



Committente:

FLYNIS PV 2 SRL

Via Statuto, 10 - 20121 Milano - Italy
pec: flynispv2srl@legalmail.it

PROCEDIMENTO VIA NAZIONALE

ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Denominazione progetto:

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "LA COMUNA" di potenza 20,2176 MWp

Sito in:

Comune di Argenta (FE)

Titolo elaborato:

Relazione geologica-geotecnica

Elaborato n. **VIA8**

Scala -



Responsabile coordinamento e revisione progetto : dott. for. Edoardo Pio Iurato

TIMBRI E FIRME:

Progettisti: dott. geol. Cristian Borra

Collaboratori: -



REV.:	REDAZIONE:	CONTROLLO:	DATA:	FIRMA/TIMBRO COMMITTENTE:
00	dott. geol. Cristian Borra	dott. for. Edoardo Pio Iurato	10/11/2021	 FLYREN <small>THE CULTURE OF CLEAN ENERGY</small> 
01				
02				



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

PREAMBOLO2

1. PREMESSA3

**2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI, GEOLITOLOGICI, IDROGEOLOGICI E IDROLOGICI DELL'AREA INTERESSATA
DALL'INTERVENTO4**

3. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO D'INTERVENTO8

4. CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INDAGINE10

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE16

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "LA COMUNA"				
ELABORATO VIA 8	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	Data 10.11.2021	Pagina 2 di 17

Preambolo

La società **EnviCons S.r.l.** – sede legale in via Cibrario n° 13, Torino, P.I. 10189620015, ha ricevuto incarico dalla società FlyRen Development S.r.l. - in rappresentanza della società FLYNIS PV 2 S.r.l. -, per la **redazione di uno Studio di Impatto Ambientale inerente la realizzazione di un progetto di produzione agro-energetica sostenibile (c.d. Agrivoltaico)** con le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale complessiva: 20.2176 MWp.
- Superficie catastale interessata: ~33.83 ha.
- Superficie di impianto recintata: 30.55 ha.
- Superficie destinata alle coltivazioni agricole: ~27 ha.
- Classificazione architettonica: impianto a terra.
- Ubicazione: Comune di Argenta (FE) – Regione Emilia-Romagna.
- Particelle superficie catastale/superficie recintata: F. 132 - P. 20, 32, 45, 51- 54, 86, 103-105, 147, 152, 157, 161- 164, 167, 168, 178-184, 187, 189, 190, 232-240, 262, 263.
- Ditta committente: FLYNIS PV 2 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.**

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "LA COMUNA"				
ELABORATO VIA 8	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	Data 10.11.2021	Pagina 3 di 17

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 Argenta (FE) – località Borgo Confina, fa seguito a un'indagine geologico - tecnica preliminare, al fine di fornire al Progettista dell'intervento utili indicazioni su: **i)** termini litologici presenti in sito, **ii)** caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il piano di appoggio delle opere di fondazione in progetto, **iii)** eventuale presenza di fenomeni di dissesto in atto o potenziali (allo stato attuale ed alla luce degli interventi in progetto), **iv)** corrette modalità di raccolta e smaltimento delle acque di precipitazione diretta e provenienti dalle aree limitrofe **v)** caratteri sismici dell'area di indagine.

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 30.55 ettari. 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 Reno;
- Piano Territoriale Paesistico della Regione Emilia-Romania;
- P.T.P.G. della Provincia di Ferrara;
- P.R.G.C. del Comune di Argenta.

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 strumenti di pianificazione territoriale.

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 Argenta, nella pianura del Fiume Reno. Essa è compresa nella cartografia ufficiale nella sezione 222_030 della Carta Tecnica Regionale della Regione Emilia-Romagna, alla scala 1:10000 (Figura 1).

