



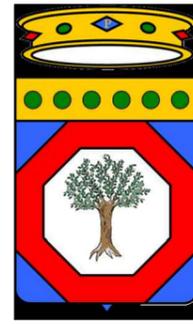
COMUNE DI
FOGGIA



COMUNE DI
LUCERA



COMUNE DI
TROIA



REGIONE PUGLIA



Statkraft

PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO CELONE



PROGETTO

CELONE

SOCIETA'

SKI 05 S.r.l.

RAPPRESENTANTE
LEGALE
DI TILLIO CARLA

PROJECT MANAGER
TORTORICI GIUSEPPE

Titolo dell'allegato:

RELAZIONE GEOTECNICA

REV	DOCUMENTO	DATA
1		07/02/2022

**CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO
IMPIANTO EOLICO ED OPERE CONNESSE COMPOSTO DA 18
AEROGENERATORI PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 111,6MW
UBICATO NEI COMUNI DI FOGGIA-LUCERA E TROIA**

COMMITTENTE

SKI 05 srl
Via Caradasso,9
20123 Milano(MI)
ski05@unapec.it

Il progettista:

ATS Engineering srl
P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)
0882/393197
atseng@pec.it

Ing. Eugenio Di Gianvito
atsing@atsing.eu



CELONE		
<i>IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 18 AEROGENERATORI PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 111,6 MW UBICATO NEI COMUNI DI FOGGIA-LUCERA -TROIA</i>	Data:	07/02/2022
	Revisione:	1
	Codice Elaborato:	REL06
Società:	<i>SKI 05 S.r.l.</i>	
Rappresentante Legale	Di Tillio Carla	
Project Manager	Tortorici Giuseppe	

Elaborato da	Data	Approvato da	Data Approvazione	Rev	Commenti
ATS Engineering S.r.l	07/02/2022	ATS Engineering S.r.l		1	

Sommario

PREMESSA	3
LITOSTRATIGRAFIA DELL'AREA	4
ELEMENTI DI GEOTECNICA	7
CONCLUSIONE	10

PREMESSA

La presente relazione geotecnica è stata redatta a corredo del progetto per la realizzazione di un parco eolico per la produzione di energia elettrica, e delle relative opere di connessione e distribuzione, proposto dalla società *SKI 05 s.r.l.*, nella provincia di Foggia, nei comuni di Foggia, di Lucera e di Troia.

L'area interessata dall'intervento è localizzata nel settore ovest del comune di Foggia, a sud - est del centro abitato di Lucera e nord - est di quello di Troia.

Il sito in esame sorge nel settore orientale del Tavoliere.

Nello specifico, il progetto prevede la costruzione di n. 18 convertitori di energia eolica, delle relative linee elettriche in cavo sotterraneo (cavidotti d'interconnessione) per il vettoriamento dell'energia prodotta, la costruzione di piazzole di montaggio e di strade di accesso alle piazzole, oltre alla costruzione della sottostazione elettrica.

Il presente studio geologico ha perseguito i seguenti scopi:

- Individuazione dei litotipi costituenti la successione stratigrafica presente nell'area in esame, con particolare riferimento al loro assetto giaciturale;
- Caratterizzazione meccanica della successione litologica costituente l'area fondale delle opere previste dal progetto.

Lo studio, esteso ad un'area più ampia di quella direttamente interessata dai lavori in progetto allo scopo di definire un quadro di riferimento geologico generale, si è avvalso, oltre che del rilevamento geologico di superficie, dei dati raccolti in precedenti esperienze professionali espletate nello stesso territorio comunale unitamente all'esame della bibliografia esistente.

La presente relazione è stata redatta in conformità a quanto previsto dal D.M. LL.PP. dell'11 Marzo 1988 e successiva circolare LL.PP. n°30483/88 che seppur non sia stato ufficialmente abrogato, può ritenersi sostanzialmente superato dalle NTC2008 che, come recita la *Premessa* al Cap 1: *"...raccolgono in un unico organico testo le norme prima distribuite in diversi decreti ministeriali"* e, soprattutto, risultano essere coerenti con gli Eurocodici (Eurocodice 7 - *progettazione geotecnica* in particolare).

