



REGIONE DEL VENETO



Provincia di Rovigo



Comune di Adria

Proponente:

SUNCO SUN RED S.r.l.

Via Melchiorre Gioia, 8 - 20124 Milano - Italy
pec: suncosunredsr@legalmail.it

SUNCO.
CAPITAL

Progetto Definitivo

Denominazione progetto:

REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO "ADRIA BELLOMBRA"

Potenza nominale complessiva = 39.195 kWp

Sito in:

COMUNE DI ADRIA (RO)

Titolo elaborato:

Relazione geologica-geotecnica

Elaborato n.

E-RGG0

Scala -



Responsabile Coordinamento progetto : dott.ssa agr. Eliana Santoro

Progettisti : dott. geol. Cristian Borra

Collaboratori : -

TIMBRI E FIRME:



REV.:	REDAZIONE:	CONTROLLO:	APPROVAZIONE :	DATA:
00	dott. geol. Cristian Borra	dott. geol. Cristian Borra	dott. geol. Cristian Borra	01/04/2024
01				
02				
03				
04				
05				

FIRMA/TIMBRO
COMMITTENTE:

SUNCO.
CAPITAL



FLYREN

THE CULTURE OF CLEAN ENERGY

Flyren Development S.r.l.
Lungo Po Antonelli, 21 - 10153 Torino (TO)
tel: 011/ 8123575 - fax: 011/ 8127528
email: info@flyren.eu
web: www.flyren.eu
C.F. / P. IVA n. 12062400010

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "ADRIA BELLOMBRA"				
E-RGG0	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	01.04.2024	Pagina 1 di 20

PREAMBOLO	2
1. PREMESSA	3
2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI, GEOLITOLOGICI, IDROGEOLOGICI E IDROLOGICI DELL'AREA INTERESSATA DALL'INTERVENTO	4
3. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO D'INTERVENTO	10
4. CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INDAGINE	14
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	19

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "ADRIA BELLOMBRA"				
E-RGG0	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	01.04.2024	Pagina 2 di 20

Preambolo

La società **EnviCons S.r.l.** – sede legale in lungo Po Antonelli n° 21, Torino, P.I. 10189620015, ha ricevuto incarico dalla società FlyRen Development S.r.l. – in rappresentanza della società Sunco Sun Red S.r.l. – per la **redazione di uno Studio geologico e geotecnico inerente alla realizzazione di un progetto di produzione agro-energetica sostenibile (c.d. Agrivoltaico):**

- Potenza nominale complessiva: 39,19 MWp.
- Superficie catastale complessiva: 73,22 ha.
- Superficie di impianto recintata: 61,5 ha.
- Superficie destinata alle attività agricole: 49,68 ha.
- Classificazione architettonica: impianto a terra.
- Ubicazione area di impianto e opere di rete: Comune di Adria | Provincia di Rovigo | Regione Veneto.
- Particelle superficie catastale disponibile: F. 5 – P.lle 19*, 20*, 25, 36, 37, 39, 40, 41, 42; F. 6 – P.la 114; F. 15 – P.lle 13, 14, 15, 88; F. 16 – P.lle 27, 40, 41, 43, 47, 58, 64, 65, 66, 116, 117, 186, 187, 188.
- Particelle superficie di impianto recintata: F. 5 – P.lle 19*, 20*, 25, 36, 37, 39, 40, 41, 42; F. 6 – P.la 114; F. 15 – P.lle 13, 14, 15, 88; F. 16 – P.lle 27, 40, 41, 43, 47, 58, 64, 65, 66, 116, 117, 186, 187, 188.
- Ditta committente: Sunco Sun Red S.r.l.

L'obiettivo del presente lavoro è stato la ricostruzione preliminare del modello geologico e geotecnico locale, necessario per la valutazione della compatibilità delle opere previste da progetto con il contesto di pericolosità geomorfologica in esame.

(*) Allo stato attuale, le particelle 19 e 20 del foglio di mappa 5 del Catasto terreni del Comune di Adria - sezione B (Bellombra) sono visibili sull'estratto di mappa catastale ma non riscontrabili nelle relative visure. Inoltre, la superficie delle succitate particelle risulta compresa nella consistenza della particella 39 del medesimo foglio di mappa. A tal proposito, in data 13/12/2023 è stata inviata una richiesta di rettifica catastale a mezzo PEC alla Direzione Provinciale di Rovigo dell'Agenzia delle Entrate. Tale istanza è stata ricevuta e protocollata in data 14/12/2023 sul registro ufficiale con numero 79334.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "ADRIA BELLOMBRA"				
E-RGG0	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	01.04.2024	Pagina 3 di 20

1. Premessa

La presente relazione geologica e geotecnica a supporto di un progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico in corrispondenza di un lotto di terreno sito in Comune di Adria (RO) – località Bellombra, fa seguito a un'indagine geologico - tecnica preliminare, finalizzata a **fornire al Progettista dell'intervento utili indicazioni su: i) i termini litologici presenti in sito, ii) le caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il piano di appoggio delle opere di fondazione in progetto, iii) l'eventuale presenza di fenomeni di dissesto in atto o potenziali (allo stato attuale e alla luce degli interventi in progetto) e iv) le corrette modalità di raccolta e smaltimento delle acque di precipitazione diretta e provenienti dalle aree limitrofe.**

Il terreno interessato dall'intervento, situato nel settore S del territorio comunale, è collocato in un'area ad uso agricolo: il progetto in esame prevede la realizzazione di un impianto esteso su una superficie pari a 61,5 ettari circa, collegato alla linea di distribuzione attraverso un cavidotto interrato di circa 14 km. Nel complesso, l'intervento in progetto comporterà modesti movimenti terra, per i quali andrà prevista la realizzazione di opere di sostegno di tipo ordinario.

L'indagine geologico - tecnica è stata estesa ad un significativo intorno dell'area interessata dall'intervento con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica locale.

La presente indagine è eseguita ai sensi de:

- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, che definisce la classificazione sismica del territorio nazionale;
- D.M. delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 Gennaio 2018, Norme tecniche per le costruzioni;
- Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del Fiume Po;
- Piano Territoriale Regionale di Coordinamento della Regione Veneto;
- Piano Territoriale Provinciale di Coordinamento della Provincia di Rovigo;
- PAT, PATI e PI del Comune di Adria.

