38	55	77.6	94.4
1970	27.2	28.8	28.8	29.2	35.2
1971	21.4	31.8	41.2	49.8	50.6
1972	55.8	56.2	60.8	63.8	63.8
1973	32.2	39.2	44.2	45.4	70.4
1974	41.2	44.4	44.4	44.4	44.4
1975	25.8	38.8	66.2	76.2	78.4
1976	30.6	38.2	57.2	81	91.4
1977	14.2	22	23.2	23.4	30.4
1978	10.6	17.4	19.9	26.6	40.6
1979	46.8	46.8	46.8	46.8	50.6
1980	14.2	22	28.6	29.2	36
1981	28.4	35	41.4	50.8	50.8
1982	47	59	65.8	79.2	84.2
1983	30.2	36	36	36	44
1984	22.6	22.8	29.6	34.6	48.2
1985	20.2	38	49.2	76.4	106.2
1986	50	79	79	79	79
1987	27.4	30.8	30.8	33.2	33.2
1988	26.6	26.6	28.6	35.2	38.2
1989	26.8	27	30.2	42.6	52.8
1990	43.6	51.2	51.2	54.2	54.2
1991	30.6	31.2	32.8	35.6	51.8
1992	32.6	32.8	32.8	38.6	53.2
1993	47.6	65.6	76	81.4	94.6
1994	46	46.8	46.8	49.8	51.8
1995	27.4	29.8	29.8	29.8	31.6
1996	40.2	41.2	54	94.4	141

1997	43.8	44.2	44.2	44.2	46.2
1998	15.4	31.6	39	45.2	54.4
1999	58.4	59	59	86.4	94.8
2002	28.4	39.8	42	42.2	43
2003	21.2	42	51.4	51.4	51.4
2004	22.6	32	37	59.2	115.6
2005	20	26.4	45	62.2	73.6
2007	19	30.6	50.2	70.4	87.6
2009	26.6	28.6	47.4	71	85
2011	37	42.8	51	65	70.4
2012	31.2	38	65.8	87.6	113.2
2013	24	40	44.6	44.6	45
2014	23.2	29	47.4	63.8	91.8
2015	31.2	35.4	36	63.4	85.8

Tabella 2 - Media dei valori (MEDIA di ht) , dello scarto quadratico medio (s.q.m.) (ht) e dei due parametri "K" e "m" della legge di Gumbel per ciascun valore di pioggia di durata t

MEDIA	29.80	39.59	49.03	60.42	74.09
S.Q.M.	11.40	13.11	16.36	22.83	30.52
K	0.11	0.10	0.08	0.06	0.04
m	24.67	33.69	41.67	50.15	60.36

Tabella 3 - Altezze massime di pioggia con tempi di ritorno Tr (mm)

Hmax DI PIOGGIA CON TEMPI DI RITORNO "Tr"					
	DURATA DELLA PIOGGIA (ore)				
Tr (anni)	1	3	6	12	24
100	65.57718	80.74356	100.37301	132.06754	169.87457
80	63.58158	78.44796	97.50925	128.07119	164.53199
50	59.36811	73.60109	91.46276	119.63339	153.25177
30	54.76479	68.30576	84.85681	110.41487	140.92783
20	51.08228	64.06966	79.57225	103.04034	131.06907
10	44.68097	56.70606	70.38612	90.22122	113.93161

Tabella 4 - Altezze di pioggia critica con tempi di ritorno Tr (mm)

Hcrit DI PIOGGIA CON TEMPI DI RITORNO "Tr" (anni)					
	DURATA DELLA PIOGGIA (ore)				
Tr (anni)	1	3	6	12	24

100	61.52	85.96	106.17	131.13	161.95
80	59.72	83.42	103.00	127.18	157.03
50	55.94	78.05	96.31	118.83	146.63
30	51.81	72.19	89.00	109.72	135.27
20	48.50	67.49	83.14	102.42	126.17
10	42.75	59.33	72.97	89.74	110.36

In relazione alla morfologia dei luoghi la scelta della sezione di verifica è stata fatta considerando la superficie scolante che ha individuato il bacino idrografico di raccolta nel punto ove è attesa la massima portata di deflusso.