LITOSTRATIGRAFIA DELL'AREA

Il territorio oggetto dello studio ricade nel settore orientale del F° 163 "Lucera" della Carta Geologica d'Italia 1:100.000.

Il territorio d'indagine è posto nella fascia di affioramento di formazione appartenenti al ciclo deposizionale plio-pleistocenico della pianura Dauna, con presenza di depositi alluvionali recenti in corrispondenza dei solchi erosivi dei principali corsi d'acqua che attraversano la pianura settentrionale di Lucera.

La serie deposizionale plio-pleistocenica, poggia in trasgressione sulle formazioni del basamento carbonatico mesozoico, ribassato in queste aree e rinvenibile a profondità di oltre 300-500 m. dal p.c., con ulteriore approfondimento dello stesso, oltre 1.000-2.000 m. in corrispondenza della fascia sub-appenninica. La serie carbonatica mesozoica affiora invece più ad est, in corrispondenza del promontorio garganico, con un distacco morfologico generato da una lineazione tettonica a vergenza diretta in corrispondenza della fascia pede-garganica, lungo il T. Candelaro.

La successione stratigrafica dei luoghi si compone, dall'alto verso il basso, di termini riferibili alle seguenti unità, come si evince da stratigrafie AGIP eseguite in zona:

a) "Crostoni/Terre nere di fondi palustri" (Qp)

Qp - Terre nere di fondi palustri. Terre nere torbose, limi argillosi con resti di vegetali e manufatti silicei di tecnica indeterminabile occupano aree assai vaste nella regione a Nord di Lucera ed appaiono localizzate particolarmente alla confluenza delle valli. Rappresentano residui della morfologia del tardo pleistocene e si formano in condizioni climatiche più fresche delle attuali.

Qcr - Crostoni calcarei. Crostoni calcarici evaporatrici, straterellati, in pile di diversi metri di spessore, talora sotto forma di concrezioni e lenti in Qt, di aspetto anche spugnoso e scoriaceo, affiorano, in larghe placche in diversa posizione altimetrica e morfologica. Contrariamente all'opinione espressa da taluno, si ritiene che l'età di questi crostoni sia diversa in rapporto alla differente posizione altimetrica.

b) "Depositi fluviali terrazzati" (Qt) di età Olocenica

I rilievi spianati che formano il Tavoliere della Capitanata, tra i quali possiamo prendere come esempio tipico quello su cui sorge Lucera, sono separati da valli amplissime, palesemente sproporzionate ai corsi d'acqua che le solcano. Il fondo di queste valli è coperto da una coltre alluvionale prevalentemente sabbiosa, con livelletti di ciottolame siliceo minuto, che raggiunge al massimo una decina di metri di spessore. Essa è stata incisa da corsi d'acqua attuali, che scorrono adesso circa 7-8 metri più in basso.

c) "Alluvioni recenti ed alluvioni terrazzate" (Q-Qt): lungo le sponde dei canali e dei torrenti maggiori

si rinvengono limi argille e sabbie formanti lenti e letti di diversa potenza e variamente intercalati fra loro.

Le alluvioni terrazzate sono formate da lenti e letti di ghiaie più o meno cementate, intercalati a luoghi a livelli di conglomerati compatti, a sabbie a stratificazione incrociata ed argille verdastre. La natura litologica degli elementi più grossolani è molto varia e il loro arrotondamento è notevole.

Nei ciottoli di medie dimensioni il grado di appiattimento è abbastanza pronunciato. Stabili per posizione, hanno buona capacità portante. Frequenti le variazioni sia orizzontali che verticali. Permeabili per porosità dove la frazione argillosa è assente, ospitano falde acquifere sospese. La loro età è l'OLOCENE-PLEISTOCENE sup.

d) “Sabbie marine gialle e ciottolame” (Qm2-Qc1-Qc2) (Pleistocene)

Qc1- Ciottolame con elementi di medie e grandi dimensioni a volte cementati. I depositi distinti con questa sigla sono composti da ciottolame misto a sabbie sciolte o in puddinga, costituito da elementi di arenaria e di calcare detritico derivanti dal flysch, di dimensioni medie tra 10 e 30 cm di diametro, alternato con sabbie ed andamento lenticolare e talora a stratificazione incrociata. Superiormente si presentano con concrezioni e crostoni calcarei. Questo complesso raggiunge una potenza di 50 m e forma le superfici spianate dei terrazzi più alti del Tavoliere, fino a 400 m di quota s.l.m. (presso Troia).