Preliminarmente all'esecuzione dell'indagine in sito, è stata condotta una ricerca dei dati bibliografici e della cartografia tecnica disponibili riguardanti l'area in oggetto, nonché degli elaborati geologico - tecnici allegati ai vigenti Piani.

Vengono di seguito esposte alcune note circa le caratteristiche geomorfologiche, geolitologiche, idrogeologiche, idrologiche, geotecniche e sismiche dell'area interessata dal progetto.

2. Caratteri geomorfologici, geolitologici, idrogeologici e idrologici dell'area interessata dall'intervento

L'area oggetto d'indagine ricade nel territorio comunale di Adria, nella pianura compresa tra i fiumi Po e Adige. Essa è compresa nella cartografia ufficiale nelle sezioni 169_100-130-140 della Carta Tecnica Regionale della Regione Veneto, alla scala 1:10.000.

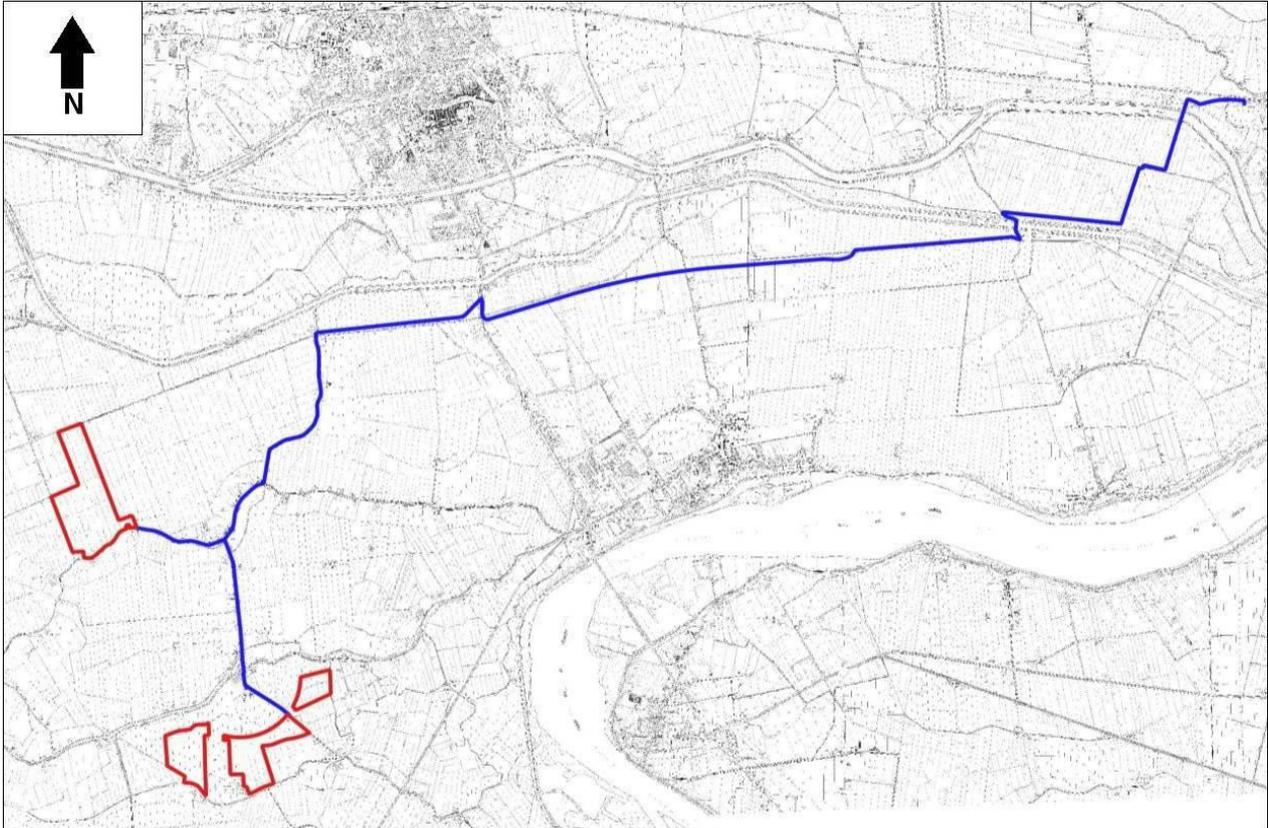


Figura 1. Ubicazione dell'area d'indagine, scala 1:50.000. Rosso = perimetro catastale dell'impianto fotovoltaico, blu = tracciato del cavidotto.

