

REGIONE SICILIANA

Città Metropolitana di Palermo

COMUNI DI CIMINNA

IMPIANTO AGRIVOLTAICO “CANALOTTO”

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW

Il progetto in studio rientra nella casistica di cui all'art 17/1/a - allegato 1/bis - D.L. 31/05/2021 n.77, come modificato dalla legge di conversione 29/07/2021 n.108 “opere, impianti e infrastrutture necessarie al raggiungimento degli obiettivi fissati dal PNIEC-PNRR”.



COMMITTENTE

DREN SOLARE 9 srl
Via Triboldi 4
260015 Soresina (CR)

PROGETTAZIONE

SPICHES srl
EMILY MIDDLETON & PARTNERS srl

GRUPPO DI LAVORO

Arch. Ing. Giuseppina Leone	PM e Progetto ambientale	giuseppinaleone@emilymiddleton.it
Ing. Vincenzo Buttice	Progetto opere civili	vincenzobuttice@emilymiddleton.it
Dott. Giuseppe Pecoraro	Consulenza pedoagronomica	giuseppepecoraro.agr@gmail.com
Dott. Marcello Militello	Consulenza geologica	marcellomilitello@hotmail.com
Dott. Federico Fazio	Consulenza archeologica	federico.fazio8@gmail.com
Geom. Ferdinando Guida	Consulenza Topografica	studioguida@hotmail.com

IDENTIFICATIVO FILE ELABORATO RS06REL0003A0

DESCRIZIONE ELABORATO RELAZIONE GEOTECNICA E STRUTTURALE

REV	DATA	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	Dicembre 2023	Emissione progetto definitivo	Ing. V. Buttice	Arch. Ing. G. Leone	DREN SOLARE 9



	Documentazione di progetto	
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

Sommario

Premessa	3
1. Quadro normativo	5
2. Inquadramento territoriale	6
3. Geologia dell’area vasta	7
4. Geologia dell’area di progetto	8
4. Geomorfologia dell’area di intervento	10
5. Caratteristiche litotecniche dei terreni	12
6. Classificazione sismica	14
6.1. Pericolosità sismica di base	14
6.2. Pericolosità sismica locale	15
7. Giudizio di compatibilità geomorfologica	18
8. Le strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici (tracker) e il loro sistema di ancoraggio	19
9. Piano di indagini e prove di laboratorio	19

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 2
----------------------------	---------------------------------------	--------

	Documentazione di progetto	 Emily Middleton & Partners srl
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

Premessa

Il presente studio, elaborato su incarico della società DREN SOLARE 9 srl, è stato redatto per l’attivazione della procedura di VIA di cui all’ art. 23 del D.Lgs 152/2006, al fine di ottenere l’Autorizzazione Unica ai sensi dell’art. 12 del D.Lgs 387/2003 e costituisce la relazione idraulica e di invarianza idraulica per la realizzazione di un parco agrivoltaico situato nel comune di Ciminna (PA) di potenza pari a 33,99 MW, progettato ai sensi delle Linee Guida emanate dal Ministero della Transizione ecologica – Dipartimento per l’Energia.

L’impianto, denominato “Canalotto” dal toponimo del sito, è costituito da una centrale agrovoltaica suddivisa in 6 sotto aree identificate dalla denominazione area A, area B, Area C, Area D, area E, area F. I pannelli prescelti hanno una potenza di 730W e saranno installati su tracker monoassiali con giunto cardanico in configurazione 2p. Ogni tracker sarà infatti composto da due file affiancate di 14 pannelli cadauno, distanti dalla fila successiva di 5,5 m, misurati considerando i pannelli in assetto orizzontale.