Esso poggia con lievi discordanze sui sedimenti sottostanti, ma taluni affioramenti nei pressi di Troia mostrano continuità con le sottostanti sabbie marine attribuite al Calabriano. Questi depositi vengono interpretati come accumuli deltizi formati in corrispondenza di fasi pluviali durante le quali le capacità di trasporto dei corsi d'acqua ed i processi di denudamento sarebbero stati straordinariamente attivi. Circa la loro età si ritiene probabile che essi corrispondano alla fine dell'oscillazione eustatica calabriana.

Qm2 - Sabbie gialle fini con molluschi litorali e salmastri. Nell'angolo nord-orientale della regione affiorano sabbie fini gialle con molluschi salmastri. Questi depositi rappresentano probabilmente un passaggio laterale del termine Qc2. Essi affiorano estesamente, più a Nord, della zona qui esaminata, verso San Severo. Nell'insieme essi costituirebbero le facies continentali e litorali di una trasgressione medio-pleistocenica.

Qc2 - Ciottolame incoerente con elementi di piccole e medie dimensioni, prevalentemente selciosi. Segue superiormente ciottolame calcareo e selcioso di dimensioni variabili tra 2 e 10 cm di diametro, misto ed alternato a sabbie d'origine alluvionale, depositato forse in ambiente lagunare o deltizio. Questo materiale poggia in discordanza sui terreni sottostanti come è ben visibile alle cave M. Ripatetta, a SE di Lucera e al Podere Li Vigna, a Nord della stessa città.

Anche in questi terreni si osservano intercalazioni e lenti di crostoni calcarei; vi compaiono inoltre livelletti di argilla. Il deposito spesso alcune decine di metri, forma superfici spianate degradanti ad Est ed a Sud-Est tra 300 e 100 m s.l.m.

e) “Argille scittose, Argille Marnose, Sabbie argillose” (PQa) (Pliocene- Calabr). Argille scittose, argille

marnose grigio-azzurrognole, sabbie argillose. Un complesso di sabbie argillose, argille marnose grigio-azzurrognole, nonché di argille scittose, caratterizza la parte bassa dei rilievi del Tavoliere e va ad appoggiare, ad occidente, sulle varie Formazioni del flysch dei Monti della Daunia. Data la natura franosa di questi terreni, i loro particolari strati metrici non sono molto chiari, ma in generale essi rivelano una costante immersione verso oriente con inclinazione massime di 5°.

Alla stessa facies sono associate altre formazioni derivanti da oli stromi, sabbie e arenarie preplioceniche interessate nella evoluzione di formazione del bacino di sedimentazione marina.

f) “Depositi marini sabbioso-argillosi” di età Pliocenica, distinti in:

Br – Breccie e elementi calcarei (Pleistocene), Breccie cementate a elementi calcarei con spigoli arrotondati. Questi depositi sono probabilmente il prodotto della abrasione marina che ha spianato in due ordini di terrazze i sedimenti mesozoici e miocenici. L’età è probabilmente pleistocenica.

Qm2 – Sabbie giallastre con fauna litorale (Pleistocene). Sabbie di colore giallastro, pulverulente, con abbondanti concrezioni calcaree e caratterizzate da una fauna a molluschi marini di facies litorale (Pecten, Chliamys). Sono quasi ovunque ricoperte da un crostone calcareo sabbioso straterellato. Verso ovest, nel foglio “Lucera”, fanno passaggio laterale a depositi ciottolosi contraddistinti con la sigla Qc2. L’Età è pleistocenica.

g) “serie Miocenica: (marne e calcari brecciati) (Miocene). Non affioranti in area, ma rinvenuti in perforazioni AGIP, sono state rinvenute a profondità di oltre 1.000-1500 m. dal p.c. sono generalmente rappresentate da molasse, puddinghe poligeniche e argille siltose quarzose.