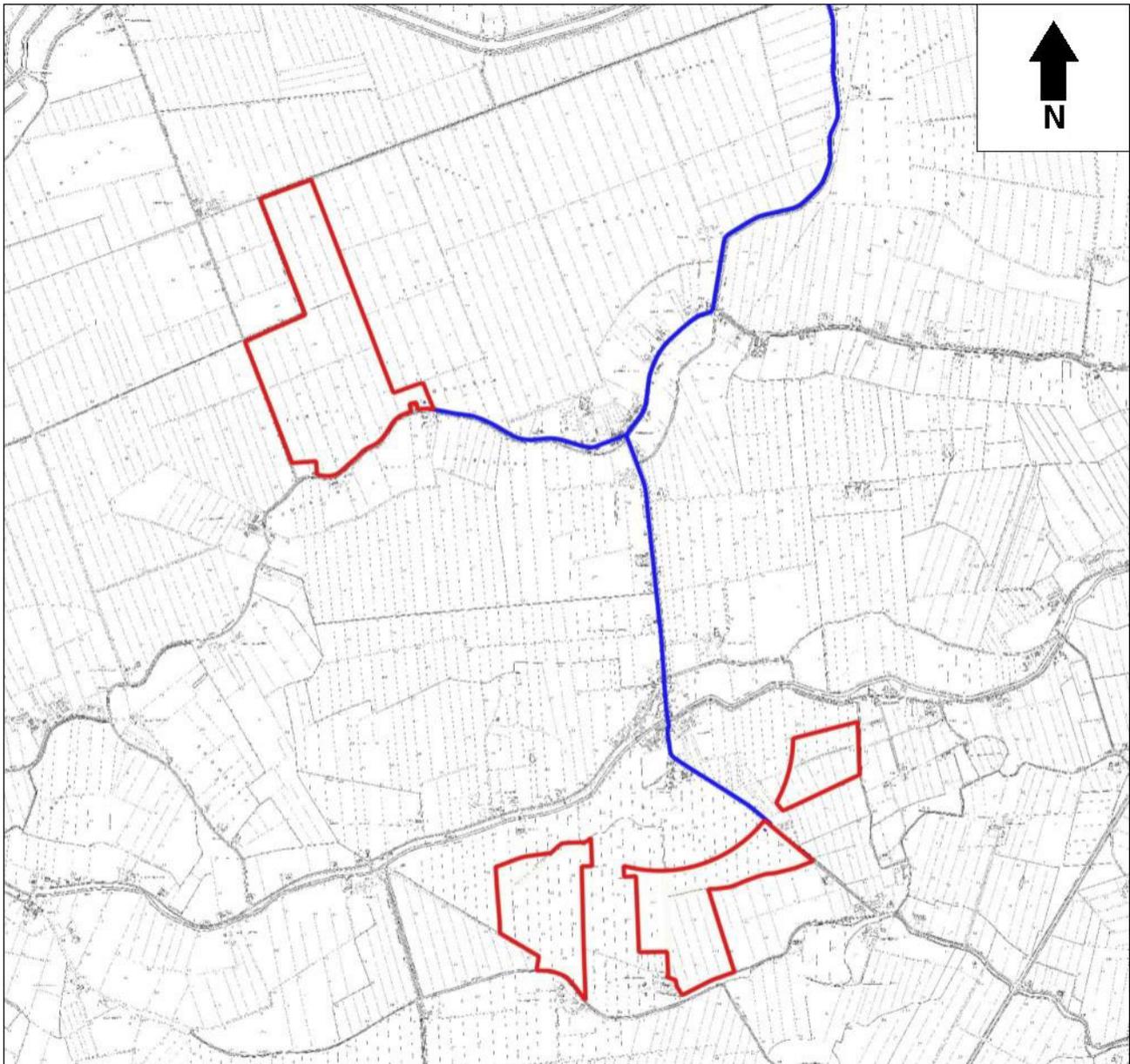


Figura 2. Ubicazione dell'area d'indagine, scala 1:25.000. Rosso = perimetro catastale dell'impianto fotovoltaico, blu = tracciato (parziale) del cavidotto.

La zona interessata dall'intervento ha come principale caratteristica, dal punto di vista geomorfologico, quella di formare un ambiente di pianura alluvionale, con forme legate all'azione geomorfica esercitata nel recente passato ed attualmente dal reticolo idrografico. Essa è ubicata tra le quote di 0 e 1 m s.l.m., in un'area poco antropizzata avente uso in prevalenza agricolo, posta nel settore S del territorio comunale.

Le indagini svolte, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia tecnica disponibile, **non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni di esondazione significativi** per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali, minori o artificiali che abbiano coinvolto la zona indagata in tempi recenti. A tale merito, si rappresenta che il sito in esame, negli elaborati del vigente **Piano di Gestione del Rischio Alluvionale**, risulta compreso in aree potenzialmente soggette a fenomeni d'inondazione con **scenario L = alluvioni rare – Tr fino a 500 anni**.

Nel complesso, dal confronto con la cartografia e le prescrizioni di Piano, l'intervento in oggetto risulta compatibile con la Normativa Generale.

I rilievi eseguiti in sito non hanno evidenziato la presenza, data la disposizione ad acclività molto bassa, di processi di instabilità in atto o potenziali; si è inoltre verificato come i diversi manufatti presenti nelle immediate vicinanze dell'area in oggetto non manifestino lesioni significative e come la presenza di piccole lesioni in alcuni fabbricati sia, con tutta probabilità, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.

Alla luce di quanto esposto, l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità.

Solo localmente si potranno presentare modeste e puntuali problematiche geomorfologiche connesse con la variazione della composizione e della potenza del materiale sciolto di copertura e del suo stato di consistenza. Potranno quindi verificarsi fenomeni di piccoli assestamenti legati alla circolazione idrica superficiale e sub-superficiale, anche in settori della zona in esame apparentemente assestati, in tempi più o meno lunghi.

Dal punto di vista geolitologico, in base a quanto riportato nella cartografia tecnica disponibile, si evidenzia che i terreni presenti nell'area d'intervento sono di origine continentale e sono rappresentati da depositi alluvionali medio – recente, aventi granulometria in genere fine.

In particolare, come rappresentato nelle successive fig. 3 e 4, si osserva che sia l'area dell'impianto che quella interessata dal cavidotto interessano due diverse tipologie di terreni: prevalgono i materiali alluvionali a tessitura fine (limi e argille), mentre alcuni settori ristretti dell'impianto e del cavidotto ricadono su terreni a tessitura prevalentemente sabbiosa.

