



Comune di Villacidro

Provincia del Sud Sardegna

Regione Sardegna



PROGETTO INTEGRATO DI PRODUZIONE ENERGETICA E AGRICOLA "VILLACIDRO" POTENZA AC 12 MW

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE

Edpr Sardegna S.r.l.

Via Roberto Lepetit 8/10

20124 - Milano



OGGETTO

D2 - STUDI GEOLOGICI E GEOTECNICI

RELAZIONE GEOLOGICA

TIMBRI E FIRME



VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO

VIA IS MAGLIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI

TEL. +39 011 43 77 242

studiorosso@legalmail.it

info@sria.it

www.sria.it

dott. ing. Roberto SESENNA
Ordine degli ingegneri Provincia di Torino
Posizione n.8530J
Cod. Fisc. SSN RRT 75B12 C665C

dott. ing. Giorgio Efisio DEMURTAS
Ordine degli Ingegneri Provincia di Cagliari
Posizione n.5500
Cod. Fisc. DMR GGF 75L27 E441L

dott. geol. Francesca DEMURTAS
Ordine dei Geologi Regione Sardegna
Posizione n.644
Cod. Fisc. DMR FNC 79S55 E441X

CONSULENZA

Coordinatore e responsabile delle attività:



Studio Gioed

VIA IS MIRRONIS N. 178 - 09121 - CAGLIARI

Dott. ing. Giorgio Efisio DEMURTAS

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE	
DATA	AGO2022	
COD. LAVORO	528/SR22	
TIPOL. LAVORO	D	
SETTORE	G	
N. ATTIVITA'	02	
TIPOL. ELAB.	RS	
TIPOL. DOC.	E	
ID ELABORATO	1	
VERSIONE	0	

REDATTO

geol. Francesca DEMURTAS

CONTROLLATO

ing. Roberto SESENNA

APPROVATO

Dott. ing. Giorgio Efisio DEMURTAS

ELABORATO

D2.1



INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E VINCOLISTICO	3
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
2.2 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) E VINCOLO IDROGEOLOGICO	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA	5
3.1 ASSETTO GEOLOGICO E STRUTTURALE DI INQUADRAMENTO	5
3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	5
3.3 CARATTERI STRATIGRAFICI ED IDROGEOLOGICI DELL'AREA	6
3.3.1 <i>Stratigrafia</i>	6
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	8
4.1 CENNI METEO - CLIMATICI	8
4.2 CARATTERI IDROGEOLOGICI DEI TERRENI E SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA.....	9
4.2.1 <i>Caratteristiche della falda acquifera</i>	9
4.3 INTERFERENZE IDROGEOLOGICA LOCALE – OPERE IN PROGETTO	11
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E MODELLO GEOLOGICO	13
5.1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE	13
5.2 MODELLO GEOLOGICO E CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE	13
5.2.1 <i>Alluvioni sabbioso ghiaiose</i>	13
5.2.2 <i>Alluvioni ghiaiose in matrice sabbioso limosa</i>	14
5.2.3 <i>Alluvioni sabbioso limose</i>	14
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	15



1. PREMESSA

Il presente studio è parte integrante del progetto definitivo relativo al progetto integrato di produzione energetica e agricola "VILLACIDRO" sito nel Comune di Villacidro nella provincia del Sud Sardegna.

L'impianto agrivoltaico denominato "Villacidro" è progettato per produrre energia elettrica da fonte solare fotovoltaica in collegamento alla rete MT di E-distribuzione (impianto grid – connected).

L'impianto sarà costituito da due sezioni, Villacidro 1 e Villacidro 2 con due soluzioni tecniche di connessioni differenti. Entrambe le sezioni saranno a loro volta suddivise in due sottocampi.

Lo studio che segue si propone di caratterizzare i terreni di sviluppo del progetto e di valutarne l'idoneità dal punto di vista geologico, morfologico, idrogeologico e stratigrafico.

L'analisi qui descritta, nella presente fase progettuale, è stata basata sulla raccolta preliminare di dati bibliografici e su un accurato rilevamento di campagna che ha consentito di determinare le litologie affioranti nel territorio, nonché uno studio topografico e, attraverso dati di bibliografia precedentemente acquisiti, la ricostruzione della stratigrafia del terreno. E' stata presa visione della cartografia geologica disponibile: Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000 e 1:100.000, carte fotogrammetriche storiche e carte topografiche in scala 1:25.000 e 1:10.000.

I rilievi e le osservazioni dirette in situ, unitamente alle informazioni acquisite di carattere bibliografico di studi precedenti effettuati nella zona, hanno permesso di chiarire la situazione geologica di superficie e di definire i caratteri geomorfologici dell'area, ritenute più che sufficienti per le esigenze di progetto nella presente fase autorizzativa. Per la progettazione esecutiva sarà necessario tuttavia procedere con indagini geognostiche dirette e specifiche, al fine della caratterizzazione e modellazione geologica del sito, a norma di quanto richiesto dal Testo Unico "Norme tecniche per le costruzioni" NTC 2018, al paragrafo 6.2.1. che individua le fasi riguardanti la caratterizzazione e modellazione geologica del sito, nonché dalla Circolare esplicativa del Consiglio Sup. dei LL PP del 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'Applicazione delle NTC 2018".

I dati raccolti sono stati restituiti in forma cartografica, utilizzando come base la cartografia tecnica della Regione Sardegna alla scala 1:10.000.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E VINCOLISTICO

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è individuata nella regione storica del Medio - Campidano, nella zona centro occidentale della Sardegna; il parco fotovoltaico in progetto è ubicato in comune di Villacidro, su un terreno agricolo posto a quota 100 m s.l.m., circa 2,5 km a sud est dalla zona industriale.

Cartograficamente il territorio ricade:

- nel foglio 547 Tavola III, dell'I.G.M.I. in scala 1:25.000,
- nelle sezioni 547 100 "Podere San Michele" della cartografia tecnica della Regione Sardegna in scala 1:10.000,
- nel foglio 547 "Villacidro" della cartografia geologica ufficiale in scala 1:50.000 (Progetto CARG) e Fogli 224 - 225 "Capo Pecora - Guspini" della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000.