h) “Calcari compatti” (Cretaceo). Generalmente di origine organogena presenta una rottura da concoide, scheggiata e le colorazioni più diverse. La struttura è a strati e banchi, oppure massiccia. Spesso presentano impurità come argilla, silice etc.

i) “Calcari, calcari dolomitici e dolomie stratificate” (Cretacico) si tratta di calcari, calcari dolomitici e dolomie stratificate di facies neritica e pelagica, stratificate in banchi di grosse dimensioni, ribassati a seguito di evoluzione tettonica distensiva, rinvenibile a profondità non inferiore ai 200-300 m.

j) “Sabbie ed argille marnose grigio azzurre” (PQa-PQs) (Pliocene)

PQa – Argille e argille marnose grigio-azzurre (Pliocene-Calabriano). Con questa sigla sono state indicate le argille e argille marnose, talora sabbiose, di colore grigio-azzurrognolo, che costituiscono la parte più bassa della serie plio-quadernaria affiorante. L’esame micro paleontologico dei campioni ha permesso il riconoscimento di una fauna caratterizzata da Cassiduline, Bulmine, Bolivine, Rotalie e Globigerine. Tale associazione fa attribuire le argille in questione ad un’età pliocenica e, probabilmente, in parte calabriana.

PQs – Sabbie e sabbie argillose (Pliocene sup. –Calabriano s.l.). In continuità di sedimentazione con PQa si hanno, in alto, sedimenti sabbiosi, in parte argillosi, con intercalazione arenacee giallastre e lenti di ciottoli.

Questa unità rappresenta il termine più alto della serie pliocenico-calabriana.

In prima analisi le piazzole e le fondazioni delle torri 1, 2, 3, 4, 7 andranno ad interessare le sabbie marine gialle e ciottolame; le torri 5 e 6 andranno ad interessare le argille e argille marnose grigio azzurre.

I depositi alluvionali, quadernari, sono riferibili a più cicli sedimentari marini ed a fasi continentali di alluvionamento, e sono posti, terrazzati, a quote via via decrescenti.

Lo spessore dei depositi sabbiosi-conglomerati risulta nella zona considerevole; al di sotto affiorano gli antichi depositi calcarenitici e calcarei miocenici e cretacei.

Dati di perforazioni di pozzi per acqua eseguite nelle immediate vicinanze del territorio in esame hanno evidenziato la seguente successione litostratigrafica: al di sotto di una modesta copertura di terreno vegetale affiorano, successione litostratigrafica: al di sotto di una modesta copertura di terreno vegetale affiorano, con spessori di diverse decine di metri, depositi sabbiosi e sabbio-calcarenitici, a diverso grado di cementazione, di colore giallo. La successione prosegue con materiali argillosi ed argillo-sabbiosi di colore grigio-azzurro con intercalazione di livelletti conglomeratici.

Il basamento calcareo affiora alla profondità di alcune centinaia di metri e si presenta come calcare bianco, variamente fessurato e fratturato, caratterizzato dall'alternanza continua di livelli compatti e livelli più disarticolati.

ELEMENTI DI GEOTECNICA

In questa fase non sono disponibili dati puntuali sui caratteri geotecnici dei terreni affioranti nel territorio di interesse. Per tale ragione, nel seguito si riporta una parametrizzazione geotecnica dei suddetti lio tipi ricavata dall'esame dei risultati di indagini eseguite su campioni di terreni, della stessa tipologia, prelevati nel corso di campagne di indagini eseguite in siti adiacenti a quello in esame, nello stesso territorio comunale, unitamente ad informazioni bibliografiche disponibili.

Dati più precisi deriveranno dalle indagini che saranno effettuate a supporto della successiva fase di progettazione esecutiva del parco.

E' possibile indicare, quindi, i seguenti parametri per le varie litologie utili ai fini delle indicazioni sull'interazione terreno-struttura e sulla stabilità dell'area oggetto dell'intervento.

Depositi fluviali terrazzati:

Dal punto di vista litologico si tratta di depositi alluvionali, affioranti sul fondo e sulle pareti delle valli, costituiti prevalentemente da ghiaia, sabbie con intercalati livelli di ghiaietto siliceo. Il loro spessore risulta molto variabile ed in genere al massimo pari alla decina di metri.