Trattandosi di linee di drenaggio superficiale direttamente alimentate dalle piogge, la portata critica è originata dalle precipitazioni meteoriche e, più in generale, dipenderà dalle caratteristiche molto variabili, sia nel tempo che nello spazio, delle trasformazioni che l'acqua subisce durante il suo ciclo idrologico. In siffatte condizioni, è praticamente impossibile calcolare la massima portata prevedibile in senso deterministico e bisognerà, quindi, affrontare il problema nel solo modo possibile, e cioè in termini probabilistici. Significa, cioè, che la portata di piena va considerata come una *variabile casuale*, la quale, conseguentemente, dovrà essere stimata relativamente ad un livello di probabilità che essa ha di non essere superata o, meglio ancora, relativamente ad un periodo di tempo (detto *tempo di ritorno*) che intercorre, in media, tra due eventi in cui il valore di tale portata viene superato.

Il calcolo della portata di massima piena viene eseguita mediante l'analisi probabilistica delle precipitazioni in riferimento alle cosiddette *curve di possibilità pluviometrica*. Per la determinazione dei tempi di corrivazione dei due bacini idrografici, essendo gli stessi considerati di piccole dimensioni, si adotta la relazione matematica proposta da Kirpich (T_c):

$$t_{ch} = KL^{0.770} S^{-0.385}$$

dove le variabili del bacino sono:

Tc (min) = tempo di corrivazione;

K = fattore di conversione che vale 0.0195 per le unità del SI o 0.0078 per unità US

L (m) = distanza massima percorsa dall'acqua;

S = pendenza tra il punto più alto e la sezione di chiusura del bacino: $S = H/L$

H (m) = differenza di quota tra il punto più lontano del bacino e la sezione di chiusura;

Dati i valori di partenza il tempo di corrivazione calcolato per i differenti bacini in oggetto risulta essere pari a:

AREA DEL BACINO IMBRIFERO SOTTESO (Km2)					
Sup	-	-			
0.255					-
LUNGHEZZA ASTA VALLIVA PRINCIPALE (Km)					
L	-	-			
0.85					-
ALTITUDINE MEDIA DEL BACINO (metri)					
Hm	-	-			
88.09					-
ALTITUDINE DELLA SEZIONE DI CHIUSURA (metri)					
Hmin	-	-			
83.67					-
ALTITUDINE MASSIMA DEL BACINO (metri)					
Hmx	-	-			
92.72					-
Differenza Hmax-Hmin (metri)					
DH	-	-			
9.05					-
Pendenza					
P	-	-			
0.011					-
TEMPI DI CORRIVAZIONE Kirpich "Tc" (ore)					
Tc	-	-			
0.3366					-

Per il calcolo della portata massima di piena per assegnati tempi di ritorno si è

adottato il Metodo Razionale.

Al fine di fornire i parametri utili per il dimensionamento delle opere di attraversamento lungo le aste impluviali, ed altresì per le opere di smaltimento delle acque lungo le stesse, sono state determinate le Q_{\max} (portate di massima piena/colmo) attese per diversi tempi di ritorno.

$$Q = \frac{\varphi \cdot h'_{Tc} \cdot A}{3.6 \cdot Tc}$$

con :

φ =	coefficiente di deflusso
$h_{(t,T)}$ =	altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)
S =	superficie del bacino (km ²)
t_c =	tempo di corrivazione (ore)
$3,6$ =	fattore di conversione che permette di ottenere la Q_{\max} in m ³ /sec

La presenza dell'opera di progetto nel suo complesso determinerà una potenziale variazione del coefficiente di deflusso in relazione alla presenza delle aree che determineranno una riduzione della permeabilità del sito in esame. L'allegato 2 del D.D.G. n. 102 / 2021, nell'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica, definisce i coefficienti di deflusso per tipologia di suolo determinando un valore ante opera di $\varphi_a = 0,0$ per la tipologia di suolo Incolto e Uso Agricolo.

