

REGIONE SARDEGNA
Provincia di Sassari
COMUNI DI NULVI E TERGU

PROGETTO

PROGETTAZIONE PARCO EOLICO "MATTESUIA"



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



edp
Renewables

EDPR Sardegna S.r.l.
Via Lepetit 8/10
20124 - Milano

PROGETTISTA



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mariano Galbo'.



OGGETTO DELL'ELABORATO

RELAZIONE GEOTECNICA

REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO		
0	Dicembre 2022	PRIMA EMISSIONE	MG	VF	EG		
CODICE ELABORATO		DATA	SCALA	FORMATO	FOGLIO	CODICE COMMITTENTE	
NUL-PD-R14					1 di 17		

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	8
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	11
6	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	13
7	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	14
8	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	16

1 PREMESSA

La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo dell'impianto eolico denominato "Mattesnia" composto da otto aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,0 MW, per una potenza complessiva di 48 MW, ubicato nel comune di Nulvi e nel Comune di Tergu, Provincia di Sassari e proposto dalla società EDPR Sardegna S.r.l. con sede in Milano Via Lepetit 8/10.

Il modello tipo di aerogeneratore scelto avrà potenza nominale di 6,0 MW con altezza mozzo pari a 102,5 m, diametro rotore pari a 155 m e altezza massima al top della pala pari a 180 m. Questa tipologia di aerogeneratore è allo stato attuale quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell'impianto.

Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori ricadono nelle contrade Pintasi (NU01), Sa Marchesa (NU02), Ruspina (NU03 e NU04), Mura Bianca (NU05), Sa Marchesa (NU06 e NU07), Monte Palmas (NU08).

Oltre che degli aerogeneratori, il progetto si compone dei seguenti elementi:

- elettrodotto interrato MT da 30 kV, di collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione utente 30/150 kV ubicata nel Comune di Tergu,
- stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV,
- cavidotto interrato AT a 150 kV lungo circa 20 m che collegherà la stazione elettrica di trasformazione alla nuova stazione RTN ,
- nuova Stazione Elettrica RTN a 150 kV, di proprietà di Terna, denominata "Tergu"; da inserire in entra – esce alle linee RTN a 150 kV "Sennori – Tergu" e "Ploaghe Stazione – Tergu",
- raccordi di connessione AT a 150 kV, tra la stazione 150 KV "Tergu" le linee RTN a 150 kV "Sennori – Tergu" e Ploaghe Stazione – Tergu".

Il presente documento si propone di descrivere la caratterizzazione geotecnica e sismica dei siti in oggetto.

Le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni sono state desunte dallo studio geologico allegato al presente progetto e redatto dal Geologo Francesca De Murtas.

Sul sito di indagine è stata effettuata una indagine geognostica atta a ricostruire essenzialmente la stratigrafia del sottosuolo e le condizioni litologiche, nonché determinare, attraverso prove geotecniche mediante analisi di laboratorio, i parametri geotecnici di riferimento ai quali attenersi per le verifiche geotecniche di progetto.

L'indagine geognostica è stata articolata come segue:

- Esecuzione di n. 1 sondaggio a rotazione a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità di -20.00 m dal p.c., posizionato in prossimità dell'area di posa dell'aerogeneratore NU3;
- Prelievo di n. 2 campioni di rocce da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- Prospezione geofisica comprendente n. 1 stendimento con metodologia sismica tipo MASW.

Per il dettaglio delle prove si veda la relazione geologica.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE

Nella attuale fase di progettazione definitiva, si eseguiranno dei calcoli basati sullo studio geologico allegato al progetto.

Durante la fase di progettazione esecutiva a seguito di indagini geologiche più approfondite saranno valutate eventuali alternative alle fondazioni indirette.

Come risulta dal calcolo di pre-dimensionamento, la fondazione indiretta proposta sarà costituita da un plinto circolare, di diametro 20,00 m e spessore variabile su pali di adeguata lunghezza. All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia di ancoraggio metallica cilindrica dotata di una piastra superiore di ripartizione dei carichi ed una piastra inferiore di ancoraggio. Entrambe le piastre sono dotate di due serie concentriche fori che consentiranno il passaggio di barre filettate ad alta resistenza di diametro 36 mm, che, tramite dadi, garantiscono il corretto collegamento delle due piastre.