Talvolta, superiormente possono essere ricoperti da modesti spessori di depositi lacustri, formati per successive fasi di deposito ed erosione, rappresentati da argille con coperture in superficie di "terre nere".

Caratteri geotecnici della frazione sabbiosa-ghiaiosa: deposito non coesivo. Sabbia media e ghiaia arrotondata, ben assortita, densa, di bassa compressibilità e poco deformabile; la permeabilità è da media ad alta.

In tali materiali risulta estremamente complesso il prelievo di campioni indisturbati ed è altrettanto improbabile eseguire qualunque tipo di prova penetrometrica, per cui la seguente parametrizzazione geotecnica fa riferimento ai risultati di prove SPT in sabbia e/o a prove geotecniche eseguite su campioni a prevalente componente sabbiosa, prelevati nell'ambito di tale unità.

La tabella seguente sintetizza i valori da assegnare ai principali parametri geotecnici:

$$\gamma \quad \gamma' \quad c' \quad \sigma \quad \phi$$

Parametro geotecnico	Valore assunto
γ peso volume	1,9-2,0 g/cm ³
γ' peso volume immerso	0,9-1 g/cm ³
c' coesione	0,5-0,7 g/cm ²
ϕ angolo di resistenza al taglio	30°
M modulo endometrio ($\sigma = 1kg/cmq$)	4000-6000 g/cm ²
K costante di Winkler	10 kg/cm ³

Caratteri geotecnici della frazione argillosa: depositi coesivi: limo argilloso-sabbioso, di consistenza elevata, di medio-bassa compressibilità, impermeabile e/o talora permeabile per fessurazione. La tabella seguente sintetizza i valori da assegnare ai principali parametri geotecnici:

Parametro geotecnico	Valore assunto
γ peso volume	1,7-1,8 g/cm ³
c' coesione	0,15-1 g/cm ²
ϕ angolo di resistenza al taglio	10°-20°
W contenuto naturale d'acqua	20-26%
LL limite liquido	40-70%
M modulo edometrico ($\sigma = 1kg/cmq$)	500-600 g/cm ²
K costante di Winkler	8-10 kg/cm ³

Sabbie di Serracapriola: poggiano in concordanza stratigrafica sulle argille di Montesecco.

Dal punto di vista litologico si tratta di sabbie quarzose giallastre che si presentano generalmente in grossi banchi, con livelli lentiformi di conglomerati e intercalazioni d'arenarie cementate e argille biancastre e verde chiaro. Lo spessore della formazione è normalmente di 30 metri.

Si tratta di materiali non coesivi, riferibile a sabbia medio-fine, da mediamente densa a densa, permeabile, di medio-bassa compressibilità.

La tabella seguente sintetizza i valori da assegnare ai principali parametri geotecnici:

Parametro geotecnico	Valore assunto
γ peso volume	1,8-1,9 g/cm ³
c' coesione	0,2-1 g/cm ²
ϕ angolo di resistenza al taglio	15°-25°
M modulo edometrico ($\sigma = 1kg/cmq$)	500-600 g/cm ²
K costante di Winkler	5-10 g/cm ³

Argille di Montesecco: presentano uno spessore rilevante. Dal punto di vista litologico, si tratta di argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con talvolta intercalazione sabbiose, più frequenti nella parte alta della formazione, che assumono una colorazione giallastra in superficie per alterazione.

Sono depositi coesivi, riferibili ad argilla limosa, a consistenza elevata, poco compressibile ed impermeabile.

La tabella seguente sintetizza i valori da assegnare ai principali parametri geotecnici:

Parametro geotecnico	Valore assunto
γ peso volume	1,9-2,0 g/cm ³
c' coesione	2,0-3,0 g/cm ²
ϕ angolo di resistenza al taglio	25°
W contenuto naturale d'acqua	20-26%
LL limite liquido	45-60%
M modulo edometrico ($\sigma = 1kg/cmq$)	700-1500 g/cm ²

Calcareniti di Apricena: dal punto di vista litologico si tratta di calcareniti organogene a grana fine, porose e tenere, di colore variabile dal giallastro paglierino all'avana chiaro, al bianco-grigiastro, localmente con livelli grigio-verdastrie nerastri e con intercalazioni sottili di livelli argillosi.