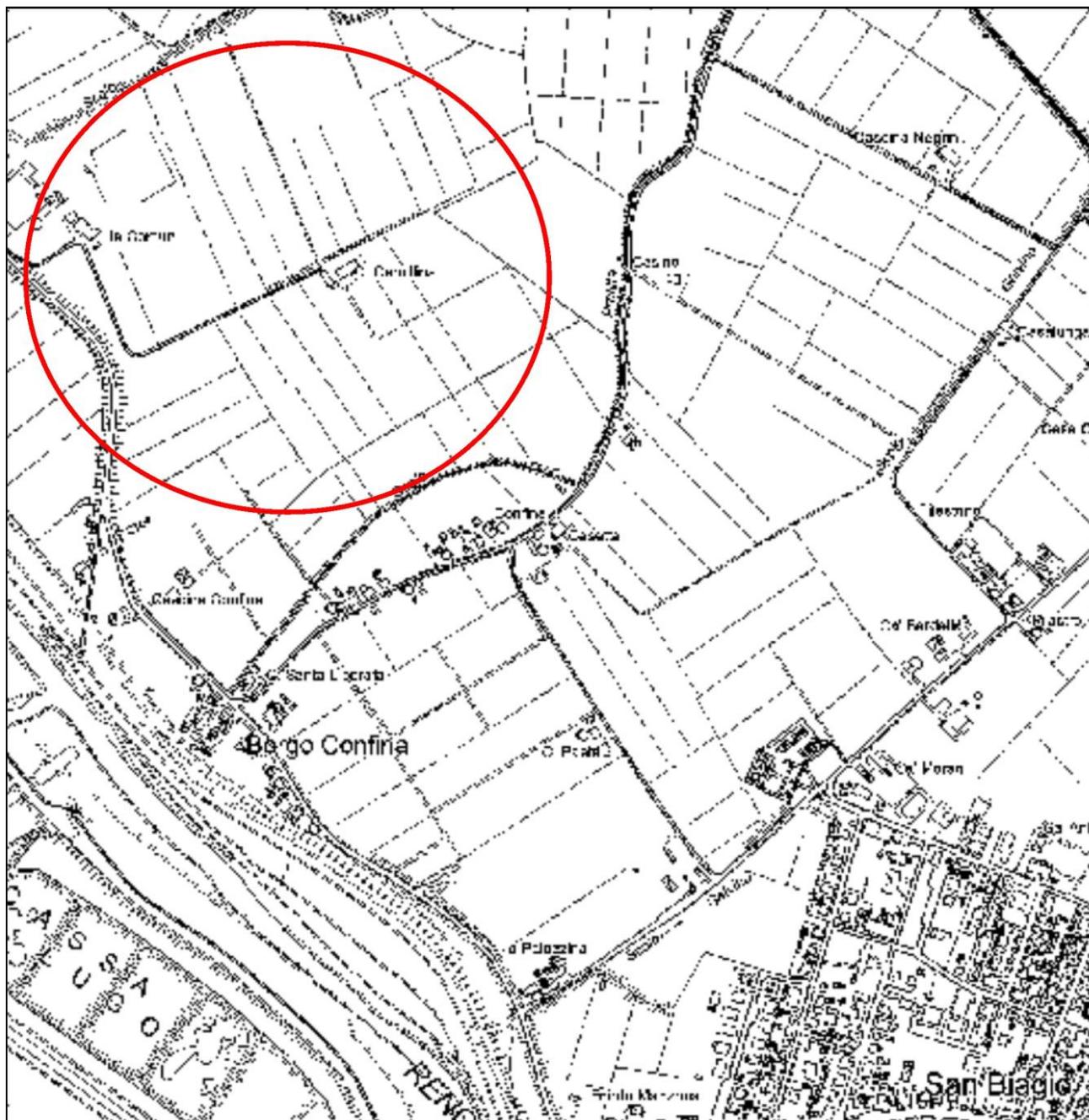


Figura 1. Ubicazione dell'area d'indagine, scala 1:10000

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 alla quota media di circa 1 m s.l.m., in un'area poco antropizzata (a bassa/media densità abitativa) avente uso in prevalenza agricolo, posta nel settore meridionale del territorio comunale.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "LA COMUNA"				
ELABORATO VIA 8	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	Data 10.11.2021	Pagina 5 di 17

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, che abbiano coinvolto la zona indagata in tempi recenti. A tal proposito, si rappresenta che **il sito in esame**, nella Tavola MP11 "Mappa di pericolosità delle aree potenzialmente interessate da alluvioni" del vigente Piano di Bacino, **non risulta compreso in aree potenzialmente soggette a fenomeni d'inondazione**.