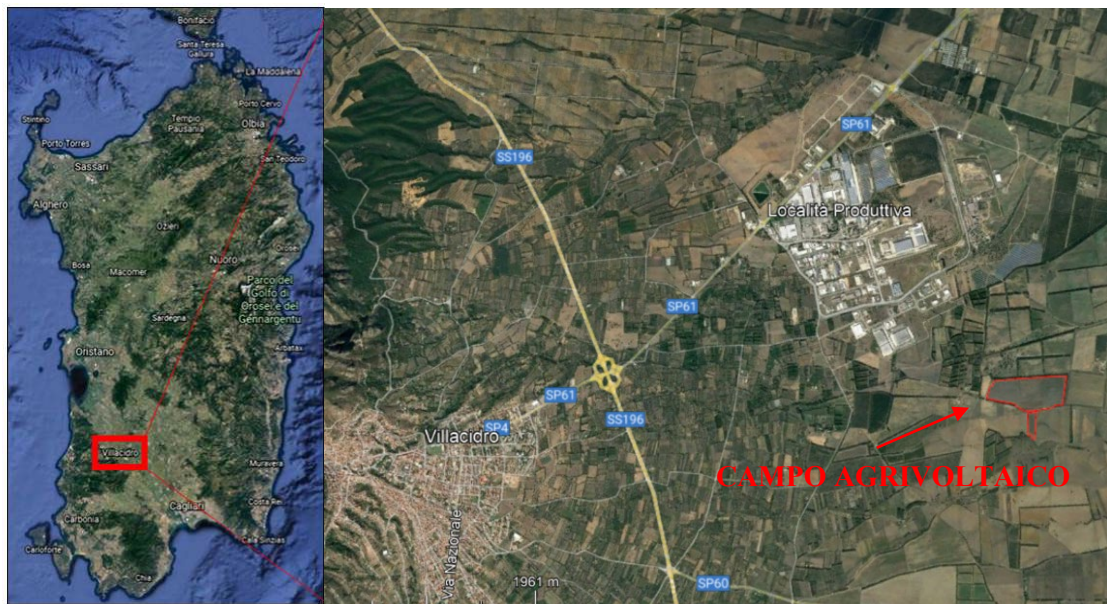


Figura 1 – Inquadratura areale su foto aerea dell'area di progetto (Fonte Google Maps 2020)

2.2 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) E VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il lotto dove viene proposto il parco agro voltaico in progetto non ricade in alcuna area perimetrata dal PAI, Piano di assetto idrogeologico della Regione Sardegna, - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni, né per quanto riguarda la pericolosità da frana, né per la pericolosità idraulica. L'unica parte del parco che ricade all'interno

della perimetrazione delle fasce fluviali in fascia H1 a moderata pericolosità idraulica è una piccola parte dell'elettrodotto di collegamento alla sottostazione elettrica, nel settore nord-ovest, che attraversa il Flumini Mannu di Pabillonis. Il campo agrovoltaiico è invece esterno alle fasce di pericolosità idraulica.

Il settore di indagine non è soggetto a Vincolo Idrogeologico, ai sensi del R.D. 3267/1923 (art. 1 RD 3267/1923 e art. 18 L 991/1952).

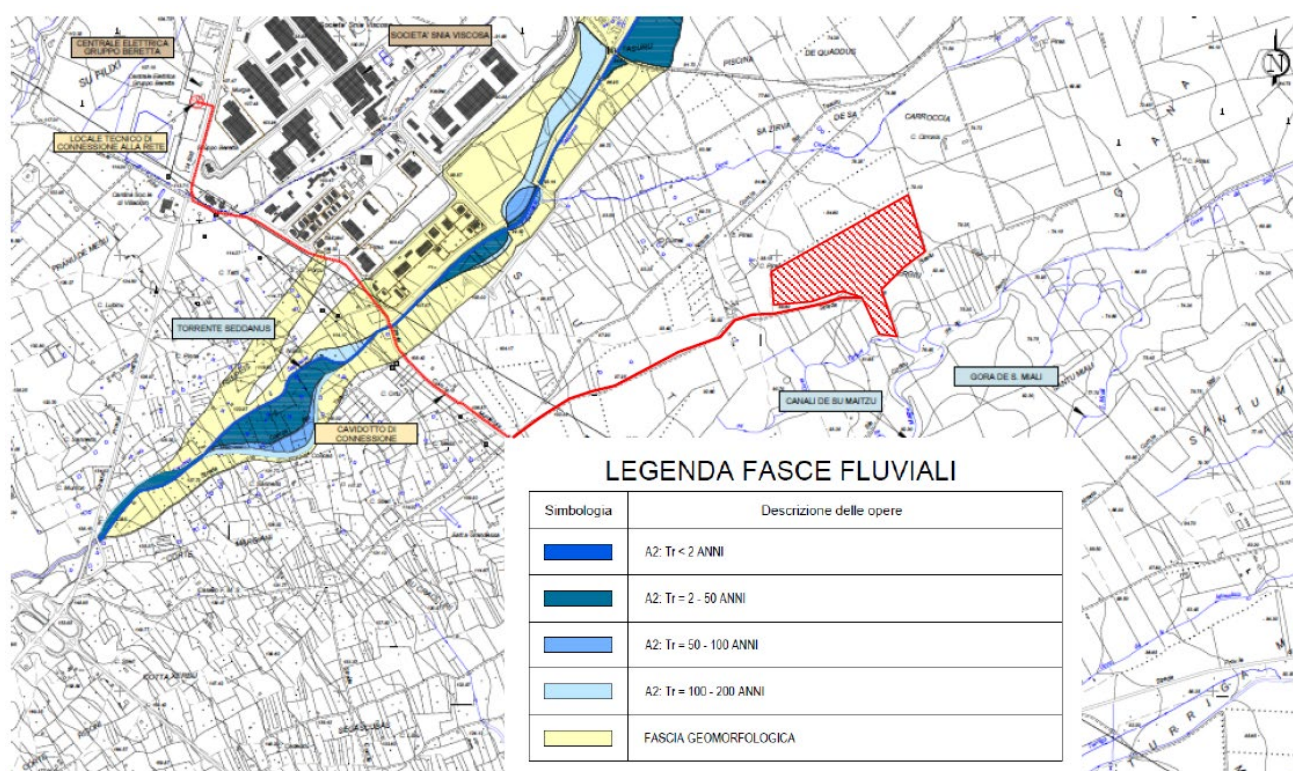


Figura 2 – Perimetrazione delle fasce fluviali del Flumini Mannu di Pabillonis. Un piccolo tratto dell'elettrodotto ricade nella fascia C geomorfologica.