Generalmente presentano un aspetto massiccio, talora con evidenti strutture laminari a diagenesi frequentemente differenziata tra le singole lamine.

Il grado di cementazione è generalmente basso; granulometricamente sono delle sabbie fini talora siltose.

Dal punto di vista geotecnico, sono rocce "tenere". Ai fini della loro caratterizzazione geotecnica è necessario considerare che esiste una netta differenza tra i caratteri dall'ammasso roccioso in toto e quelle del campione prelevato ed analizzato in laboratorio.

Nell'ambito della stessa formazione e collocazione geografica gli ammassi calcarenitici racchiudono variazioni sulla stessa verticale della composizione granulometrica; variazione del tipo e quantità di matrice e della percentuale di cemento con conseguente variabilità della cementazione della roccia; livelli o letti organogeni talvolta particolarmente sviluppati; discontinuità postsedimentarie, quali la presenza di giunti di fratturazione, variamente spazati ed orientati; fenomeni erosivi e dissolutivi intensi quali paracarsismo e carsismo; alterazioni, erosione e fenomeni morfogenici esterni.

La ricorrenza spaziale dei citati fenomeni può essere ritmica, aritmica o casuale, introducendo quindi nell'ammasso calcarenitico elementi di discontinuità più o meno evidenti al taglio fresco della roccia, ma molto più evidente dopo esposizione della stessa agli agenti atmosferici per molti anni.

Tali discontinuità possono quindi essere del tutto assenti alla scala del provino da laboratorio o del concio di cava, determinando così una caratterizzazione geotecnica che risente dell'effetto scala e dimensione.

La tabella seguente sintetizza i valori da assegnare ai principali parametri geotecnici:

Parametro geotecnico	Valore assunto
peso specifico reale	1,8 g/cm ³
peso specifico totale	1,5 g/cm ³
resistenza a compressione	150 kg/cm ²
porosità	30%-40%
coefficiente di imbizione	18%

CONCLUSIONE

Sulla base della parametrizzazione meccanica sopra esposta, per quanto riguarda il tipo di fondazione delle torri degli aerogeneratori, considerata la natura dei terreni di fondazione ed i parametri geo-meccanici previsti, con particolare riferimento alla deformabilità degli stessi, per evitare pericolosi cedimenti differenziali, si ritiene necessario adottare la soluzione di fondazioni su pali da attestare convenientemente sulle sottostanti argille compatte. Tuttavia in base alle valutazioni sopra esposte si può ritenere indicativamente che i carichi ammissibili siano compresi tra 2 e 2,5 kg/cmq.

La tipologia di fondazione da adottare sarà comunque definita con maggiore accuratezza in fase esecutiva.

E' importante sottolineare che i parametri meccanici ipotizzati sono da ritenersi "preventivi", poichè una caratterizzazione precisa ed accurata deriverà, in fase successiva dall'esecuzione di indagini in sito ed in laboratorio puntuali, da eseguire in corrispondenza dei singoli siti su cui è prevista la costruzione delle torri.

In fase esecutiva si dovrà verificare il quadro ipotizzato nella presente relazione, in merito alla natura e alle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione, mediante l'esecuzione d'indagine geognostiche puntuali ed in numero adeguato al tipo d'intervento previsto (sondaggi meccanici a rotazione e a carotaggio continuo, con prelievo di campioni indisturbati, prove penetrometriche e prove geotecniche di laboratorio, indagini sismiche ecc.). Per la costruzione delle strade si prevede la bonifica di sottofondo mediante asportazione del suolo alterato superficiale, sostituendolo con materiale arido di cava, eventualmente avvolto in tessuto non tessuto, a profondità variabile da zona a zona, che dovrà essere accertata, in fase esecutiva, sulla base dei risultati ottenuti delle indagini specifiche e puntuali.

Per i cavidotti interrati particolare attenzione dovrà essere rivolta alla scelta del percorso, con particolare riguardo alla sistemazione del deflusso delle acque superficiali, evitando, dove possibile, quei tracciati dove sono palesemente visibili movimenti di massa attivi e/o quiescenti.