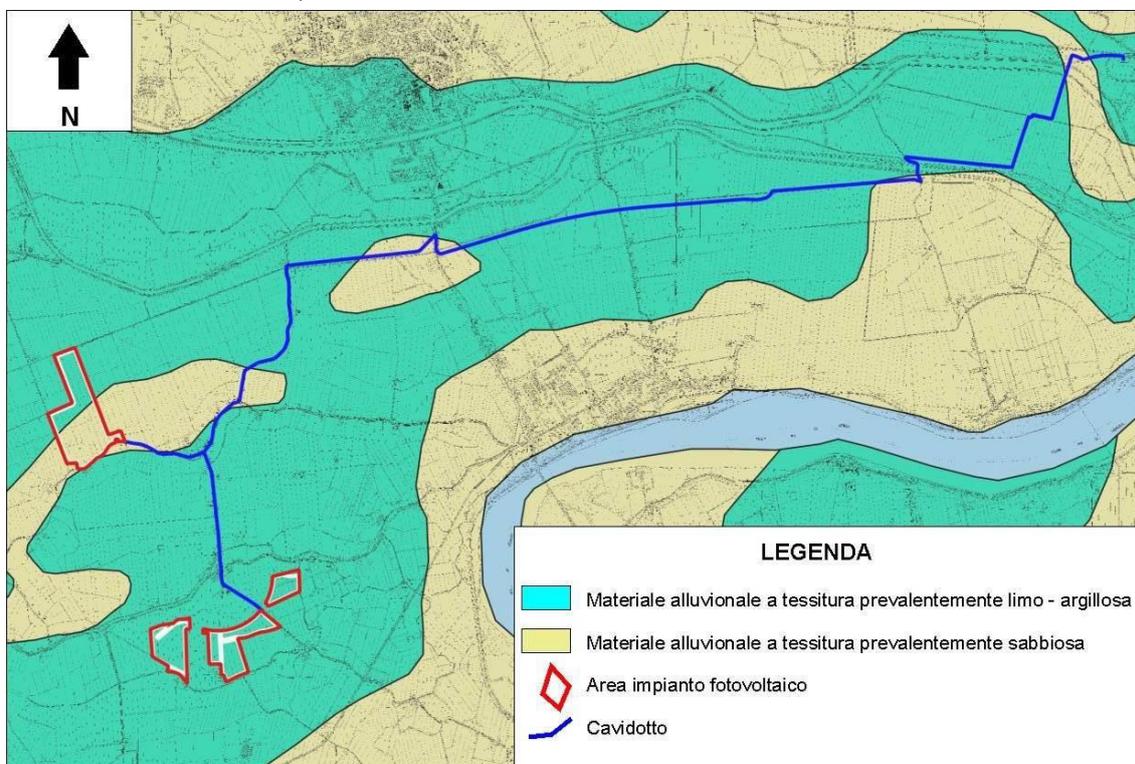


Figura 3. Inquadramento geologico dell'area in esame (estratto dalla Carta "Litologia" del PTCP della Provincia di Rovigo, scala 1:50.000 - modificata). Rosso = perimetro catastale dell'impianto fotovoltaico, bianco = area recintata dell'impianto, blu = tracciato del cavidotto.

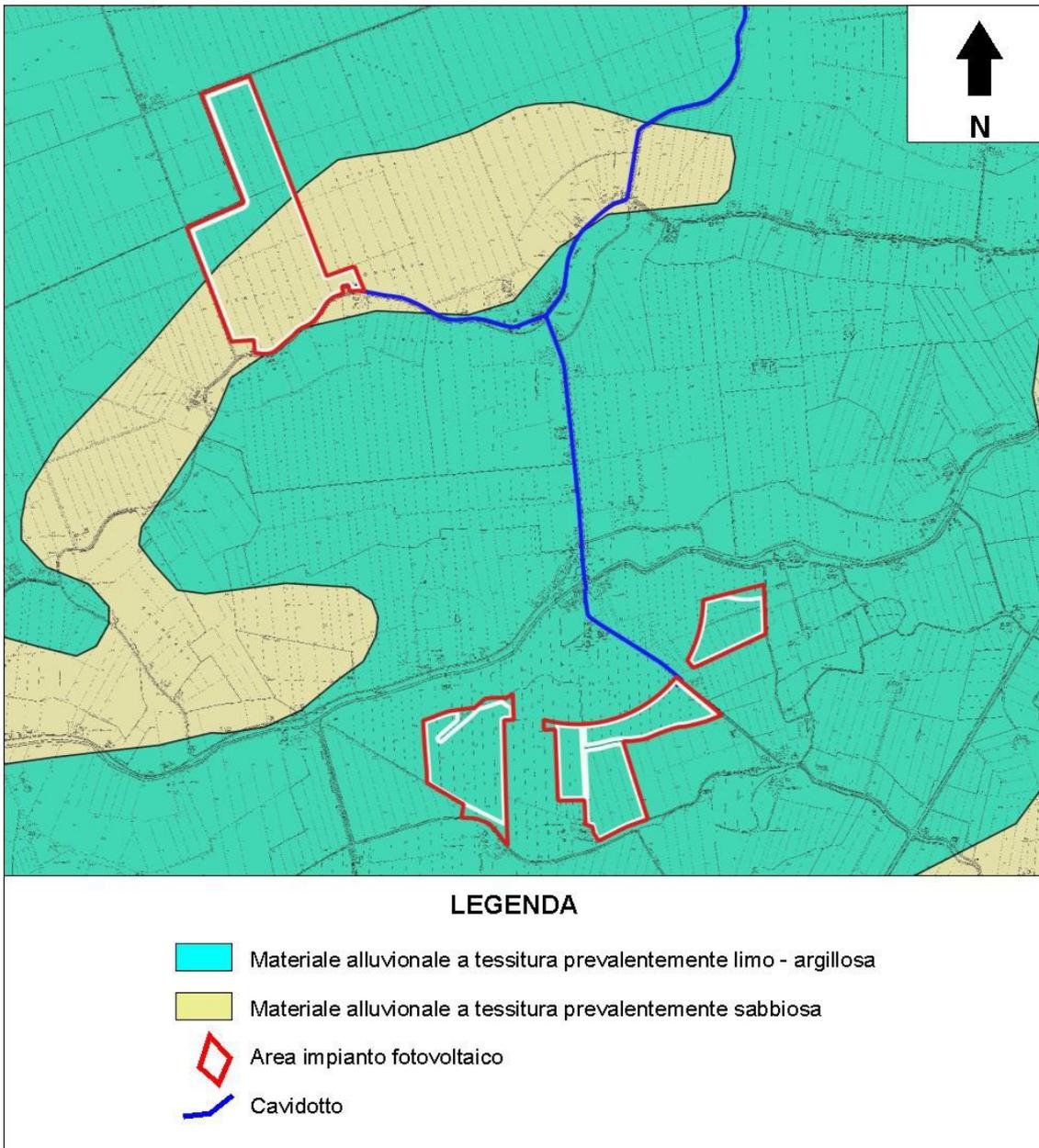


Figura 4. Inquadramento geologico dell'area in esame (estratto dalla Carta "Litologia" del PTCP della Provincia di Rovigo, scala 1:25.000 - modificata). Rosso = perimetro catastale dell'impianto fotovoltaico, bianco = area recintata dell'impianto, blu = tracciato del cavidotto.

I processi di alterazione e degradazione (azioni pedogenetiche), sui terreni del tipo di quelli affioranti o sub-affioranti nell'area, unitamente a quelli di deposizione eolica verificatisi durante il Quaternario, danno luogo ad una coltre di copertura a composizione prevalente limoso-argillosa di potenza limitata.

In sintesi, la sequenza litostratigrafica locale presente nell'area in esame, desunta dalle prove e dai rilievi eseguiti in sito, nonché dai dati di letteratura disponibili, può essere così rappresentata:

- in superficie si riconosce la presenza di una limitata coltre di copertura limoso-argillosa, avente spessore compreso tra 0,5 e 1 m, poco addensata, con locali riporti antropici eterogenei;

- al di sotto della suddetta coltre si ritrovano i termini alluvionali aventi granulometria fine (limi e argille) o media (sabbie) a seconda della zona considerata, aventi grado d'addensamento/consistenza mediamente crescente in funzione della profondità.