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

3.1 ASSETTO GEOLOGICO E STRUTTURALE DI INQUADRAMENTO

Il territorio oggetto di indagine ricade geologicamente nel settore meridionale della fossa tettonica Plio-quadernaria del Campidano, ampia valle tettonica che si estende per una lunghezza di circa 100 km dal Golfo di Cagliari al Golfo di Oristano, con direzione NW-SE. Il bordo occidentale di questo importante basso strutturale (*graben*) è delimitato da una serie di faglie parallele (Faglia del Campidano con direzione NW-SE), immergenti verso ENE, che ha portato ad un approfondimento del settore di circa 500 m, stimato da alcuni studiosi sulla base di alcuni pozzi profondi¹ eseguiti in prossimità di Villasor, in località *Sa Serra*, a Sud Est dell'abitato. Tale fossa è stata successivamente colmata da un'importante sequenza sedimentaria di depositi alluvionali, palustri e marini, afferenti all'epoca quadernaria. Nei lati della fossa tettonica, in rialzo morfologico, rinvencono nel bordo occidentale (regione del Sulcis Iglesiente) le rocce del basamento paleozoico con subordinati affioramenti di rocce mesozoiche e cenozoiche. Il bordo orientale è invece rappresentato dalle colline terziarie del Medio Campidano, costituite in prevalenza da depositi continentali e marini di epoca terziaria.

Il sistema di faglie del Semigraben del Campidano è senz'altro il più importante dell'area indagata, ma la bibliografia presenta altri sistemi di faglie dirette, ancora riferibili alla tettonica pliocenica, con andamento circa E-W e perpendicolare N-S, che determinano le discontinuità dei rilievi occidentali paleozoici e su cui si imposta il reticolo idrografico minore.

Nel dettaglio il territorio comunale di Villacidro, nonché il settore di intervento, si sviluppa dunque nell'area di raccordo tra il bordo dei rilievi occidentali e l'area di pianura, ove si rinvencono depositi di versante e conoidi detritici eluvio colluviali dovuti allo smantellamento dei rilievi paleozoici, che nell'area di interesse presentano forme collinari arrotondate, con deboli pendenze (20-25%). Tali depositi afferiscono al Subsistema di Portoscuso (Sistema di Portovesme) che, come da Carta geologica ufficiale sono caratterizzati da ghiaie e sabbie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie, riferibili al Pleistocene superiore. Il settore più a valle, pianeggiante, dove ha sede il terreno oggetto di sviluppo del parco fotovoltaico in progetto, ricade invece nei depositi alluvionali terrazzati Olocenici.

3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di sviluppo del parco fotovoltaico è individuata morfologicamente nel settore di pianura alluvionale terrazzata del basso Campidano, di ambiente fluviale e/o lacustre recente.

¹ Pecorini G., Pomesano Cherchi A. 1962 – *Ricerche Geologiche e Biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna)*. Mem. Soc. Geol. It., 8; pp. 421-451.



Il territorio è caratterizzato da un'ampia distesa sub-pianeggiante, colmata da depositi alluvionali terrazzati, debolmente inclinata verso SE, modellata essenzialmente dai processi fluviali del *Riu Flumini Mannu*, principale corso d'acqua che attraversa la Piana del Campidano con direzione NNW - SSE. La piana in studio è drenata dai corsi d'acqua affluenti del citato *Riu Flumini Mannu* in destra idrografica, che presentano un andamento perpendicolare al corso d'acqua principale WSW-ENE, quali "*Su canali de su Maitzu*" a sud, e "*Sa Gora sa Garroccia*" a nord; in generale però la rete di dreno superficiale è stata rettificata con canali artificiali, nell'ambito dei lavori di bonifica dell'area per l'intensa attività agricola praticata nel territorio.

3.3 CARATTERI STRATIGRAFICI ED IDROGEOLOGICI DELL'AREA

I terreni su cui andranno realizzati gli interventi sono caratterizzati da Sedimenti alluvionali terrazzati, sabbiosi e ghiaiosi, con elementi ciottolosi: essi affiorano estesamente in tutta l'area, ricoprono i sedimenti ghiaiosi pleistocenici del sistema di Portovesme, e sono ricoperti da depositi alluvionali attuali e subattuali.

La loro genesi è da ricondursi ad un sistema di conoide e di piana alluvionale del Torrente Leni, affluente in destra del Flumini Mannu che scorre a sud dell'area indagata, i cui depositi, provenienti dai rilievi sud occidentali, sono stati ridistribuiti lungo tutta la pianura alluvionale e sono stati interessati da importanti eventi di incisione e successiva rideposizione.

Essi sono caratterizzati principalmente da ghiaie a stratificazione incrociata alternate a ghiaie a stratificazione piano parallela, deposte da corsi d'acqua con aumentata sinuosità e con elevato carico solido. Talvolta nelle sequenze stratigrafiche sono presenti livelli sabbiosi o livelli sottili pedogenizzati di suoli poco sviluppati.

In tali depositi terrazzati, è presente superficialmente una debole alterazione, rappresentata da suoli cambici: la natura silicatica della maggior parte dei sedimenti ha permesso una accelerazione dei processi di alterazione di tipo chimico dei minerali primari.

Queste alluvioni sono sede dell'acquifero principale per l'area di interesse, poiché presentano caratteristiche di alta permeabilità.