Per il calcolo del coefficiente di deflusso φ sarà possibile adoperare una metodologia approfondita basata sulle più diffuse formule dei manuali tecnici di idrologia e idraulica, che tengono in considerazione l'umidità iniziale del terreno (grado di saturazione), la porosità, la pendenza, la copertura vegetale, ecc. (ad es.: metodo del Curve Number, equazione di Horton, metodo Green-Ampton, metodo Kennessey, ecc.). In alternativa, si dovranno utilizzare i seguenti coefficienti φ per tipologia di suolo:

- | | |
|---|-----|
| • <i>Superfici Impermeabili</i> | 1,0 |
| • <i>Pavimentazioni Drenanti o Semipermeabili</i> | 0,7 |
| • <i>Aree permeabili</i> | 0,3 |
| • <i>Incolto e Uso Agricolo</i> | 0,0 |

In relazione ai dati di partenza si otterrà un valore di deflusso ponderato in condizioni post operam pari a $\varphi_p = 0,197$. Ai fini dell'analisi dell'invarianza idraulica i calcoli per il dimensionamento dei processi di laminazione sono stati eseguiti considerando un coefficiente di deflusso post opera per tutti e tre i sottocampi ulteriormente cautelativo pari a $\varphi_f = 0,30$ da cui la differenza del coefficiente di deflusso post opera e ante opera è pari a $\Delta\varphi (\varphi_f - \varphi_a) = 0,3$.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche del bacino e le portate di piena attese per diversi tempi di ritorno.

CARATTERISTICHE BACINO IDROGRAFICO					
PARAMETRO			simbolo	valore	Unità di misura
Superficie del Bacino			S =	0.255	Km²
Lunghezza percorso idraulico principale			L =	0.850	Km
Altitudine max percorso idraulico			Hmax =	92,72	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico			H0 =	83,67	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico			P =	0,011	(m/m)
Altitudine media bacino			Hm =	88,09	m (s.l.m.)
Dislivello bacino			Hmax - H0 =	9,05	m
PORTATE MASSIME DI PIENA					
Deflusso ϕ		0,30	S (km²)	0.255	tc (ore) = 0.3366
Tr (anni)	a	n	tc (ore)	h(t,T) (mm)	Qmax (m³/sec)
100	61.515750	0.3045955	0.3366	44.15	2.79
80	59.723547	0.3041816	0.3366	42.88	2.71
50	55.939474	0.3032165	0.3366	40.21	2.54
30	51.805187	0.3019932	0.3366	37.29	2.35
20	48.497805	0.3008566	0.3366	34.95	2.21
10	42.748378	0.2984371	0.3366	30.89	1.95

PROGETTO DELLE OPERE INVARIANZA IDRAULICA

In questo paragrafo sono analizzate le valutazioni e/o i calcoli del processo di laminazione negli invasi dimensionati per lo smaltimento delle acque meteoriche.

L'assenza di un ben definito reticolo idrografico nei tre sottocampi non consente di individuare idonei corpi ricettori capaci di drenare superficialmente gli eccessi idrici. La scelta progettuale per ottemperare a quanto disposto nel D.D.G. n. 102/2021 è quindi ricaduta sul conferimento a gravità dell'acqua piovana entro una serie di pozzi disperdenti che saranno realizzati nelle aree a verde al fine di garantire i principi dell'invarianza idraulica, grazie anche alle caratteristiche litotecniche dei terreni che, presentando una alta permeabilità, ne consentono lo smaltimento.