La società proponente ha firmato un accordo con le imprese agricole proprietarie dei terreni su cui sorgerà il campo agro-fotovoltaico, che prevede lavorazioni tradizionali (erbaio), poiché è importante mantenere il carattere del luogo, oltre che rafforzare la produzione siciliana, effettuate tra i filari di tracker che garantirà l’assenza di consumo di suolo agricolo inteso come sottrazione di produzione alimentare¹; il piano colturale proposto valorizzerà da un punto di vista agronomico e paesaggistico il territorio locale. L’impianto è corredato da un sistema di accumulo di 13,4 MW. Il cavidotto, a partire dal campo, si snoderà per 1,6 Km nel territorio di Ciminna dove si collegherà, come previsto nella STMG accettata su proposta di Terna (codice pratica 202200282) in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) a 150/36 kV della RTN², da inserire in entra esce alle due linee RTN a 150kV RTN “Ciminna-Casuzze” e “Ciminna- Cappuccini” ricadente in area identificata al catasto dei terreni del Comune di Ciminna al foglio 19 particella n. 23. Il progetto nasce

¹ R. Bartolini, *Finalità dell’agrofotovoltaico ed alcuni esempi di impianti*, in “Il nuovo agricoltore”, gennaio 2022

² La sezione 36 kV è progettata dalla capofila Solarig srl, mentre la stazione a 150/36kV è progettata dalla IBIQ Volt srl

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 3
----------------------------	---------------------------------------	--------

	Documentazione di progetto	
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

dalla volontà di coniugare la questione energetica e il raggiungimento degli obiettivi del fabbisogno europeo con la tutela del paesaggio agrario³ attraverso un percorso di una economia circolare alla base di una corretta gestione delle risorse produttive in cui il principio di rinnovamento della materia generi (o salvaguardi) nuove economie creando differenti opportunità per il tessuto sociale con cui interagisce. Si premette che il progetto agrivoltaico, di cui qui di seguito si tratterà, rientra nella casistica di cui all’art 17/1/a - allegato 1/bis - D.L. 31/05/2021 n.77, come modificato dalla legge di conversione 29/07/2021 n.108 “opere, impianti e infrastrutture necessarie al raggiungimento degli obiettivi fissati dal PNIEC-PNRR”.

³ R. Bartolini, *Agro-fotovoltaico: guida per ottenere reddito e sostenibilità*, in “Il nuovo agricoltore”, gennaio 2022

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 4
----------------------------	---------------------------------------	--------

	Documentazione di progetto	
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

1. Quadro normativo

La presente relazione è stata redatta conformemente alla normativa sottoelencata:

- ✓ D.M. 11/03/1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione e successive istruzioni.
- ✓ O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 (Supplemento ordinario alla G.U. 8.5.2003 n.105). Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- ✓ Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (Piano Stralcio o Piano o P.A.I.), redatto ai sensi dell’art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell’art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell’art.1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000 e successive modifiche e integrazioni.
- ✓ D.M. 14.01.2008: Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni.
- ✓ Circolare applicativa 2 febbraio 2009. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- ✓ Decreto 17 Gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» e successiva Circolare n.7 C.S.LL.PP. del 21.01.2019.
- ✓ Deliberazione della Regione Sicilia n.81 del 24 Febbraio 2022“Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Sicilia. Applicazione dei criteri dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519
- ✓ Circolare n° 3 D.R.A. del 20/06/2014 emanata dall’Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana, pubblicata sulla G.U.R.S. dell’11 Luglio 2014, per i piani urbanistici.

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 5
----------------------------	---------------------------------------	--------

	Documentazione di progetto	 Emily Middleton & Partners srl
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

2. Inquadramento territoriale

L'impianto agrivoltaico verrà realizzato in Contrada Gasena, nel comune di Ciminna (PA).

Dal punto di vista cartografico l'impianto agrivoltaico e le opere di rete ricadono in corrispondenza della tavoletta I.G.M. 259 IV SO (“Ciminna”).

Il progetto si inserisce, altresì, nelle sezioni C.T.R. 632060 “Ciminna” così come il cavidotto e la stazione di recapito.