Per quanto riguarda le criticità geologiche, data la conformazione sub-pianeggiante dell'area non sono presenti nel territorio pericolosità geomorfologiche legate a processi di instabilità. Dal punto di vista idraulico invece, l'area può essere soggetta ad inondazioni diffuse, legata proprio alla bassa permeabilità locale dei sedimenti più coesivi argilloso marnosi. La consultazione della cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna ha messo in evidenza che il sito di intervento --- appartenente al bacino denominato Sub-bacino Flumendosa Campidano Cixerri (N. 7) è esente da pericolosità di tipo geologico (Hg) ed idraulico (Hi).

3.3.1 Stratigrafia

La successione stratigrafica rilevata in situ, sulla base di documentazione bibliografica disponibile e dal rilievo diretto eseguito nei luoghi indagati, procedendo nella descrizione dai terreni più antichi verso quelli più recenti, risulta costituita da:

- **Depositi pleistocenici dell'area continentale (Subsistema di Portovesme):** essi sono caratterizzati dai depositi alluvionali pleistocenici (PVM₂), noti in letteratura come "Alluvioni antiche". Sono rappresentati da depositi di conoide alluvionale costituiti da ghiaie grossolane, talora blocchi, con spigoli da sub-angolosi a sub arrotondati, e subordinate sabbie grossolane. Tali depositi sono presenti esternamente all'area in esame, nel settore occidentale, più collinare, nelle aree di raccordo tra il rilievo e la pianura.
- **Depositi alluvionali terrazzati:** sono rappresentate dalle alluvioni fluviali più recenti, oloceniche, che affiorano in modo omogeneo entro il perimetro del lotto in studio: sono costituiti in prevalenza da sedimenti per lo più ghiaiosi (**b_{na}**), con elementi ciottolosi talora molto grossi ($\phi=15-25$ cm), presentano un addensamento molto elevato e coesione bassa o assente, con abbondante matrice sabbioso - limosa (**b_{nb}**) e localmente intercalati da lenti e/o livelli di limi argillosi (**b_{nc}**). Essi ricoprono i sedimenti ghiaiosi pleistocenici del sistema di Portovesme, e sono ricoperti da depositi alluvionali attuali e subattuali. Provengono dallo smantellamento del conoide e sono costituiti da ciottoli ben elaborati di rocce prevalentemente paleozoiche (quarziti, scisti, metamorfiti, granito). Lo spessore di questi sedimenti è difficilmente valutabile, ma in alcune sezioni, lungo le scarpate di erosione fluviale associate a dinamiche attuali, si mostra di ordine pluridecimetrico.

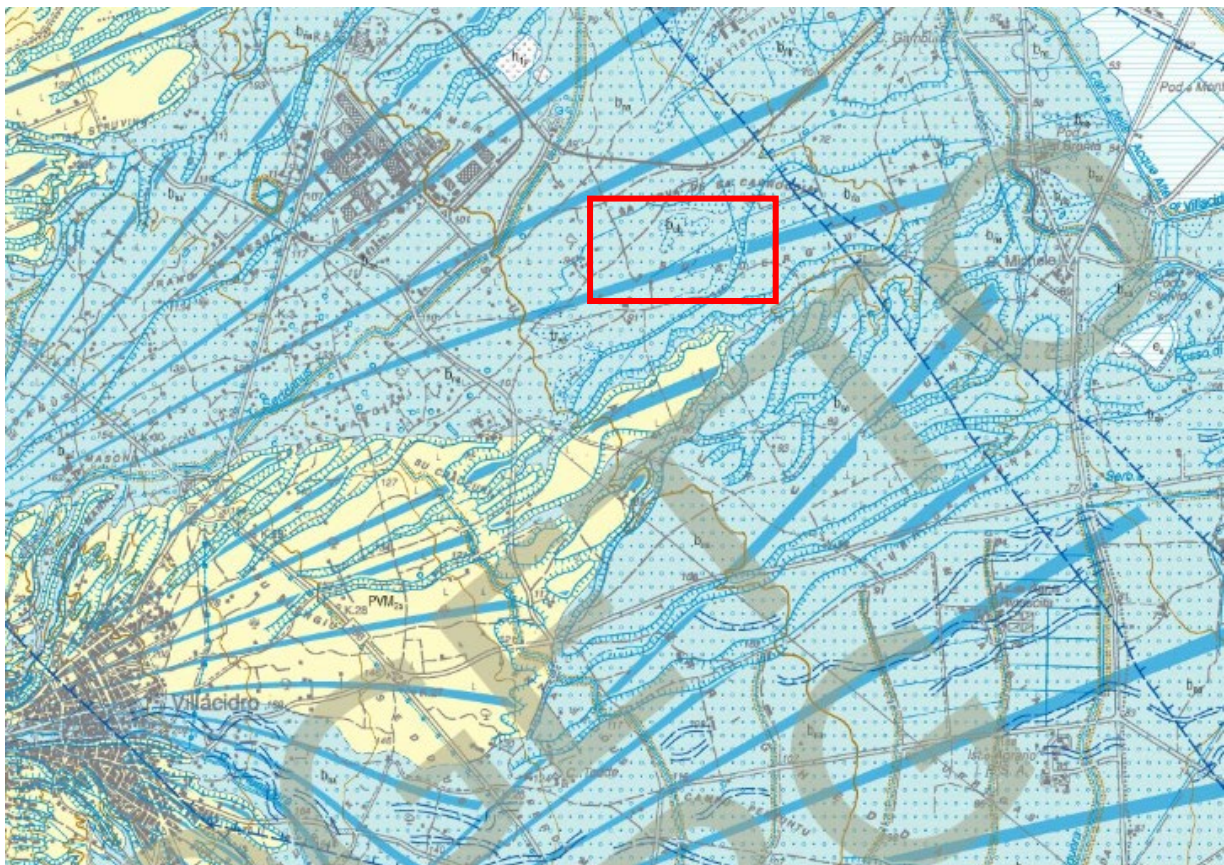


Figura 3 – Estratto del Foglio 547 "Villacidro" della Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 -

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

4.1 CENNI METEO - CLIMATICI

Da un punto di vista climatico il settore meridionale della regione è riconducibile al tipo mediterraneo di tipo sub-tropicale. Le precipitazioni sono concentrate nei mesi autunnali e invernali, con due picchi nei mesi di ottobre - novembre e febbraio, e valori minimi nel periodo estivo: l'apporto pluviometrico non è frequente, ma le precipitazioni hanno, per la gran parte, carattere temporalesco con episodi isolati e improvvisi che superano i 100 mm giornalieri. La media annuale, eseguita utilizzando i dati rilevati nella stazione pluviografica meteorologica di Decimomannu, sita all'aeroporto militare a circa 20 km dalla zona di interesse, è eseguita dalle medie di 29 anni di osservazione (1971-2001), raggiunge i 512 mm.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot.
Media pluviometria (mm)	44,1	61,5	51,8	51,4	27,2	17,5	4,0	10,5	39,2	58,2	90,1	56,6	512

Tabella 1: Dati pluviometrici relativi alla stazione di Decimomannu nel periodo 1971-2001.