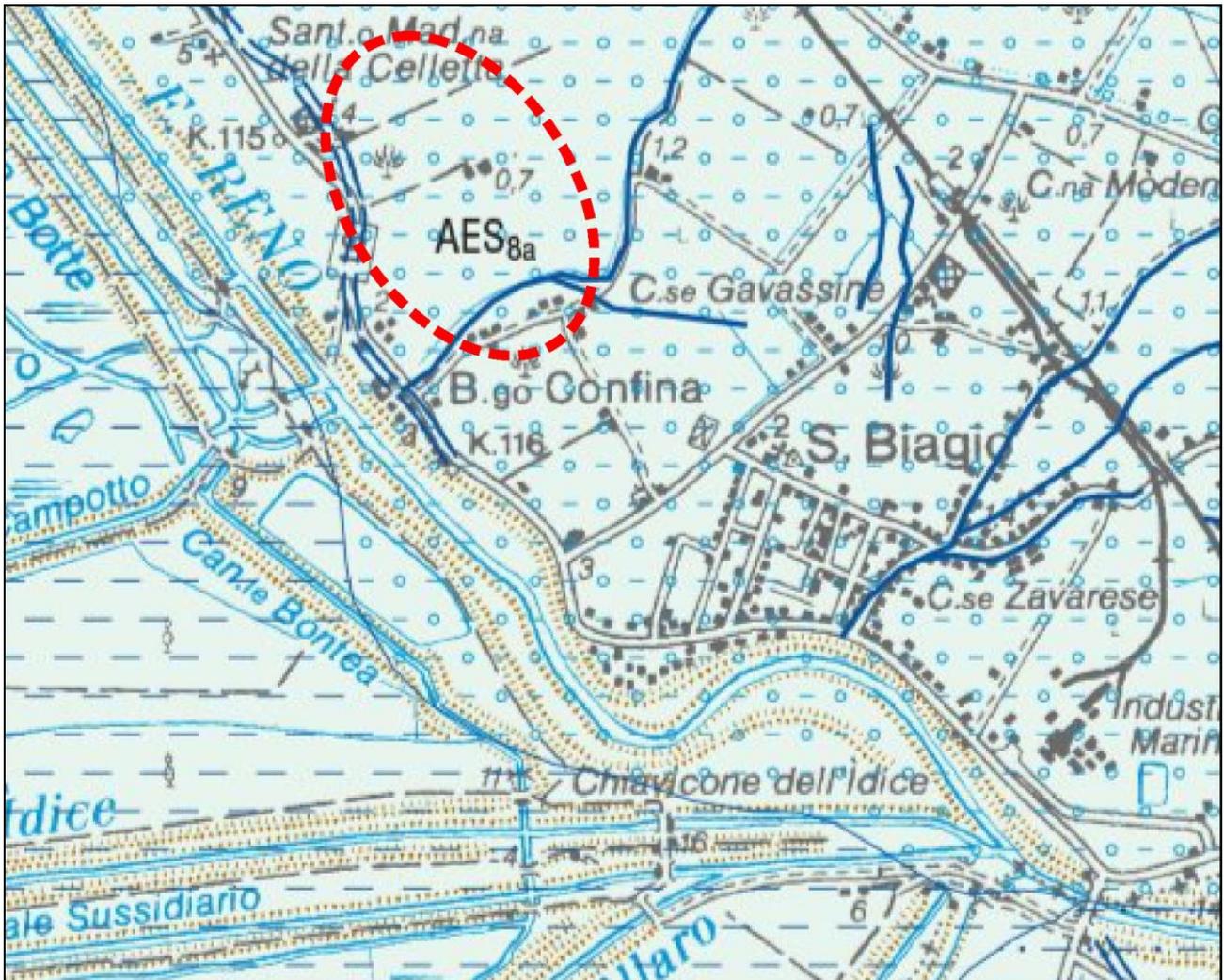
Nel complesso, dal confronto con la cartografia e le prescrizioni di Piano, l'intervento in oggetto risulta compatibile con la Normativa Generale.

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 – recenti, aventi granulometria in genere fine.