Dal punto di vista idrogeologico, l'indagine eseguita non ha evidenziato, nell'area e nella zona circostante, la presenza di emergenze idriche (sorgenti), mentre si segnalano alcuni punti di captazione di acque sotterranee (pozzi).

I terreni presenti nel sito in esame presentano le caratteristiche di un acquifero in grado di ospitare una falda di tipo freatico, in quanto i litotipi di origine alluvionale sono caratterizzati da un grado di permeabilità da medio – basso a medio a seconda dei terreni costituenti il sottosuolo.

L'assetto geologico e geomorfologico del territorio costituisce un elemento di controllo sulla distribuzione delle acque nel suolo: in particolare, si evidenzia che la falda ospitata nei terreni in esame, avente carattere superficiale, risulta direttamente connessa con il locale reticolo idrografico.

La superficie libera della falda può subire moderate variazioni di livello durante l'anno a causa dei differenti apporti meteorici e a causa delle attività agricole, stabilizzandosi, nell'area d'intervento, ad una quota compresa tra - 2 e -2,5 m da p.c. (fig. 5).

Secondo quanto dedotto dall'indagine eseguita a scala locale, nonché sulla base degli elaborati progettuali disponibili, si rappresenta che le opere fondazionali dei manufatti in progetto interagiranno con le acque di falda: alla luce di tale considerazione, si evidenzia quindi che i manufatti in progetto dovranno essere realizzati utilizzando materiali compatibili con la presenza costante di acqua nel sottosuolo.

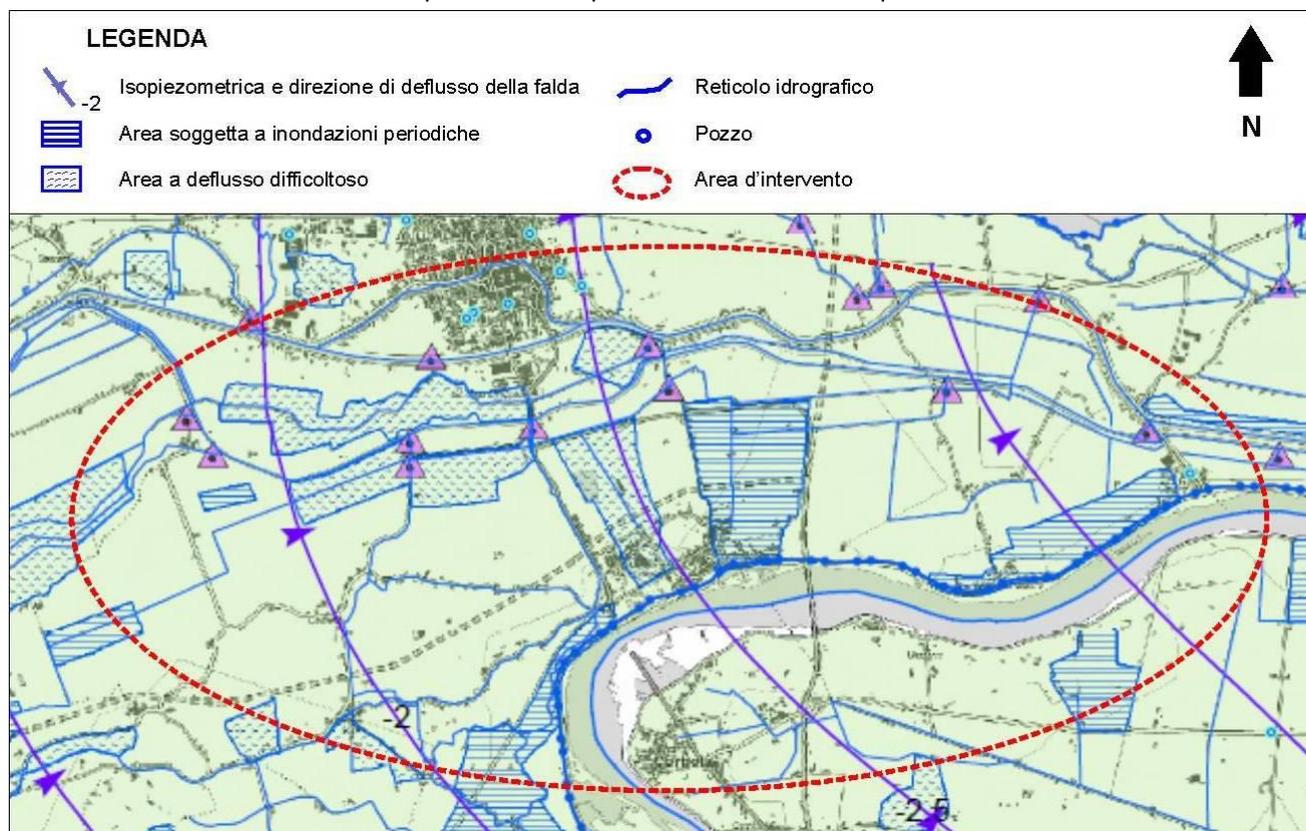


Figura 5. Inquadramento idrogeologico dell'area in esame (estratto dalla Carta "Idrogeologia" del PTCP della Provincia di Rovigo, scala 1:50.000).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "ADRIA BELLOMBRA"				
E-RGG0	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	01.04.2024	Pagina 9 di 20

Dal punto di vista idrologico, si rappresenta che il sito in esame risulta essere soggetto ad un rischio idraulico di grado basso, ponendosi in un'area esterna rispetto alle zone soggette alla dinamica idraulica del locale reticolo idrografico.

Come già evidenziato nelle considerazioni geomorfologiche, si sottolinea che le indagini svolte, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia tecnica disponibile, non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni di esondazione per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali, minori o artificiali di particolare entità che abbiano coinvolto la zona indagata in tempi recenti. A tale merito, si rappresenta che il sito in esame, negli elaborati del vigente **Piano di Gestione del Rischio Alluvionale**, risulta compreso in aree potenzialmente soggette a fenomeni d'inondazione con **Livello di Rischio R1 - moderato**.