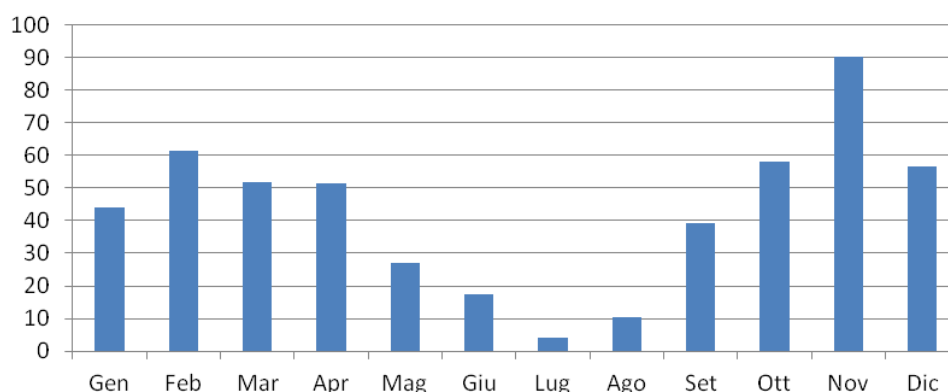


Figura 4: Andamento medio mensile delle precipitazioni.

I valori della temperatura media, riferiti alla medesima stazione di Decimomannu - aeroporto militare e rapportate agli stessi anni (1971-2001), mostrano valori massimi nei mesi di luglio e agosto pari a 24.9 e 25.5 °C, mentre il minimo valore della temperatura si registra a gennaio con 9.2 °C. La temperatura media annua è di 16.4 °C. Le temperature massime superano spesso i 40° e mediamente per circa 60 giorni si hanno temperature superiori ai 30° soprattutto tra fine Giugno e fine Agosto.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
Temperature medie mensili °C	9,2	9,6	11,1	13,4	17,5	21,6	24,9	25,5	22,4	18,1	13,3	10,4	16,4

Tabella 2. Dati termometrici relativi alla stazione di Decimomannu nel periodo 1971-2001



4.2 CARATTERI IDROGEOLOGICI DEI TERRENI E SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA

Come già accennato, il paesaggio presenta una morfologia di piana alluvionale, sub pianeggiante e blandamente degradante verso SE. Il reticolo idrografico superficiale, di tipo semplice, poco gerarchizzato e a carattere torrentizio, presenta un andamento pressoché rettilineo, con aste principali parallele fra loro, con direzione preferenziale circa da W-E o SW-NE oppure N-S, alcuni dei quali dovuti ai lavori di bonifica dell'area.

L'unità idrografica più importante è rappresentata dal *Riu Flumini Mannu* che scorre circa 10 km a est dell'area indagata, con andamento circa N-S, e sfocia dopo aver raccolto le acque dei suoi tributari nello stagno di Santa Gilla (Golfo di Cagliari). Si caratterizza per una lunghezza dell'asta principale pari a circa 96 km, e scorre per metà del suo corso in pianura. Il suo affluente principale in destra idrografica è il *Torrente Leni*, che scorre perpendicolarmente ad esso con direzione W-E, a sud dell'area indagata. Le caratteristiche geologico-stratigrafiche dei bacini, il grado di permeabilità delle formazioni e le pendenze dei tratti montani, conferiscono loro un regime torrentizio, con portate modeste per gran parte dell'anno e piene brevi ed intense concentrate a seguito di eventi di precipitazione improvvisi e di breve durata.

Dal punto di vista idrogeologico la circolazione idrica sotterranea è strettamente legata alle caratteristiche granulometriche dei sedimenti, che nel loro complesso presentano un'elevata permeabilità per porosità nei settori di piana alluvionale dove sono presenti i depositi olocenici, la cui sequenza deposizionale è costituita da sedimenti grossolani con prevalenza di tessitura ghiaioso - ciottolosa rispetto a quelli più fini, che consentono una buona capacità di immagazzinamento idrico, il cui sviluppo e spessore dipende dalla presenza di livelli più fini limoso argillosi più impermeabili. Nel settore in studio è dunque individuabile un unico Complesso idrogeologico, afferente alle alluvioni plio-quadernarie, che dal punto di vista litologico è rappresentato dai depositi detritici del Quaternario antico, recente ed attuale costituiti in prevalenza dalle alluvioni terrazzate del Pleistocene (PVM_2) e dell'Olocene (b_n), costituenti le conoidi alimentate dai rilievi montano - collinari bordieri, in facies sia ghiaioso-ciottolosa poligenica con matrice sabbioso limosa, siasabbioso - ghiaioso limosa e limo argillosa. Seguono tutti i depositi alluvionali recenti ed attuali (b) formanti la complessa rete di drenaggio superficiale attiva e inattiva costituita sempre da corpi detritici più o meno vasti e potenti nei quali sono distinguibili facies grossolane, intermedie e fini.