Fig.01 - Aree impianto, cavidotto su ortofoto

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 6
----------------------------	---------------------------------------	--------

	Documentazione di progetto	 Emily Middleton & Partners srl
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

3. Geologia dell'area vasta

L'area interessata dalla realizzazione delle opere in progetto si inquadra in un contesto geologico espressione della componente nord-occidentale della catena Appenninico-Maghrebide che caratterizza la porzione settentrionale e centrale della Sicilia.

I terreni ricadenti in quest'area sono stati coinvolti in diverse fasi tettoniche che hanno radicalmente modificato i rapporti originari fra le varie unità litologiche. Le fasi tettoniche principali, responsabili dell'attuale assetto strutturale della zona, sono tre: la fase preorogena, la fase tettonica collegata alla orogenesi e quella tettonica recente o neotettonica; tali fasi tettoniche hanno complessivamente determinato la formazione di unità stratigrafico-strutturali derivanti dalla deformazione dei domini paleogeografici originari.

L'area di progetto, in sintesi, è composta da una serie di formazioni geologiche di età compresa tra il Trias e l'attuale, rappresentate dalle predette unità riferibili alla catena Appenninico-Magheribide e riconducibili, secondo un ordine stratigrafico o stratigrafico-tettonico, alle seguenti Unità Stratigrafico Strutturali:

- U.S.S. del Dominio Sicano;
- U.S.S. del Dominio Imerese;
- Unità del Flysch Numidico;
- Unità del Complesso Sicilide;
- Terreni tardorogeni;
- Depositi recenti o attuali.

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 7
----------------------------	---------------------------------------	--------

	Documentazione di progetto	
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

4. Geologia dell'area di progetto

I terreni presenti nell'area in studio sono riferibili a complessi litologici rappresentati da “formazioni” geologiche ampiamente riconosciute in letteratura.

Le formazioni individuate nel sito di progetto, secondo un ordine stratigrafico o stratigrafico-tettonico, sono le seguenti:

- Terreni tardorogeni

- Formazione Terravecchia (*Tortoniano sup. – Messiniano inf.*)
- Formazione Baucina (*Messiniano inf.*)
- Formazione Gessoso-Solfifera (*Messiniano inf.*)
- Trubi (*Pliocene inf.*)

- Depositi recenti o attuali

- Complesso alluvionale (*Recente*)
- Complesso detritico (*Recente*).

Sulla base del rilievo di campagna e delle indagini eseguite in situ e delle indagini eseguite in occasione di precedenti lavori, integrati con lo studio della bibliografia disponibile, si è ricostruita la successione litostratigrafica di seguito riportata dall'alto verso il basso, procedendo dai terreni più recenti a quelli più antichi:

Terreno Eluvio Colluviale: Livello superficiale di natura colluviale a prevalente matrice limosa-argillosa di colore rossastro alterate e degradate; l'orizzonte si presenta eterogeneo e con una consistenza significativamente influenzata dal grado di umidità del terreno. Lo spessore è valutabile in circa 2,4 – 3,4 metri.

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 8
----------------------------	---------------------------------------	--------

	Documentazione di progetto	 Emily Middleton & Partners srl
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "Canalotto" per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

Limi debolmente Sabbiosi: Orizzonte di colore bruno-giallastro a prevalente matrice pelitica costituita da limi addensati con sabbie caratterizzato da una certa eterogeneità verticale a consistenza variabile ma nel complesso valutabili appunto come moderata; dal punto di vista meccanico l'orizzonte appare, nell'insieme, contraddistinto da caratteristiche meccaniche discrete. Lo spessore è valutabile in oltre i 3 metri.

In definitiva per l'area oggetto di studio è possibile ipotizzare n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche V_p crescenti con la profondità.

Il primo sismostrato ha uno spessore medio di circa 2,5 metri con valori minimi di circa 1,9 metri e massimi di 3,4 m, lungo le sismo-sezione rilevate.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismo-stratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito:

Sintesi dei Risultati Sismo-stratigrafici		
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	IPOTESI DI CORRELAZIONE CON UNITA' GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a 2,4/3,4 mt.	Livello superficiale di natura eluvio colluviale a prevalente matrice limosa-argillosa di colore rossastro alterate e degradate.
2	Da 2,4/3,4 a oltre 10 mt.	Orizzonte Limoso debolmente sabbioso caratterizzato da una certa eterogeneità verticale a consistenza variabile ma nel complesso valutabili appunto come moderata..