Da un punto di vista costruttivo, i pozzi d'infiltrazione sono costituiti da un condotto, senza fondo, che penetra in verticale, sotto la superficie del suolo, in modo da interessare strati particolarmente assorbenti. Sui lati sono previste delle finestrate, in comunicazione con appositi drenaggi, attraverso i quali l'acqua percola, infiltrandosi nel terreno. La Figura 11 riporta la sezione di un tipico pozzo d'infiltrazione.

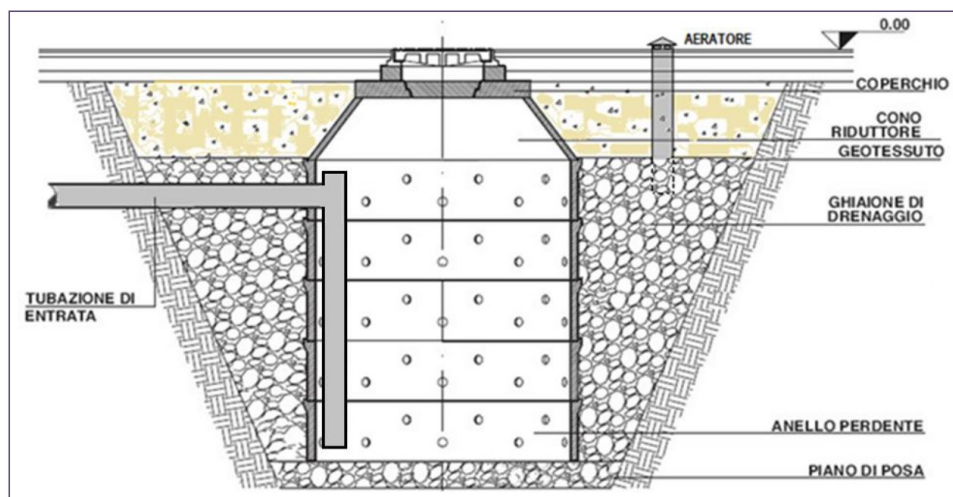
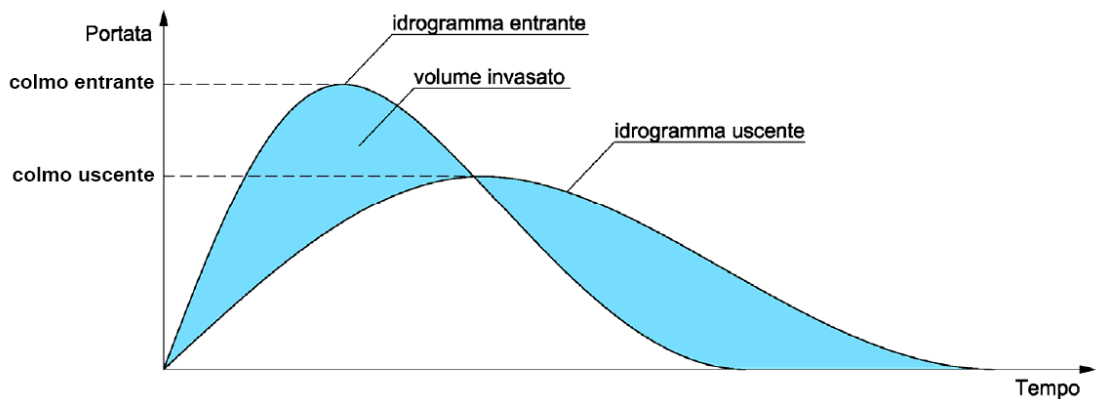


Figura 13 - Configurazione di pozzo d'infiltrazione e stoccaggio

Sul fondo deve essere posto uno strato di ghiaione di drenaggio seguito da uno strato di terreno a granulometria fine, a protezione della falda, in modo che si possano attivare i fenomeni di autodepurazione, tipici della percolazione, in terreno non saturo.

DIMENSIONAMENTO POZZI PERDENTI

Il volume dell'onda di piena entrante nell'invaso e il volume dell'onda laminata uscente dall'invaso sono uguali fra loro, cambiando solo il tempo di entrata e di uscita del volume d'acqua.