4.2.1 Caratteristiche della falda acquifera

A scala ampia la circolazione idrica sotterranea può essere rappresentata da una falda idrica superiore, a carattere freatico o semi freatico soggetta a variazioni sensibili della piezometrica in funzione della stagionalità, che interessa principalmente le unità detritiche Attuali e dell'Olocene recente, e una falda idrica più profonda confinata o semi confinata del tipo multi falda entro le unità afferenti al Pleistocene superiore e al Pliocene (laddove i sedimenti riferibili a quest'ultima sono presenti), le cui relazioni verticali e orizzontali tra i vari livelli saturi sono state ben studiate nel corso delle attività di ricerca idrica per vari utilizzi nonché per finalità scientifiche.

La permeabilità inoltre, fatte salve le variazioni di porosità indicate, connesse con la prevalenza o meno di granulometrie fini, intermedie e grossolane, risulta in genere maggiore nei depositi olocenici e attuali diminuendo in quelli del Pleistocene superiore e Pliocene in virtù dell'aumento graduale dell'addensamento e dei fenomeni diagenetici con la profondità.

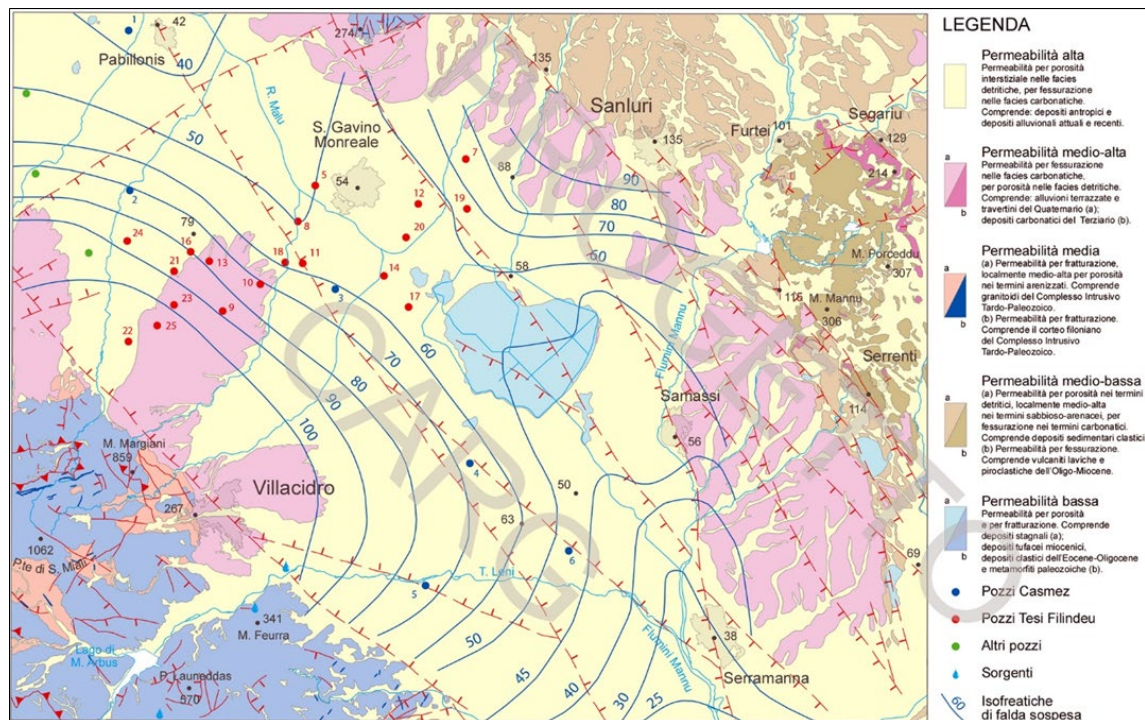


Figura 5 – Schema idrogeologico del settore centrale del Campidano (da Foglio 547, CARG)

L'area di indagine come si rileva nella figura precedente, è caratterizzata dai depositi alluvionali del Flumini Mannu e del Torrente Leni, articolati entrambi in diversi ordini di terrazzi. Quelli ubicati in destra idrografica del Flumini Mannu sono costituiti da prevalenti alluvioni ciottolose ad elementi di rocce del basamento metamorfico e intrusivo mentre quelli in sinistra da elementi provenienti anche dallo smantellamento della successione vulcano sedimentaria miocenica. Tuttavia i parametri idrodinamici non sembrano risentire della suddetta differenza compositiva; la porosità efficace, determinata con alcune prove di emungimento nel corso del rilevamento effettuato per la stesura del Foglio 547 "Villacidro" nel progetto CARG, è risultata tra il 10% e il 12% in entrambi i tipi di sedimento.

Da tali studi è emerso che il complesso alluvionale presenta una permeabilità per porosità complessivamente medio-alta in riferimento alle alluvioni terrazzate subattuali ciottolose e sabbiose, con matrice arenaceo-argillosa, che può subire sostanziali variazioni in funzione della maggiore o minore presenza di frazione argillosa. Le principali direzioni di deflusso convergono verso il corso d'acqua principale (Flumini Mannu) il cui subalveo drena le acque di falda del settore. Lo stesso andamento si rileva nel Canale Collettore Basso, un affluente artificiale del Flumini Mannu.



Nei pressi della zona indagata, nel settore prossimo alla Discarica Consortile a est della Z.I. di Villacidro sono presenti una quindicina di pozzi spia spinti sino ad una profondità massima di 15 m dal p.c., che garantiscono il sistema di monitoraggio della falda freatica, e indicano, entro tale profondità, la presenza di una irregolare distribuzione di piccole falde confinate e semiconfinate di scarsa produttività ($<< 0.5$ l/ec) che solo negli ultimi 2-3 m superficiali, assumono caratteri di circolazione idrica di tipo freatico.

Risulta invece importante, per produttività e spessore, il sistema multi falda che si intercetta sin da una profondità di circa 20-25 m e prosegue quasi ininterrottamente sino a 50-60 m dal p.c., oggetto di intenso sfruttamento mediante pozzi per uso irriguo in tutto il comparto agricolo con portate che talora raggiungono e superano i 7.0 l/sec. In ogni caso la presenza di numerosi setti argillo-limosi consistenti e di spessore plurimetrico garantisce, in genere, l'isolamento della falda idrica più profonda da quella più superficiale, piuttosto vulnerabile nei confronti dell'inquinamento a causa della forte pressione antropica.