Tab.01 - Sintesi dei risultati relativi alle indagini sismiche.

Tali considerazioni litologiche preliminari, dovranno essere comunque affinate, in fasi progettuali successive, attraverso una mirata campagna di indagini geognostiche in situ.

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 9
----------------------------	---------------------------------------	--------

	Documentazione di progetto	 Emily Middleton & Partners srl
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

4. Geomorfologia dell’area di intervento

La configurazione geomorfologica di questa area è essenzialmente dominata dall’esistenza di un paesaggio tipicamente collinare, costituito da piccoli rilievi mediamente acclivi, con forme mammellonari, dolci ed arrotondate. Affioramenti di rocce lapidee, di natura prevalentemente calcarea, si riscontrano nelle estreme porzioni settentrionali del territorio. Morfologicamente l’area ricade all’interno di un’ampia piana caratterizzata da blande pendenze che si estende per circa 2,6 Km in direzione NE-SW in destra idraulica del torrente Azzirolo che costituisce il motivo idrologico principale dell’area. L’area risulta caratterizzata da litofacies a prevalentemente componente coesiva ed a matrice pelitica. I risultati dei processi erosivi delle acque di ruscellamento superficiale sui terreni di tale natura sono evidenziati dalla presenza di un reticolo idrografico piuttosto sviluppato. Gli impluvi presenti grazie anche alla lieve pendenza riscontrata presentano fianchi non troppo incisi. Le azioni erosive delle acque di scorrimento superficiale ovviamente sono legate ai cicli stagionali con intensa attività durante i periodi di forti apporti meteorici.

Dall’analisi generale della distribuzione delle altimetrie, in un opportuno intorno dell’area in esame, si evince che le quote aumentano in generale da sud est verso nord ovest, con un minimo di circa 322 m. s.l.m. in corrispondenza della stazione di recapito ad un massimo di oltre 530 metri s.l.m. nelle aree nord orientali dell’impianto.

In particolare, il sito in progetto è contraddistinto da una morfologia a debole pendenza, con moda centrata nella classe 2-5°, e valori massimi e valori massimi di 10° in prossimità degli alvei dell’incisioni idrografiche.

La dinamica geomorfologica è prevalentemente influenzata dal modellamento fluvio denudazionale legato all’azione delle acque ruscellanti ed incanalate. Queste esercitano una continua azione erosiva dei versanti andando ad imbibire le coltri superficiali, e favoriscono l’instaurarsi di fenomeni di dissesto legati anche all’azione della gravità. In particolare, le litologie maggiormente soggette a fenomeni di dissesto sono quelle a prevalente componente argillosa, mentre lungo i versanti di natura

	Documentazione di progetto	
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

carbonatica o arenacea, si osservano, in corrispondenza dei versanti particolarmente acclivi o subverticali, fenomeni di crollo e scivolamento di blocchi e massi.

Il contesto geomorfologico attuale mostra come l’area di affioramento dei litotipi limo-argilloso appare interessata in particolari punti, da movimenti gravitativi diffusi. Si tratta, perlopiù, di dissesti dovuti ad erosione accelerata, tipici dei versanti argillosi con pendenze intorno ai 7° o superiori, come ben visibile dalla carta delle pendenze. Come mostrato nella carta dei dissesti, questi si concentrano in particolar modo laddove le pendenze risultano accentuate, accompagnate da un’erosione concentrata ad opera delle acque di scorrimento superficiale, con la formazione di solchi di ruscellamento e, sovente, da erosione per dilavamento diffuso ad opera delle acque meteoriche.