Subsistema di Ravenna

Subsistema sommitale del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore

In affioramento: argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di piana inondabile, argine, canale e rotta, bruni e giallastri di piana alluvionale drenata con suoli al tetto. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (10YR, 2.5Y), spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,5 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES_{8a}. Limite inferiore non affiorante.

Nel sottosuolo: depositi appartenenti ad un cuneo trasgressivo-regressivo che si apre verso NE, costituito da depositi di piana alluvionale (prevalenti nell'intero Foglio), deltizi, litorali e, localmente, marini (limitatamente allo spigolo di NE). I depositi di piana alluvionale includono localmente sabbie di canale fluviale a geometria nastriforme e più diffusamente alternanze di sabbie e limi di argine e limi ed argille di piana inondabile. I depositi deltizi e litorali includono un esteso cuneo di argille limose organiche palustri-lagunari passanti verso E e NE a sabbie di cordone e fronte deltizia.

Limite inferiore sepolto dato dal contatto netto tra i depositi fini, scuri, di piana non drenata, palude, laguna e barriera trasgressiva, alla base dell'unità, con i depositi grossolani di canale e argine fluviale al tetto di AES₇.

Subsistema contenente un'unità di rango gerarchico inferiore (AES_{8a}) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico.

Spessore massimo di 25 metri circa.

PLEISTOCENE SUP-OLOCENE (c.a. 14.000 anni BP - attuale; datazione ¹⁴C non. cal. e biostratigrafica).



AES₈

Figura 2. Inquadramento geologico dell'area in esame (estratto dal Foglio 222 "Lugo" della Carta Geologica d'Italia, scala 1:50000).

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 limosa di potenza limitata, la quale, talvolta, ingloba clasti lapidei di piccola e media pezzatura.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "LA COMUNA"				
ELABORATO VIA 8	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	Data 10.11.2021	Pagina 7 di 17

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 sabbioso - limosa, 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 in genere fine (limi, argille e sabbie), aventi grado d'addensamento 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 medio - elevato.

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 di circa 1 m da p.c.

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.

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, che abbiano coinvolto la zona indagata in tempi recenti.

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:

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI MEDI		
					γ_m	ϕ'_m	Cu_m
					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

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, presentano delle caratteristiche geotecniche mediocri: questi risultano essere, infatti, mediamente addensati/ addensati.

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: 1 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.

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

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 drenato.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "LA COMUNA"				
ELABORATO VIA 8	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	Data 10.11.2021	Pagina 9 di 17

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:

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

$$C_d = C_{uk}/1,4;$$

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

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI DI PROGETTO		
					γ_d	ϕ'_d	C_{ud}
					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 - 0,4

dove:

Nspt: numero colpi riferibili ad una prova SPT;

γ_d : peso di volume;

C_{ud} : coesione non drenata;

ϕ'_d : angolo di attrito interno drenato.

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

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "LA COMUNA"				
ELABORATO VIA 8	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	Data 10.11.2021	Pagina 10 di 17

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:

$$R_d > E_d$$

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 (A_g/g). Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (A_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (A_g/g).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [A_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [A_g/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, nonché delle deliberazioni della Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna n. 1435 del 21.07.2003 e n. 1677 del 24.05.2005, il territorio comunale di Argenta risulta classificato nell'ambito della Zona 2. Tale zona corrisponde a:

- Accelerazione orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [A_g/g] = 0,15 – 0,25;
- Accelerazione orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [A_g/g] = 0,25.

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 SS e CC valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di O_{Fo} 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 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.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "LA COMUNA"				
ELABORATO VIA 8	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	Data 10.11.2021	Pagina 13 di 17

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 2).

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 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: 44,595218
longitudine: 11,854711
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16515	Lat: 44,5729	Lon: 11,8065	Distanza: 4554,621
Sito 2	ID: 16516	Lat: 44,5739	Lon: 11,8766	Distanza: 2933,943
Sito 3	ID: 16294	Lat: 44,6239	Lon: 11,8753	Distanza: 3582,245
Sito 4	ID: 16293	Lat: 44,6229	Lon: 11,8051	Distanza: 4995,664

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "LA COMUNA"

ELABORATO VIA 8	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	Data 10.11.2021	Pagina 14 di 17
-----------------	--------------------------------	--------	-----------------	-----------------