La risposta idrologica del sistema è quindi estremamente semplificata trascurando tutti i processi di trasformazione afflussi-deflussi (Routing): permane unicamente la determinazione della precipitazione efficace (separazione dei deflussi) ottenuta con il metodo del coefficiente di afflusso.

Una soluzione classica, per pozzi d'infiltrazione a simmetria assiale, inseriti in un suolo omogeneo, è quella indicata dalla equazione proposta da F. Sieker [1984]ⁱ:

$$Q_f = \frac{K}{2} \cdot J \cdot A_f = 3.600 \cdot \frac{K}{2} \cdot \left(\frac{L + h_w}{L + \frac{h_w}{2}} \right) \cdot A_f \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Con:

K = coefficiente di permeabilità (m/sec)

A_f = superficie di filtrazione del pozzo (mq)

J = cadente piezometrica (m/m) che si può determinare con la relazione:

$J = [L + h_w] / [L + (h_w/2)]$ essendo L il dislivello tra il fondo del pozzo e il sottostante livello della falda e h_w il livello idrico del pozzo .

ⁱ F. Sieker (1984): "Stormwater infiltration in urban areas", *Proceedings of the Third International Conference on Urban Storm drainage*, Goteborg.

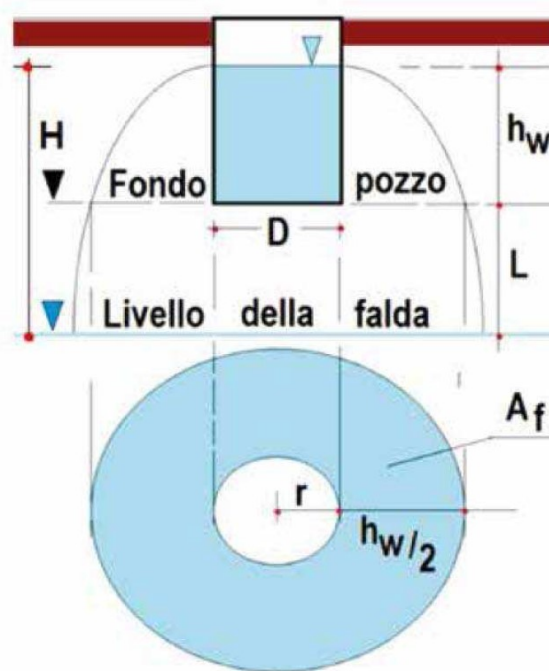


Figura 14 - Schema di pozzo di infiltrazione secondo F. Sieker

Il calcolo dell'area efficace di drenaggio, si ottiene dalla relazione geometrica:

$$A_f = \frac{\pi}{4} \cdot [(D + h_w)^2 - D^2] \text{ [m}^2\text{]}$$

Da un punto di vista idraulico, i pozzi di infiltrazione sono dei bacini artificiali cilindrici, realizzati allo scopo di smaltire le portate di piena, entro limiti prefissati, dipendenti dalla conducibilità idraulica del terreno.

Considerando la realizzazione di pozzi perdenti con diametro $D = 2,0$ m ed altezza dello strato drenante $z = 4$ m, si può determinare $A_f = 25,12$ mq mentre il pozzo avrà una capacità di 12,56 mc.

Considerando una soggiacenza media della falda di 15 m dal piano campagna, si determina $L = 12$ m e pertanto $J = 1,11$