In queste condizioni, infatti, fenomeni di ritiro peculiari delle argille creano una coltre superficiale aerata, molto permeabile, con la conseguente instaurazione tra questa coltre ed il sottostante substrato argilloso non alterato di una effimera circolazione idrica (specie in concomitanza con lunghi e/o intensi periodi piovosi) con conseguente decadimento delle caratteristiche di resistenza al taglio e “scollamento” delle porzioni di terreno più superficiali.

Nel sito in progetto non si notano processi geomorfologici in atto, tranne piccoli e limitati accenni di erosione a rivoli legata al ruscellamento delle acque meteoriche. Tali aspetti andranno attenzionati attraverso una corretta regimentazione delle acque di scorrimento superficiale al fine di garantire una continuità idraulica in direzione monte valle.

Dalla visione delle cartografie pubblicate dal P.A.I. l’area **non risulta** inserita tra le aree a Pericolosità e Rischio geomorfologico.

Il motivo idrologico principale è rappresentato dal Torrente Azzirolo che scorre a circa 2,5 km a sud rispetto il sito in progetto e da affluenti dello stesso di II ordine gerarchico che scorrono all’interno delle aree di progetto e rispetto alle quali ci si dovrà opportunamente distanziare in base ai risultati dello studio idraulico.

Si suggerisce, comunque, di prestare particolare attenzione progettuale, in fase esecutiva, alle opere di regimentazione delle acque superficiali al fine di garantire il naturale scorrimento lungo le linee di massima pendenza ed al fine di prevenire locali condizioni di allagamento.

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 11
----------------------------	---------------------------------------	---------

	Documentazione di progetto	
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

5. Caratteristiche litotecniche dei terreni

In questo capitolo sono analizzate le caratteristiche fisico-meccaniche della litofacies che caratterizzeranno il sedime di fondazione dell’area oggetto di studio. Questa fase del lavoro ha consentito di indagare sia le unità di copertura che il substrato. Tutti i dati ottenuti hanno permesso di effettuare una ricostruzione della litostratigrafia dell’area e di creare dei modelli rappresentativi, corredati dai parametri geotecnici medi indicativi. Occorre tuttavia considerare che la natura geologica dei terreni indagati, mostra una spiccata variabilità litologica.

Si riportano, a scopo puramente indicativo, alcuni parametri derivanti da prove geotecniche in situ e di laboratorio eseguite in aree poco distanti e che hanno interessato le medesime facies petrografiche. I dati di seguito riportati comprendono, anche, dei valori di angolo d’attrito in ragione di una componente incoerente che, a luoghi, potrebbe essere rilevante, incidendo sul comportamento geomeccanico. In particolare l’area di progetto ricade all’interno di due unità litotecniche, definite secondo i dettami dall’allegato D della Circolare 3/DRA del 20.06.2014 che comprendono i litotipi che costituiscono sia la copertura che il substrato.

COPERTURA

UNITA’ A – TERRNO DI COPERTURA ELUVIO COLLUVIALE (G2c)

Trattasi di sedimenti a grana fine coesivi che inglobano elementi litici. Trattasi di unità di copertura a prevalente matrice limosa-argillosa di colore rossastro; l’orizzonte si presenta eterogeneo e con una consistenza significativamente influenzata dal grado di umidità del terreno. Lo spessore è valutabile in circa 2,4 – 3,4 metri. Per tale litotipo è possibile attribuire le seguenti caratteristiche geotecniche medie indicative:

$$C_u \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0.8$$

$$\Phi = 19-21^\circ$$

$$\gamma \text{ (/m}^3\text{)} = 1,75$$

UNITA’ B – FORMAZIONE TERRAVECCHIA TRV (H1)

Unità litotecnica caratterizzata da sedimenti a grana fine più o meno coesivi. Orizzonte di colore bruno-giallastro a prevalente matrice limosa con lenti sabbiose caratterizzato da una certa eterogeneità verticale a consistenza variabile ma nel complesso valutabili appunto come moderata;

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 12
----------------------------	---------------------------------------	---------

	Documentazione di progetto	
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

dal punto di vista meccanico l'orizzonte appare, nell'insieme, contraddistinto da caratteristiche meccaniche discrete. Lo spessore è valutabile in oltre 3 metri.