Parametri sismici

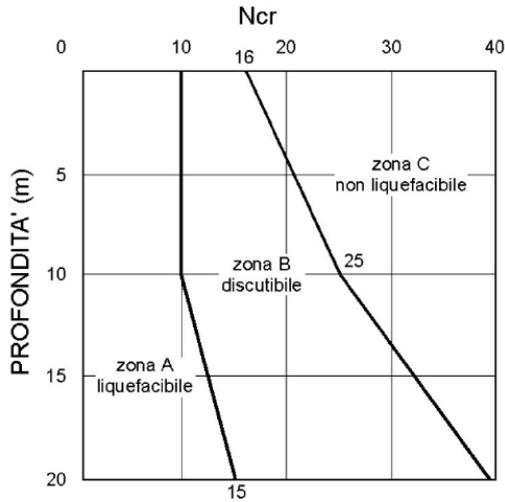
Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO): Probabilità di superamento: 81 % Tr: 30 [anni] ag: 0,047 g Fo: 2,466 Tc*: 0,260 [s]	Danno (SLD): Probabilità di superamento: 63 % Tr: 50 [anni] ag: 0,058 g Fo: 2,495 Tc*: 0,275 [s]
Salvaguardia della vita (SLV): Probabilità di superamento: 10 % Tr: 475 [anni] ag: 0,160 g Fo: 2,577 Tc*: 0,276 [s]	Prevenzione dal collasso (SLC): Probabilità di superamento: 5 % Tr: 975 [anni] ag: 0,212 g Fo: 2,515 Tc*: 0,284 [s]

Coefficienti Sismici

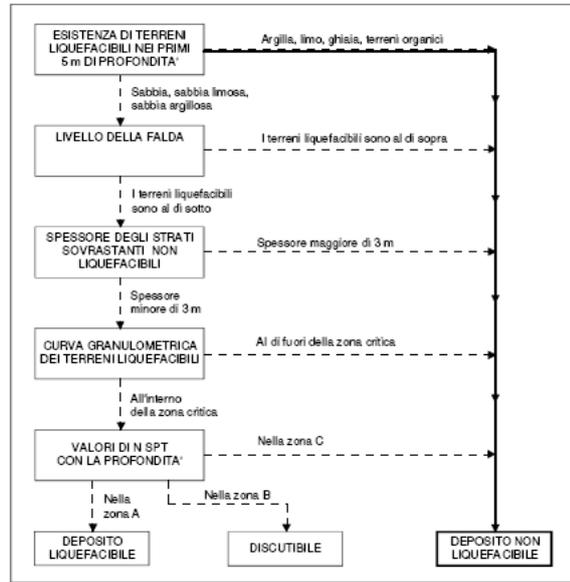
SLO: Ss: 1,500 Cc: 1,640 St: 1,000 Kh: 0,014 Kv: 0,007 Amax: 0,685 Beta: 0,200	SLD: Ss: 1,500 Cc: 1,610 St: 1,000 Kh: 0,017 Kv: 0,009 Amax: 0,853 Beta: 0,200
SLV: Ss: 1,450 Cc: 1,610 St: 1,000 Kh: 0,056 Kv: 0,028 Amax: 2,279 Beta: 0,240	SLC: Ss: 1,380 Cc: 1,590 St: 1,000 Kh: 0,082 Kv: 0,041 Amax: 2,875 Beta: 0,280

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 "LA COMUNA"				
ELABORATO VIA 8	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	Data 10.11.2021	Pagina 16 di 17

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 edificato, 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 prove penetrometriche dinamiche medie, spinte fino a rifiuto o almeno 3 m di profondità, con densità pari ad almeno 1 prova ogni 3 ettari;
 - 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;
 - 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 "LA COMUNA"				
ELABORATO VIA 8	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	Data 10.11.2021	Pagina 17 di 17

- 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, od eventualmente in cls, di adeguato spessore ed estensione, con eventuale rete elettrosaldata.
- **Ogni fronte aperto dovrà essere adeguatamente contrastato e sostenuto dalle necessarie opere controterra**, sia di tipo provvisoria che definitiva, 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.
- **Dovranno essere realizzate tutte le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza**, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore, al fine di evitare ogni possibile problematica dissestiva.
- **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.