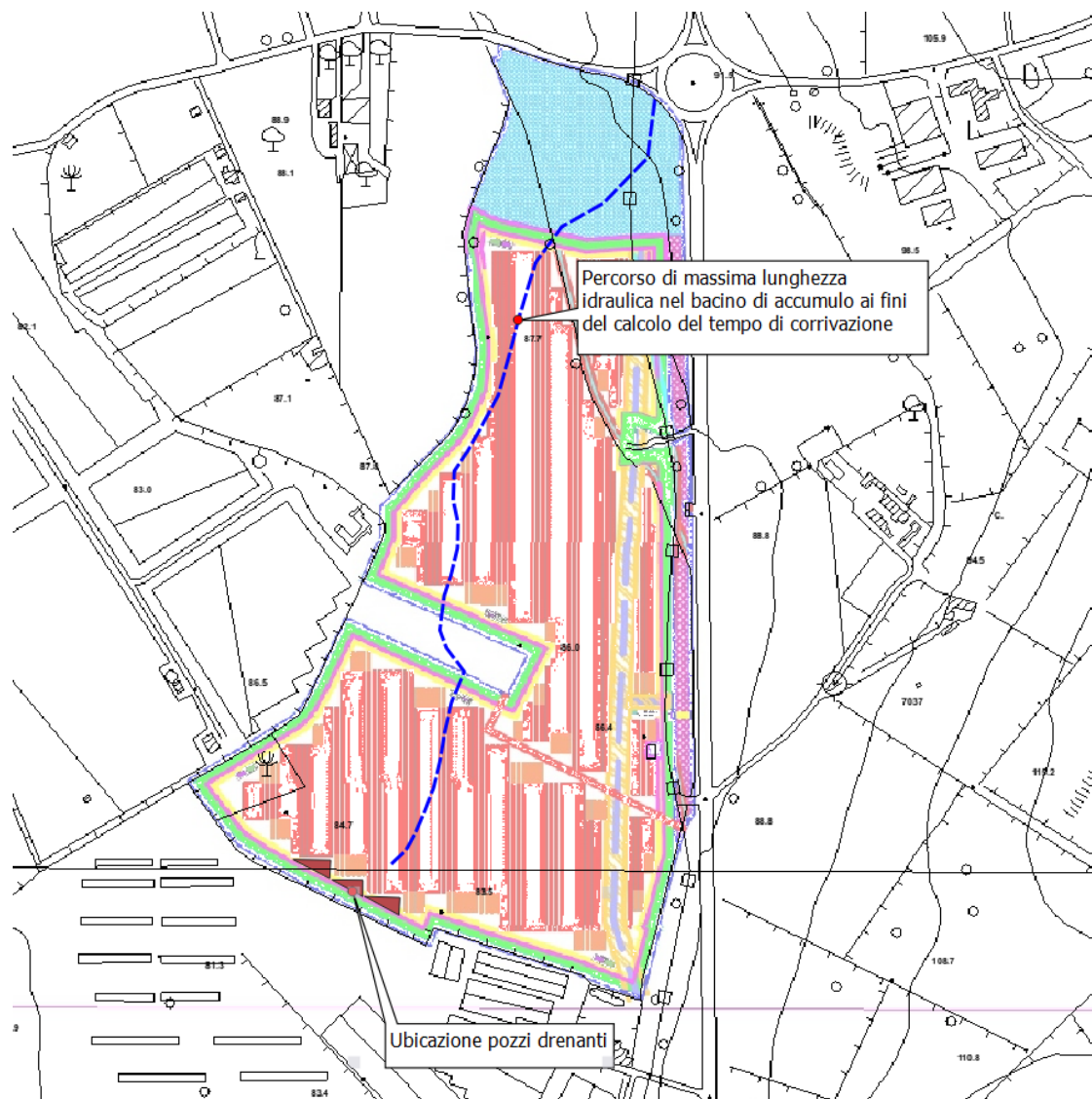
Come valore del coefficiente di permeabilità k si assume un valore di 10^{-2} m/s in quanto più realistico e aderente alla situazione stratigrafica rilevata in sito.