Si riportano di seguito i principali parametri geotecnici desunte da prove geotecniche effettuate in terreni limitrofi:

$$C_u \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 1.2$$

$$\Phi = 22-24^\circ$$

$$\gamma \text{ (/m}^3\text{)} = 1,8$$

Pertanto per una preliminare valutazione, sulla tipologia e dimensionamento delle fondazioni possono essere usati i parametri nominali indicati anche se gli aspetti geotecnici dovranno essere implementati in sede di progettazione esecutiva, attraverso mirate campagne di indagini geognostiche in situ e prove di laboratorio.

6. Considerazioni sulle aree interessate dal Vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923

Relativamente agli aspetti legati al vincolo idrogeologico, ai sensi del R.D.L. n.3267 del 30/12/1923, si evidenzia che l'impianto agrivoltaico e porzione del cavidotto ricadranno all'interno di aree sottoposte a vincolo idrogeologico.

Si rappresenta, a riguardo, che i movimenti di terreno necessari alla realizzazione delle opere in progetto **non risultano lesivi all'assetto idrogeologico** dei luoghi, non pregiudicheranno la stabilità della stessa e non andranno ad alterare la corretta regimentazione delle acque di scorrimento superficiale. In ogni caso si suggerisce, in fase di costruzione, di evitare scavi in condizioni meteorologiche avverse e di adottare idonee misure mitigative per contenere eventuali fronti di scavo, in terreni incoerenti e/o pseudocoerenti. **Pertanto allo stato attuale delle conoscenze, delle indicazioni sopra riportate ed alla luce delle indagini eseguite, che comunque andranno affinate in sede di progettazione esecutiva, è possibile affermare che l'area in progetto risulta compatibile con il territorio in esame.**

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 13
----------------------------	---------------------------------------	---------

	Documentazione di progetto	 Emily Middleton & Partners srl
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	



Fig. 02 – Layout di progetto su carta del vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923

7. Classificazione sismica

7.1. Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base rappresenta, sostanzialmente, la probabilità che un evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, ovvero la previsione probabilistica dello scuotimento del suolo in un sito con riferimento ad un terremoto standard di riferimento; in pratica fornisce i valori significativi delle accelerazioni massime attese al

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 14
----------------------------	---------------------------------------	---------

	Documentazione di progetto	
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

suolo (PGA - peak ground acceleration) riferite ad una situazione ideale con suolo rigido ed omogeneo ($V_s > 800$ m/s; categoria A nelle NTC 18). Già con l’ordinanza O.P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 l’intero territorio italiano era stato riclassificato con l’individuazione di 4 categorie sismiche in funzione dei valori significativi delle accelerazioni massime attese al suolo riferite a suolo rigido ed omogeneo ($V_s > 800$ m/s) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e con periodo di ritorno di 495 anni. In riferimento a tale macrozonazione sismica l’area in esame ricade in zona 2, ovvero “Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti” con un’accelerazione orizzontale massima pari a $a_g = 0,25g$ e con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni che risulta $0,15 \leq a_g \leq 0,25g$ (con deliberazione della Giunta Regionale n.81 del 24 febbraio 2022).

Nella nuova normativa, invece, poiché l’azione sismica viene definita facendo riferimento ad un reticolo i cui punti sono riportati in termini di latitudine e longitudine, di fatto può presentare una discreta variabilità anche all’interno di uno stesso territorio molto ristretto; più nello specifico l’azione sismica viene definita in funzione dei parametri (a_g , F_0 , T_c^*) che, secondo differenti tempi di ritorno (TR), definiscono le forme spettrali e quindi la “pericolosità sismica di base” che assieme al fattore suolo (S), legato agli effetti di amplificazione locale (stratigrafica e topografica), andrà in definitiva a caratterizzare la “risposta sismica locale”.

In riferimento al vigente D.M. 17/01/2018, pertanto, al fine di ricavare i parametri di riferimento per l’azione sismica di base, si devono, innanzitutto, individuare le coordinate di sito tramite rilevatore satellitare WGS 84 - ETRF89.