A tergo dei lati del manufatto dovrà essere realizzato uno strato di drenaggio dello spessore di 60 cm, munito di tubazione di drenaggio forata per l'allontanamento delle acque dalla fondazione. Nella fondazione, oltre al sistema di ancoraggio della torre, saranno posizionate le tubazioni passacavo in PVC corrugato, nonché gli idonei collegamenti alla rete di terra

Il dimensionamento finale delle fondazioni sarà effettuato sulla base dei parametri geotecnici derivanti dalle prove in sito e di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nel corso di appositi sondaggi in fase di progettazione esecutiva.

Il predimensionamento delle fondazioni è riportato nel documento NULPDR04 mentre la relazione geotecnica/sismica è riportata nel documento NULPDR14.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la normativa tecnica nazionale in vigore: “Norme Tecniche per le Costruzioni”, D.M. 17/01/2018.

Si farà, inoltre, riferimento alle seguenti normative:

- Legge n. 1086 del 05.11.1971 “Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso, ed a struttura metallica”;
- Legge n. 64 del 02.02.1974 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- IEC 60400-1 “Wind Turbine safety and design”;
- Eurocodice 2 “Design of concrete structures”.
- Eurocodice 3 “Design of steel structures”.
- Eurocodice 4 “Design of composite steel and concrete structures”.
- Eurocodice 7 “Geotechnical design”.
- Eurocodice 8 “Design of structures for earthquake resistance”.

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori in numero di otto ricadono nelle contrade Pintasi (NU01), Sa Marchesa (NU02), Ruspina (NU03 e NU04), Mura Bianca (NU05), Sa Marchesa (NU06 e NU07), Monte Palmas (NU08).

Di seguito cartografie e fogli di mappa catastali interessati dalle opere:

IGM 25 K:

- 442_III_Sèdini
- 460_IV_Osilo

CTR 10K:

- 442090
- 442100
- 442130
- 442140
- 460010
- 460020

Catastali

Comune di Nulvi:

- 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 17, 20

Comune di Tergu:

- 2, 4

Comune di Sedini (solo adeguamenti viabilità esistente):

- 70, 71, 72, 73, 76

Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 32 WGS84 degli aerogeneratori:

WTG	EST	NORD	Riferimenti catastali
NU01	478973	4521223	Nulvi, Foglio 5, p.IIa: 128
NU02	479423	4520772	Nulvi, Foglio 5, p.IIa: 84
NU03	480233	4518726	Nulvi, Foglio 8, p.IIa: 154
NU04	480055	4518271	Nulvi, Foglio 11, p.IIa: 187
NU05	480096	4517684	Nulvi, Foglio 12, p.IIe: 19, 20
NU06	479934	4517250	Nulvi, Foglio 12, p.IIa: 22
NU07	479921	4516759	Nulvi, Foglio 12, p.IIa: 47
NU08	480782	4516546	Nulvi, Foglio 13, p.IIa: 103