Dagli studi citati la soggiacenza della falda più superficiale oscilla in tutta l'area della piana di Villacidro, tra circa -2 m e -5 m dal piano di campagna, con forti oscillazioni stagionali. Solo lungo le conoidi e sui terrazzi alluvionali più antichi la falda in alcuni casi risulta attestarsi a quote leggermente inferiori, comunque comprese entro i -10 e -15 m. Oltre i 20 m di profondità si incontra l'acquifero multi falda impostato nei depositi alluvionali a matrice sabbioso-limosa e cemento argilloso caratterizzato da uno spessore variabile che aumenta progressivamente raggiungendo profondità anche molto superiori ai 100 m nell'area al confine tra il comune di Villacidro, di Sanluri e di San Gavino Monreale.

4.3 INTERFERENZE IDROGEOLOGICA LOCALE – OPERE IN PROGETTO

Dall'analisi bibliografica e documentale effettuata per il sito di interesse, e da studi precedenti svolti nel territorio, nelle litologie più superficiali dell'area in esame è emerso la presenza di più falde idriche, una più superficiale, attestata tra i -2 e -5 m di profondità, e una più profonda attestata alla quota di circa -20 -25 m. La superficie piezometrica superficiale massima è individuata a circa 2 m.

Pertanto, le opere previste, ed in particolare i moduli dei pannelli fotovoltaici, poiché verranno attestati ad una profondità massima di -2 m, non interferiranno con la falda idrica superficiale, e più in generale con le condizioni idrogeologiche al contorno, riferibili agli acquiferi porosi di piana alluvionale.

Inoltre, la struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici, caratterizzata è prevista in acciaio zincato del tipo tracker ad infissione, senza opere di fondazione; pertanto, si ritiene che non andranno ad intaccare le caratteristiche di permeabilità e di più in generale le caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero negli strati più superficiali, tanto meno in quelli profondi.

Per quanto riguarda il tracciato del cavidotto, esso scorrerà ad una profondità media di 1 m, dunque i lavori in fase di esecuzione e di esercizio non intercetteranno la falda acquifera: si ritiene pertanto che l'opera non possa in alcun modo drenare la falda né interferire con il deflusso idrico superficiale.



Negli attraversamenti dei corsi d'acqua, in particolare sui canali ripartitori e i canali artificiali, gli attraversamenti verranno eseguiti mediante trivellazione orizzontale controllata (TOC) e i lavori così come previsti da progetto, non andranno a modificare o alterare le condizioni idrogeologiche e lo stato di equilibrio della matrice idrica.

In accordo con il Piano di tutela delle Acque della Regione Sardegna (Direttiva 2000/60/CE), i corpi idrici presenti saranno oggetto di analisi di monitoraggio in fase principalmente di esecuzione lavori del parco fotovoltaico, per il raggiungimento o mantenimento degli obiettivi di qualità fissati dal D.Lgs. 152/99 e suoi collegati, al fine di evitare impatti negativi che causino il deterioramento dello stato qualitativo e quantitativo degli stessi, e causino il mancato raggiungimento degli obiettivi di qualità.

In particolare il monitoraggio riguarderà la componente quantitativa di acqua utilizzata in fase di cantiere, e gli impatti derivanti dalle opere lineari di attraversamento dei corpi idrici.

Dall'analisi del progetto di realizzazione del Parco agrovoltico e del Piano di Tutela delle Acque, non emergono criticità relative alla realizzazione dell'impianto che possano essere in contrasto con gli obiettivi posti dal Piano di tutela delle acque. Infatti l'impianto non genera rischio di inquinamento durante il funzionamento, mentre in fase di cantiere verranno adottate tutte le misure di sicurezza al fine di evitare inquinamenti della matrice suolo, sottosuolo e acque sotterranee o comunque tutti gli accorgimenti al fine di evitare che sostanze potenzialmente inquinanti possano determinare l'inquinamento dell'acquifero.



5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E MODELLO GEOLOGICO

L'analisi geotecnica qui descritta, necessaria a definire le caratteristiche e i parametri meccanici dei terreni direttamente interessati alla posa delle strutture in progetto, è stata effettuata sulla base di studi e indagini geognostiche eseguiti in prossimità dell'area attuale di studio, e da dati bibliografici pubblicati per litologie simili.

La raccolta bibliografica, unitamente ai risultati del rilievo diretto in campagna e alle indagini geognostiche dirette in litologie simili, ha permesso di ipotizzare un modello geotecnico del terreno in esame, che ha portato all'individuazione di unità geotecniche considerate omogenee, in riferimento alla costituzione litostratigrafica e granulometrica dei terreni, e alle condizioni idrogeologiche dell'area. La valutazione e i parametri geotecnici qui proposti, che rappresentano una valutazione di massima, dovranno essere verificati puntualmente nelle successive fasi progettuali, attraverso indagini geognostiche dirette e indirette, necessarie a verificare la situazione litostratigrafica locale e a determinare i parametri geotecnici dei terreni direttamente interessati dalla posa delle opere di fondazione, per le verifiche geotecniche di progetto.

5.1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

Sulla base di precedenti studi, come detto effettuati nei pressi dell'area in esame e dai rilievi diretti eseguiti in situ, il sottosuolo interessato dalle opere in progetto è costituito, al di sotto di un debole strato di suolo pedogenizzato superficiale (0,40 - 0,50 m) da depositi alluvionali terrazzati, composti prevalentemente da livelli di sabbie e ghiaie ciottolose, da moderatamente addensati ad addensati, la cui genesi è da ricondursi all'attività fluviale con fasi più o meno intense di trasporto e deposizione, che determinano un'ampia variabilità tessiturale dei sedimenti sia in senso orizzontale che verticale, in cui si intercalano livelli di sabbie da ghiaiose a limose consistenti.

5.2 MODELLO GEOLOGICO E CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Di seguito vengono riportate le unità litologiche ritenute più significative ai fini progettuali, e per ciascuna vengono indicati i parametri geotecnici, ritenuti cautelativi, necessari per i calcoli di verifica geotecnica, desunti da studi precedenti effettuati nelle stesse litologie in aree limitrofe al sito di indagine e per confronto con dati di bibliografia.