La portata smaltita per filtrazione per ogni singolo pozzo drenante vale pertanto:
 $Q_f = 10^{-2} \times 1,11 \times 25,12 = 0,2788 \text{ mc/sec.}$

Considerando le portate critiche si generano in caso di eventi eccezionali con un periodo di ritorno di 50 anni come sopra determinato si otterrà quindi:

Bacino	Portata critica (mc/s)	Portata smaltita per singolo pozzo (mc/s)	Numero pozzi	Numero pozzi arrotondato
	2,54	0,2788	9,11	10

Poiché l'area presenta una modesta pendenza diretta verso sud sarà utile realizzare i pozzi drenanti nelle parti estreme poste a sud al fine di meglio captare le acque di scorrimento superficiale avendo l'accortezza di realizzare le batterie dei pozzi con una distanza dei pozzi tra loro non inferiore a 4 volte il loro diametro. La realizzazione dei pozzi drenanti garantirà il principio dell'invarianza idraulica anche in occasione di eventi eccezionali.



Programma di manutenzione

Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporali o in date prefissate, al fine di una corretta gestione dei due pozzi di dispersione. Esso si articola in due sottoprogrammi:

a) sottoprogramma controlli, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli periodici al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita dei bacini di laminazione;

b) sottoprogramma interventi di manutenzione, che comporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione per una corretta conservazione dell'efficienza delle opere in progetto.

Sottoprogramma controlli: prevede l'esecuzione di visite ispettive periodiche, da effettuare a cura del personale tecnico in servizio, con sopralluoghi d'ufficio eseguiti in occasione di significativi eventi atmosferici tali da provocare condizioni di piena dei pozzi, o in conseguenza di segnalazioni specifiche di soggetti pubblici e privati. Ad ogni modo va sempre effettuata almeno un'ispezione annuale nel periodo estivo ovvero quando i pozzi sono asciutti, in quanto in tali condizioni di migliore visibilità è più agevole controllare lo stato di conservazione dei manufatti, ovvero se si siano verificati fenomeni di instabilità, o un eccessivo accumulo di materiale litoide o di altro genere che possano ostruire la regolare dispersione delle acque.

Sottoprogramma interventi di manutenzione: prevede un calendario degli interventi manutentivi periodici per la pulizia dei pozzi di dispersione, dei canali di deflusso, in quanto tali lavori devono necessariamente avere una ciclicità pressoché regolare onde garantire il mantenimento della funzionalità del naturale deflusso delle acque. A tal fine si prevede il seguente scadenziario riferito alla loro gestione ordinaria:

1. se nel tempo si verificano significativi periodi di siccità, la cadenza degli interventi di pulizia dovrà essere annuale;
2. se l'intensità delle precipitazioni atmosferiche rientra nella media stagionale per i vari periodi dell'anno, le operazioni di pulizia avranno cadenza semestrale.

Come già esposto in precedenza, lo stato di funzionalità dei pozzi di dispersione è strettamente correlato agli eventi naturali climatici. Pertanto, qualora si verificano avvenimenti pregiudizievoli eccezionali, sia per cause naturali che antropiche, saranno

previsti appositi interventi all'occorrenza in condizioni di straordinarietà che, per tale motivo, non sono prevedibili e quindi non programmabili.

Controlli e monitoraggi

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di una centralina di misurazione delle principali variabili meteorologiche (temperatura, piovosità, pressione, umidità, grado di insolazione, ecc) gestibile da remoto per il controllo delle più importanti variabili meteorologiche e principalmente la piovosità istantanea ed accumulata, parametri necessari per definire gli afflussi idrici nell'area in esame. In tal modo potranno essere costantemente monitorati i dati di afflusso e deflusso idrico nei bacini in esame per la valutazione del corretto funzionamento dei pozzi di dispersione.

Conclusioni

Per quanto esposto e argomentato nella presente relazione idrologica ed alla luce degli interventi adottati si ritiene che le opere previste in progetto rispettano il principio di invarianza idraulica e non amplificano eventuali insufficienze idrauliche nel reticolo idrografico di valle rendendo totalmente compatibile l'installazione dell'impianto fotovoltaico in progetto con l'assetto idrogeologico, idrologico e geomorfologico locale.

Il geologo

Dr. Geol. Marcello Frangiamone