7.2. Pericolosità sismica locale

Rappresenta la valutazione, a scala di dettaglio, delle variazioni della pericolosità sismica di base per effetto delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito specifico (condizioni locali). È ormai accertato che la struttura geologica sovrastante il bedrock assume un ruolo determinante nella modifica del treno di onde sismiche con fenomeni di

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 15
----------------------------	---------------------------------------	---------

	Documentazione di progetto	
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

amplificazione o di smorzamento. Quando si passa dal bedrock rigido ad un terreno più superficiale con minore rigidità (variazione di impedenza) le onde sismiche subiscono un rallentamento e, per la legge della conservazione dell'energia, la loro ampiezza aumenta; ne consegue un'amplificazione del moto sismico con danni all'edificato superiori rispetto ad aree circostanti poggianti su un terreno di copertura più rigido. Citando la casistica espressa nelle varie circolari *A.R.T.A. Sicilia* per la revisione dei P.R.G. dei comunali, situazioni che portano ad una amplificazione dell'azione sismica sono legate per esempio a zone di ciglio (con $H > 10$ mt), zone di cresta rocciosa o di dorsale, aree di fondovalle con presenza di alluvioni incoerenti, zone pedemontane di falda di detrito, zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse o zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti; oltre a questa casistica vengono ugualmente prese in considerazione quelle situazioni che possono portare all'accentuazione di fenomeni di instabilità già in atto in occasione di eventi sismici, quali zone caratterizzate da movimenti franosi quiescenti o zone con elevata acclività associate a copertura detritica o ancora ammassi rocciosi con acclività $> 50\%$ ed una giacitura sfavorevole degli strati. La pericolosità sismica locale viene valutata o mediante analisi specifiche, come indicate al paragrafo 7.11.3 delle NTC 2018, o più comunemente facendo riferimento alla procedura semplificata. Quest'ultima si basa sulla misura in situ delle velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) e sulla successiva individuazione della *categoria sismica del sottosuolo* in funzione del parametro $V_{S,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri o comunque al di sopra del bedrock). Il valore del parametro $V_{S,eq}$ viene valutato mediante la relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

dove h_i e V_{S_i} indicano rispettivamente lo spessore e la velocità delle onde di taglio dell' i -esimo strato, N il numero di strati ed H la profondità del substrato rigido, definito come quella formazione costituita da roccia o da terreno molto rigido caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Le NTC 2018 individuano le seguenti possibili categorie di sottosuolo:

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 16
----------------------------	---------------------------------------	---------

	Documentazione di progetto	 Emily Middleton & Partners srl
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

Categoria	
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 metri

Ai fini di una valutazione preliminare dell'azione sismica di sito, il piano di indagine eseguito all'interno del sito in progetto ha previsto la realizzazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del D.M. 17/01/2018, la realizzazione di n°2 stendimenti per indagini di tipo MASW al fine di valutare sia la stratigrafia del sito e ricavare il parametro V_{Seq} ; sulla base dei valori ricavati, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle V_s , il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di tipo C (D.M.17/01/2018) e Categoria Topografica T1.

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 17
----------------------------	---------------------------------------	---------

	Documentazione di progetto	 Emily Middleton & Partners srl
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

8. Giudizio di compatibilità geomorfologica

Dal punto di vista morfologico il sito in progetto è essenzialmente dominato dall'esistenza di un paesaggio tipicamente collinare, costituita da piccoli rilievi mediamente acclivi, con forme mammellonari, dolci ed arrotondate, mentre affioramenti di rocce lapidee, di natura prevalentemente calcarea, si riscontrano nella estrema porzione settentrionali del territorio.

Morfologicamente l'area ricade all'interno di un'ampia piana caratterizzata da blande pendenze che si estende per circa 2,6 Km in direzione NE-SW in destra idraulica del torrente Azzirolo, che costituisce il motivo idrologico principale dell'area.