Nel dettaglio, come rappresentato in fig. 5, si evidenzia che solo brevi tratti del cavidotto passeranno in prossimità di aree soggette a inondazioni periodiche o caratterizzate da difficoltà di deflusso, mentre le rimanenti zone d'intervento non risultano condizionate da problematiche idrauliche significative.

Alla luce di quanto sopra indicato, nonché valutata la natura dell'intervento in progetto, si conferma la compatibilità di questo con le condizioni di pericolosità locale, non comportando incrementi del rischio idraulico locale.

3. Parametrizzazione geotecnica del sito d'intervento

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri mediati da attribuire ai terreni presenti in sito desunti dai dati disponibili per l'area in esame ed un suo intorno significativo:

A. aree con presenza di depositi alluvionali a granulometria fine (limi e argille)

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI MEDI		
					γ_m t/m ³	ϕ'_m °	Cu_m kg/cm ²
1	Coltre superficiale (profondità massima 1 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,7	20	0,0
2	Depositi alluvionali a granulometria fine	10-20	Coesivo	Moderatamente consistente	1,9	25	0,0 - 0,5

B. aree con presenza di depositi alluvionali a granulometria media (sabbie)

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI MEDI		
					γ_m t/m ³	ϕ'_m °	Cu_m kg/cm ²
1	Coltre superficiale (profondità massima 1 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,7	20	0,0
2	Depositi alluvionali a granulometria media	10-20	Coesivo	Moderatamente consistente	1,9	30	0,0 - 0,25

dove:

Nspt: numero colpi riferibili ad una prova SPT

γ : peso di volume

ϕ : angolo di attrito

Cu: coesione non drenata

I depositi dello strato 2, che costituiranno il piano d'appoggio delle strutture di fondazione delle opere in progetto dell'impianto fotovoltaico, presentano delle caratteristiche geotecniche mediocri: questi risultano essere, infatti, moderatamente consistenti.

Lo schema geotecnico valido per l'area d'intervento, dedotto dalle indagini eseguite, è il seguente:

- piano campagna di riferimento locale: orizzontale;
- profondità della falda: - 2 m;
- terreno di fondazione: Unità litologica 2;
- volume significativo: Unità litologica 1+2;
- valori medi parametri: vedasi tabella precedente.

Di seguito si riportano i valori caratteristici coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M1, ai sensi del D.M. 17.01.2018.

A. aree con presenza di depositi alluvionali a granulometria fine (limi e argille)

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI CARATTERISTICI		
					γ_k	ϕ'_k	Cu_k
					t/m ³	°	kg/cm ²
1	Coltre superficiale (profondità massima 1 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,7	20	0,0
2	Depositi alluvionali a granulometria fine	10-20	Coesivo	Moderatamente consistente	1,9	25	0,0 - 0,5

B. aree con presenza di depositi alluvionali a granulometria media (sabbie)

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI CARATTERISTICI		
					γ_k	ϕ'_k	Cu_k
					t/m ³	°	kg/cm ²
1	Coltre superficiale (profondità massima 1 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,7	20	0,0
2	Depositi alluvionali a granulometria media	10-20	Coesivo	Moderatamente consistente	1,9	30	0,0 - 0,25

dove:

Nspt: numero colpi riferibili ad una prova SPT;

γ_k : peso di volume;

Cu_k : coesione non drenata;

ϕ'_k : angolo di attrito interno efficace.

Di seguito si riportano i valori di progetto coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 7 e nel D.M. 17.01.2018 – NTC. Tali parametri sono stato ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti di riduzione:

$$\gamma_d = \gamma_k/1;$$

$$C_d = C_u_k/1,4;$$

$$\phi'_d = \phi'_k/1,25.$$

A. aree con presenza di depositi alluvionali a granulometria fine (limi e argille)

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI DI PROGETTO		
					γ_d	ϕ'_d	Cu_d
					t/m ³	°	kg/cm ²
1	Coltre superficiale (profondità massima 1 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,7	16	0,0
2	Depositi alluvionali a granulometria fine	10-20	Coesivo	Moderatamente consistente	1,9	20	0,0 - 0,35

B. aree con presenza di depositi alluvionali a granulometria media (sabbie)

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI DI PROGETTO		
					γ_d	ϕ'_d	Cu_d
					t/m ³	°	kg/cm ²
1	Coltre superficiale (profondità massima 1 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,7	16	0,0
2	Depositi alluvionali a granulometria media	10-20	Coesivo	Moderatamente consistente	1,9	24	0,0 - 0,18

dove:

Nspt: numero colpi riferibili ad una prova SPT;

γ_d : peso di volume;

Cu_d : coesione non drenata;

ϕ'_d : angolo di attrito interno efficace.

Una volta ottenuti i predetti valori caratteristici e di progetto, da utilizzarsi nelle diverse tipologie di verifiche da parte del Progettista, tutte le opere e le componenti strutturali dovranno essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalla normativa vigente.

Le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU);
- capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, o comportare la perdita di beni, o provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo (SLU) ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) può avere carattere reversibile o irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) ha carattere reversibile nel caso che si esamini una situazione in cui la deformazione o il danno cessino con l'estinguersi della causa che ha determinato il superamento dello stato limite. Se, pur non avendosi il collasso, l'opera subisce lesioni tali da renderla inutilizzabile, in quest'ultimo caso siamo in presenza di danni irreversibili o di deformazioni permanenti inaccettabili. Ad esempio, nel caso di una fondazione superficiale ciò può verificarsi quando i cedimenti del terreno superano una soglia critica, provocando delle distorsioni angolari non accettabili negli elementi della sovrastruttura.

Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi (SLU).

La verifica della sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) di resistenza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite l'equazione:

$$R_d > E_d$$

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "ADRIA BELLOMBRA"				
E-RGG0	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	01.04.2024	Pagina 13 di 20

con:

- R_d = resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate (di pertinenza del geotecnico e dello strutturista);
- E_d = valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto nelle varie combinazioni di carico (di pertinenza dello strutturista).

Disponendo dei carichi indotti dalle strutture in progetto, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, dovranno essere effettuate dal Progettista le verifiche ai diversi stati limite del sistema geotecnico applicando le combinazioni e i coefficienti parziali sui parametri previsti dal D.M. 17.01.2018.