5.2.1 Alluvioni sabbioso ghiaiose

Tali litologie si presentano da moderatamente a molto addensate, con elevata resistenza all'infissione.

- | | |
|---------------------------|--|
| • Peso di volume naturale | $PUV = 21,00 \div 22,00 \text{ kN/m}^3$ |
| • Peso di volume saturo | $PUV' = 11,00 \div 12,00 \text{ kN/m}^3$ |
| • Coesione | $c = 0$ |



- Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 34-36^\circ$

Modulo elastico $E_{el} = 270-300 \text{ N/cm}^2$

5.2.2 Alluvioni ghiaiose in matrice sabbioso limosa

Esse sono rappresentate da ghiaie con elementi clastici poligenici di dimensioni da pluricentrici a pluridecimetri fino a blocchi, immersi in matrice sabbioso limosa, a tratti debolmente ferrettizzata e argillificata. Presentano una elevata resistenza all'infissione.

- Peso di volume naturale $PUV = 21,50 \div 23,50 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume saturo $PUV' = 11,50 \div 13,50 \text{ kN/m}^3$
- Coesione drenata $c = 0,05-0,30 \text{ daN/cm}^2$
- Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 33-35^\circ$
- Modulo elastico $E_{el} = 200-300 \text{ N/cm}^2$

5.2.3 Alluvioni sabbioso limose

Tali litologie afferiscono a sabbie da fini a molto fini, moderatamente addensate, con matrice fine limosa in percentuale del 30%.

- Peso di volume naturale $PUV = 20,00 \div 21,00 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume saturo $PUV' = 10,00 \div 11,00 \text{ kN/m}^3$
- Coesione drenata $c = 0,20-0,30 \text{ daN/cm}^2$
- Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 32-34^\circ$
- Modulo elastico $E_{el} = 150-180 \text{ N/cm}^2$



6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nella presente relazione sono riportate le caratteristiche geologiche, stratigrafiche, morfologiche e idrogeologiche di massima dei terreni ospitanti le strutture per l'impianto fotovoltaico in progetto, le quali sono state ricavate mediante i rilievi di superficie eseguiti nell'area, la foto interpretazione, l'analisi cartografica dei dati di base e studi geologici eseguiti precedentemente in aree prossime all'area di indagine.

Da un punto di vista morfologico il settore di intervento si sviluppa alla base dell'area di raccordo tra il bordo dei rilievi del Sulcis Iglesiente e l'area di pianura della fossa del Campidano, nel settore prettamente pianeggiante, ampiamente colmato da depositi alluvionali terrazzati, provenienti in modo diretto dallo smantellamento e dall'azione erosiva dei corsi d'acqua dei rilievi paleozoici e dei depositi di versante e conoidi detritici eluvio colluviali.

Da un punto di vista geologico le litologie direttamente interessate dagli interventi sono terreni di origine sedimentaria, riconducibili a differenti fasi alluvionali succedutesi nel Quaternario, e legati prevalentemente all'azione di trasporto e deposizione fluviale. Si tratta dei "Depositi alluvionali terrazzati", rappresentati in prevalenza da ghiaie ciottolose con subordinate sabbie recenti, che localmente, sia verticalmente sia lateralmente, sono soggette a nette variazioni di addensamento, incoerenti o semi coerenti, dovute alla presenza in profondità di livelli più o meno consistenti, generalmente irregolari, di sedimenti più fini siltosi e argillosi, che ne determinano una estrema variabilità nelle caratteristiche geotecniche e di portanza.

Da un punto di vista idrogeologico il complesso alluvionale presenta una permeabilità per porosità complessivamente media in riferimento alle alluvioni terrazzate subattuali ciottolose e sabbiose, con matrice arenaceo-argillosa, che può subire sostanziali variazioni in funzione della maggiore o minore presenza di frazione argillosa. Tali sedimenti determinano la presenza di circolazione idrica e soggiacenza della falda più superficiale tra circa - 2 m e -5 m dal piano di campagna, con forti oscillazioni stagionali, e un sistema multi falda profondo che si intercetta sin da una profondità di circa 20-25 m e prosegue quasi ininterrottamente sino a 50-60 m dal p.c., oggetto di intenso sfruttamento mediante pozzi per uso irriguo in tutto il comparto agricolo con portate che talora raggiungono e superano i 7.0 l/sec. Dagli studi effettuati dunque si evidenzia che i lavori di scavo per la posa delle opere e gli interventi di progetto non interesseranno le falde acquifere superficiali, e non si avrà interazione e eventuali impatti tra i lavori e i corpi idrici presenti.

Dallo studio è emerso quanto segue:

- per quanto riguarda le criticità geologiche, data la conformazione sub pianeggiante dell'area, non son presenti pericolosità geomorfologiche legate a processi di instabilità tanto che nel suo insieme può essere considerata stabile.
- la tipologia di intervento in progetto, non invasiva, non comporta alterazioni sull'attuale assetto idrologico del territorio; tuttavia, dovrà essere curato il drenaggio delle acque superficiali, in particolare nelle piste e nelle strade di accesso, per scongiurare fenomeni di erosione.



- il progetto non prevede modifiche morfologiche rispetto all'assetto attuale.

- Si ritiene pertanto, vista l'estrema variabilità di tali depositi alluvionali, che siano necessarie analisi geognostiche e geotecniche specifiche, da eseguirsi nelle successive fasi progettuali, al fine di meglio individuare i caratteri litologici e stratigrafici, nonché le caratteristiche granulometriche e i parametri geotecnici necessari per le verifiche geotecniche di progetto.

Al fine di ricostruire un modello geologico dell'area nella presente fase progettuale, così come richiesto dal Testo Unico "Norme tecniche per le costruzioni" NTC 2018, per i calcoli preliminari sulle fondazioni delle opere di progetto, si è fatto riferimento a condizioni litostratigrafiche indagate su aree limitrofe alla zona attuale di studio. Le caratteristiche, estremamente cautelative per la determinazione dei parametri di riferimento, sono, come detto, da verificare nelle successive fasi progettuali.