Scendendo nel dettaglio ed analizzando la carta delle tinte altimetriche si evince che le quote aumentano in generale da sud est verso nord ovest, con un minimo di circa 322 m. s.l.m. in corrispondenza della stazione di arrivo ad un massimo di oltre 530 metri s.l.m. nelle aree nord orientali dell'area.

Dall'analisi della distribuzione delle classi di pendenza si evince che la morfologia risulta sub-pianeggiante riscontrando prevalentemente classi di pendenze 2-5°, con pendenze maggiori rilevabili in prossimità degli alvei dell'incisioni idrografiche.

L'area risulta caratterizzata da litofacies a prevalentemente componente coesiva ed a matrice pelitica. I risultati dei processi erosivi delle acque di ruscellamento superficiale sui terreni di tale natura sono manifestate dalla presenza di un reticolo idrografico piuttosto sviluppato. Le azioni erosive delle acque di scorrimento superficiale ovviamente sono legate ai cicli stagionali con intensa attività durante i periodi di forti apporti meteorici.

Come ben visibile nella carta di dissesti, questi si concentrano in particolar modo laddove le pendenze risultano accentuate, accompagnata da un'erosione concentrata ad opera delle acque di scorrimento superficiale con la formazione di solchi di ruscellamento e, sovente, da erosione per dilavamento diffuso ad opera delle acque meteoriche.

Nel sito in progetto non si notano processi geomorfologici in atto, tranne piccoli e limitati accenni di erosione a rivoli legata al ruscellamento delle acque meteoriche. Tali aspetti andranno attenzionati

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 18
----------------------------	---------------------------------------	---------

	Documentazione di progetto	
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

attraverso una corretta regimentazione delle acque di scorrimento superficiale al fine di garantire una continuità idraulica in direzione monte valle.

Dalla visione delle cartografie pubblicate dal P.A.I. l'area **non risulta** inserita tra le aree a Pericolosità e Rischio geomorfologico.

Per tale ragione si esprime giudizio positivo per la compatibilità geomorfologica.

9. Le strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici (tracker) e il loro sistema di ancoraggio

I moduli fotovoltaici saranno montati su strutture di supporto ad inseguimento mono-assiale, con asse di rotazione disposto in direzione Nord – Sud. Tale orientamento permette di ottimizzare i rendimenti dell'impianto, che in questo modo è in grado di ricevere i raggi solari perpendicolarmente per quasi tutto il giorno. Le strutture sono costituite da telai metallici in acciaio zincato ed ancorati a terra mediante pilastri anch'essi in acciaio zincato. La modalità di ancoraggio che sarà adottata è quella ad infissione diretta tramite battipalo. Tale modalità garantisce ottimi standard di sicurezza e una maggiore tutela dell'ambiente, evitando il ricorso al calcestruzzo (per le fondazioni a bicchiere).

10. Piano di indagini e prove di laboratorio

Le conoscenze dei terreni, fin qui esposte, andranno affinate in fase di progettazione esecutiva. Sarà necessario eseguire almeno un sondaggio meccanico per ogni area dell'impianto (A-B-C-D-E-F) di profondità 15 m.

Per ogni sondaggio andranno estratte almeno due fustelle indisturbate (in linea di massima una fustella per ogni litologia). Per ogni litologia dovrà essere determinato:

- contenuto naturale d'acqua;
- peso nell'unità di volume;
- peso specifico;

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 19
----------------------------	---------------------------------------	---------

	Documentazione di progetto	
	Relazione Geotecnica e Strutturale	
	Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Canalotto” per una potenza complessiva pari a 33,99 MW	

- porosità;
- peso nell'unità di volume saturo;
- contenuto di sostanza organica;
- granulometria;
- angolo di resistenza a taglio;
- coesione intercetta (o vera);
- modulo edometrico;
- permeabilità.

Rev. 00 – Dicembre 2023	Comune: Ciminna Provincia: Palermo	Pag. 20
----------------------------	---------------------------------------	---------