4. Caratteri sismici dell'area d'indagine

Secondo l'Ordinanza 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, aggiornata con le comunicazioni fornite dalle Regioni, vengono individuate, nelle "norme tecniche", 4 valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Ag/g). Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (Ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (Ag/g).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [Ag/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Nell'ambito della riclassificazione sismica del territorio nazionale, secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, aggiornata con la Deliberazione del Consiglio Regionale Veneto n. 67 del 3.12.2003 ed in seguito modificate con la D.G.R. n.244 del 9 marzo 2021, il territorio comunale di Adria risulta classificato nell'ambito della Zona 3. Tale zona corrisponde a:

- Accelerazione orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g] = 0,05 – 0,15;
- Accelerazione orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [Ag/g] = 0,15.

Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, come riportato nel D.M. delle Infrastrutture 17.01.2018, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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 e 180 m/s.</i>
E	<i>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 m.</i>

Nelle definizioni precedenti $V_{s,eq}$ è la velocità media di propagazione delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio dello strato i -esimo, mentre H indica la profondità del substrato (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s).

Il terreno indagato, in base alle caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti in sito nonché da quanto emerso dalle indagini eseguite, rientra all'interno della categoria C.

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_S e C_C valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di O F_o e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V del D.M., nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo T_c^* è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla pericolosità sismica, i 3 parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica;
- F_o e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "ADRIA BELLOMBRA"				
E-RGG0	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	01.04.2024	Pagina 16 di 20

dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Sempre in merito alle indicazioni fornite nel suddetto punto 3.2.2, si rappresenta che la risposta sismica locale di un sito, oltre che dalle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, dipende anche dalla conformazione morfologica dei luoghi. Pertanto, qualora le caratteristiche topografiche dei luoghi non risultino particolarmente complesse (caso nel quale è necessario prevedere una modellizzazione particolare del sito, necessaria per identificare correttamente le caratteristiche di risposta sismica locale), vengono individuate 4 diverse categorie topografiche, rappresentative di altrettante configurazioni superficiali semplici, riportate nella successiva tabella (Tabella 3.2.IV).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Come riportato nel Decreto, le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area d'intervento, secondo quanto verificato dai rilevamenti eseguiti in sito, ricade in una zona ad acclività molto bassa: pertanto, tale area risulta essere compresa nella categoria topografica T1.

A partire dall'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, ora sostituito dal D.M. 17.01.2018, la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s,eq} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Ai fini della stima dell'azione sismica di progetto relativa al sito ubicato nel territorio comunale in oggetto, con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio "zona dipendente" avremmo potuto stimare l'accelerazione di base (senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del Comune (nel caso in esame, Zona sismica 3).

La classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le coordinate geografiche (o l'indirizzo ove disponibile), riportate nel reticolo di riferimento.

Ai fini della determinazione della pericolosità sismica il primo passo consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere, come anticipato, le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Le coordinate geografiche dovranno essere trasformate da gradi sessagesimali a decimali. Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "ADRIA BELLOMBRA"				
E-RGG0	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	01.04.2024	Pagina 17 di 20

interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Di seguito si riportano i parametri sismici di riferimento validi per il sito in esame.

Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 45,012048
longitudine: 12,035111
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 14520	Lat: 45,0257	Lon: 12,0057	Distanza: 2762,450
Sito 2	ID: 14521	Lat: 45,0265	Lon: 12,0764	Distanza: 3620,561
Sito 3	ID: 14743	Lat: 44,9765	Lon: 12,0776	Distanza: 5169,705
Sito 4	ID: 14742	Lat: 44,9757	Lon: 12,0070	Distanza: 4608,443

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

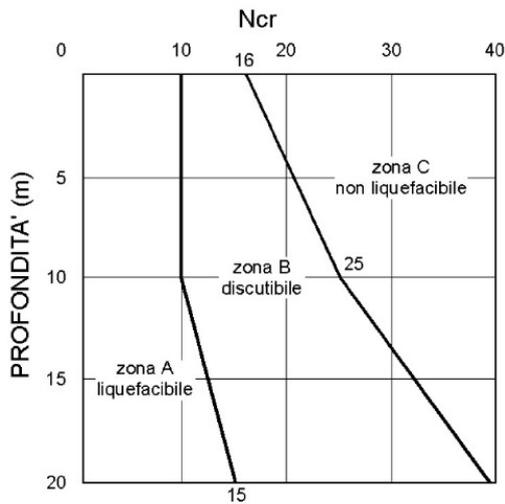
Operatività (SLO): Probabilità di superamento: 81 % Tr: 30 [anni] ag: 0,027 g Fo: 2,506 Tc*: 0,215 [s]	Danno (SLD): Probabilità di superamento: 63 % Tr: 50 [anni] ag: 0,033 g Fo: 2,521 Tc*: 0,261 [s]
Salvaguardia della vita (SLV): Probabilità di superamento: 10 % Tr: 475 [anni] ag: 0,062 g Fo: 2,752 Tc*: 0,355 [s]	Prevenzione dal collasso (SLC): Probabilità di superamento: 5 % Tr: 975 [anni] ag: 0,074 g Fo: 2,821 Tc*: 0,375 [s]

Coefficienti Sismici

SLO: Ss: 1,500 Cc: 1,740 St: 1,000 Kh: 0,008 Kv: 0,004 Amax: 0,403 Beta: 0,200	SLD: Ss: 1,500 Cc: 1,640 St: 1,000 Kh: 0,010 Kv: 0,005 Amax: 0,483 Beta: 0,200
SLV: Ss: 1,500 Cc: 1,480 St: 1,000	SLC: Ss: 1,500 Cc: 1,450 St: 1,000

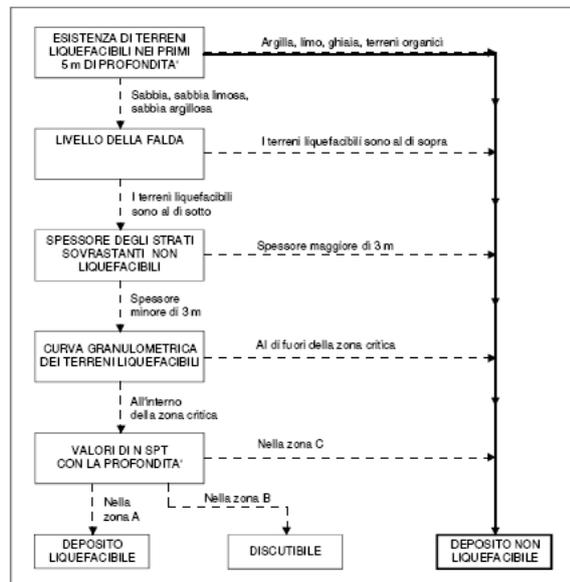
Kh: 0,019 Kv: 0,009 Amax: 0,914 Beta: 0,200	Kh: 0,022 Kv: 0,011 Amax: 1,096 Beta: 0,200
--	--

Per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione in fase sismica del deposito in esame, si fa ricorso alla procedura semplificata proposta da Sherif & Ishibashi (1978); dall'abaco sottostante rileva che il deposito in esame, non rientra tra quelli passibili di liquefazione in fase sismica, per assenza dei seguenti fattori predisponenti: granulometria.



Profili critici di N_{SPT} nei confronti della liquefazione

PROCEDURA SEMPLIFICATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIVITA' ALLA LIQUEFAZIONE DI UN DEPOSITO (Sherif & Ishibashi, 1978).



NOTE:

———— Deposito in esame.

Dall'analisi effettuata è emerso che i terreni presenti in sito, al di sotto del piano di appoggio delle opere fondazionali dei manufatti in progetto, non risultano liquefacibili.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "ADRIA BELLOMBRA"				
E-RGG0	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	01.04.2024	Pagina 19 di 20

5. Considerazioni conclusive

Alla luce delle indagini geologico - tecniche eseguite nell'area d'intervento ed in quelle ad esso circostante, si può concludere che il sito debba ritenersi idoneo ad accogliere le opere in progetto ed i relativi carichi indotti dalle strutture, nell'assoluto rispetto delle raccomandazioni geologiche l.s. di seguito fornite.

Si attesta, pertanto, la fattibilità geologico – tecnica dell'intervento in progetto.

Trattandosi della realizzazione di un intervento collocato all'interno di un contesto già parzialmente antropizzato, si ritiene che gli effetti indotti sull'ambiente circostante saranno contenuti.

Stante quanto indicato nei capitoli precedenti, si riportano alcune prescrizioni da seguire obbligatoriamente in fase di progettazione esecutiva e di realizzazione lavori.

- **A supporto della progettazione esecutiva andrà realizzata una campagna d'indagini in situ e in laboratorio**, atta a definire nel dettaglio il modello geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico del sito d'intervento. Tale indagine dovrà prevedere l'esecuzione delle seguenti attività:
 - Esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino ad almeno 10 m di profondità, con densità di almeno 2 carotaggi per ettaro e prelievo di almeno un campione indisturbato per sondaggio da sottoporre a prove di laboratorio;
 - Esecuzione di prove penetrometriche dinamiche pesanti, spinte fino a rifiuto o almeno 10 m di profondità, con densità pari a quella dei suddetti carotaggi;
 - Esecuzione di tomografie geoelettriche all'interno del lotto d'intervento, sia in direzione del massimo allungamento che della larghezza di questo;
 - Esecuzione di almeno un'indagine sismica superficiale di tipo MASW per ogni zona caratterizzata da una diversa litologia;
 - Esecuzione di prove CBR e proctor su campioni prelevati in sito, atti a determinare le caratteristiche meccaniche dei materiali superficiali;
 - Esecuzione di prove geotecniche e chimiche di laboratorio sui campioni prelevati nei carotaggi.
- **In fase esecutiva, andrà prevista, quando necessario, la figura del Geologo**, al fine di:
 1. valutare eventuali problematiche di carattere geologico – tecnico ed idrogeologico emerse, non previste in fase progettuale, fornendone le adeguate soluzioni tecniche;
 2. valutare, mediante apposite prove sui fronti di scavo e/o sul piano di fondazione, i caratteri geologici e geotecnici dei litotipi ricadenti nel volume significativo di terreno dei manufatti in costruzione, ai fini delle verifiche strutturali di questi;
 3. supportare la D.L. circa possibili varianti resesi necessarie in corso d'opera;
 4. valutare la corretta esecuzione di tutte le attività coinvolgenti la componente geologica l. s.;
 5. effettuare un'attenta analisi visiva del terreno di fondazione per accertare la presenza di eventuali disomogeneità dello stesso e, se rilevate, fornire adeguate soluzioni esecutive atte a garantire il buon esito dell'intervento in oggetto.
- **Evitare fenomeni di appoggio differenziato su porzioni di terreno a diverso grado d'addensamento e consolidamento, il tutto al fine di evitare cedimenti o dissesti.**

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "ADRIA BELLOMBRA"				
E-RGG0	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	01.04.2024	Pagina 20 di 20

- Al di sotto delle fondazioni in c.a., ove previste, dovrà essere gettato in opera un "magrone" di sottofondo in ghiaia o misto granulare anidro, ben costipato e livellato, o eventualmente in cls, di adeguato spessore ed estensione, con eventuale rete elettrosaldata.
- **Ogni fronte aperto** – anche non previsto da progetto, ma resosi necessario in fase operativa - **doirà essere adeguatamente contrastato e sostenuto dalle necessarie opere controterra** (sia di tipo provvisoria, sia, laddove divenuto necessario, di tipo definitivo), al fine di garantire la sicurezza in fase esecutiva ed a lavori ultimati dell'area d'intervento e di un suo congruo intorno. Nel caso si verificano situazioni di disomogeneità, sarà necessario procedere a sistemazioni differenziate.
- **I lavori di scavo dovranno essere eseguiti a campioni di ridotte dimensioni ed in periodi di scarse precipitazioni**, ponendo l'usuale attenzione per le pareti verticalizzate, specie in coltre, ove potrebbero verificarsi dei dissesti, evitando lunghe esposizioni dei fronti di scavo agli agenti atmosferici.
- **I riporti, temporanei e/o definitivi, andranno depositati in aree la cui stabilità, puntuale e del loro intorno, sia stata oggetto di attenta verifica in fase esecutiva**, al fine di garantire la sicurezza dei luoghi nel tempo.
- **Osservare** attentamente, da parte dell'Impresa esecutrice, sotto il controllo del Responsabile della sicurezza e della D.L., l'assoluto rispetto delle **norme in materia di sicurezza nei cantieri**.
- Andranno posti in essere tutti gli interventi, gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza dei luoghi.

La presente relazione costituisce adempimento alle Norme Tecniche di cui al D.M. 17.01.2018.