Tab. 1 Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 32 WGS84



Fig. 3 Ubicazione area di impianto da satellite

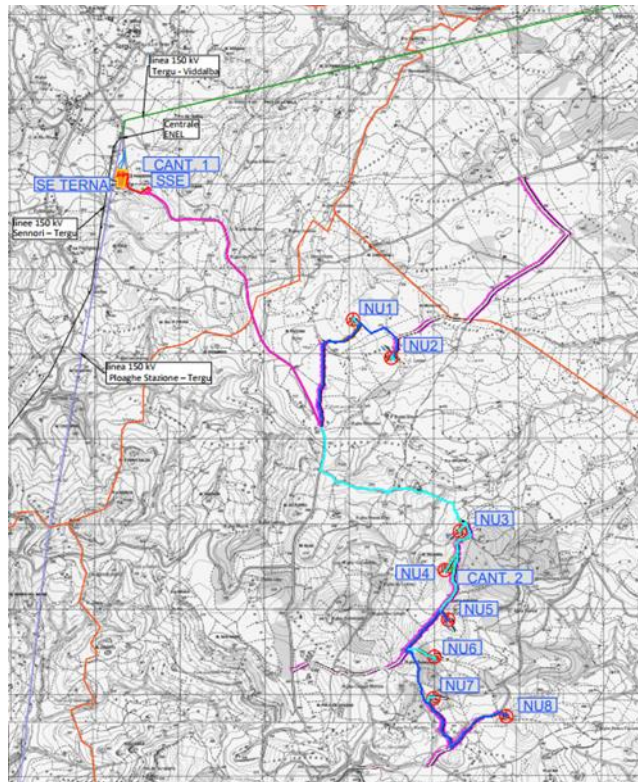


Fig. 4 Inquadramento impianto su IGM 1:25.000

5

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area investigata è individuata nella regione storica della Anglona, nella Sardegna Settentrionale. Il sito costituisce il bordo orientale dell'alto strutturale caratterizzato dalle rocce vulcaniche afferenti al Ciclo vulcanico calcocalcino Oligo miocenico (Aquitaniense – Burdigaliano), che interessa in modo esteso tutta la Sardegna centro occidentale, e si presenta con cospicui spessori che raggiungono parecchie centinaia di metri. Il settore indagato è rappresentato da serie di riolitiche e subordinatamente dacitiche, principalmente in espandimenti ignimbrici, con struttura porfirica per fenocristalli di plagioclasio e biotite, interessate da intensa fratturazione. Alla scala dell'affioramento si presentano di colore rossastro.

Da un punto di vista geodinamico questo ciclo vulcanico è comunemente associato ad un modello di subduzione oceanica con formazione di un bacino di retroarco che sarebbe rappresentato dal Bacino balearico, sintettonico alla rotazione del blocco Sardo-corso associata alla fase post collisionale dell'orogenesi Appenninica (Miocene inf.). Durante tali movimenti si è avuta la formazione di locali zone di compressione e distensione, quali il bacino di Chilivani-Berchidda e il bacino di Porto Torres. Tra le varie colate sono intercalati livelli di tufo di colore grigio chiaro, talvolta argillificati.

Nelle aree più depresse o di raccordo tra l'alto strutturale vulcanico e l'area di valle sono presenti depositi detritici legati alla gravità: si tratta di depositi di frana e di versante, e coltri eluvio – colluviali la cui messa in posto è da ricondursi al tardo periodo Quaternario (OLOCENE); sono in genere depositi eterometrici con clasti spigolosi o scarsamente elaborati immersi in matrice fine prevalente, accumulati essenzialmente per gravità alla base dei versanti.

L'assetto strutturale dell'area è costituito da lineamenti tettonici, con direzioni principali NNW-SSE e ortogonale SW-NE, che hanno scomposto l'altipiano vulcanico, le cui lineazioni hanno definito il reticolo idrografico principale della zona.

Sinteticamente, l'Unità litologica predominante, così come individuata dalla Cartografia geologica ufficiale, è data da:

- Ciclo Vulcanico Calco alcalino (OLIGO – MIOCENE)

Le rocce vulcaniche, rappresentate in prevalenza da Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrica, sono presenti in modo esteso in tutta l'area. Nel complesso mostrano una facies in prevalenza rocciosa, con giacitura tipica delle formazioni di copertura suborizzontale, piana, talvolta frastagliata dalle intersezioni dei tagli erosivi, ma con pendici marginali a ripida scarpata. Alla scala del rilevamento si presentano fratturate in superficie, talvolta ricoperte da

un debole strato pedogeneizzato. Petrograficamente presentano una notevole omogeneità di tipi, a composizione prevalente riolitica e dacitica; la struttura è di tipo porfirico a fenocristalli spesso corrosi, con tessiture fluidali e vetrosità abbondante; saldati, di colore rossastro, e vengono distinte le seguenti Unità:

- Unità di Logulentu: Affiora in prevalenza nei settori orientali del rilievo e interessa il sito di posa degli aerogeneratori NU1, NU2, NU3, NU7. È rappresentata da depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, pomiceo cineritici, saldati, di colore rossastro con tessitura macroeutaxitica (Burdigaliano);
- Unità di Osilo: Affiora nel settore occidentale dell'area e interessa i settori di posa degli aerogeneratori NU4, NU5, NU6. Essa è rappresentata da Andesiti porfiriche, per fenocristalli di Pl, Am, e Px, in cupole di ristagno e colate (Acquitaniiano - Burdigaliano).
- Depositi detritici colluviali e di versante (OLOCENE)

Sono costituiti da depositi di versante e cumuli di materiale eluvio colluviale proveniente dal disfacimento della roccia madre sottostante (coperture recenti). Essi presentano in genere modesto spessore, e non sono presenti nell'area indagata, ma sono presenti nelle aree morfologicamente più depresse ed in corrispondenza delle aree di raccordo tra l'altipiano e la valle. Sono costituiti in prevalenza da detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica.

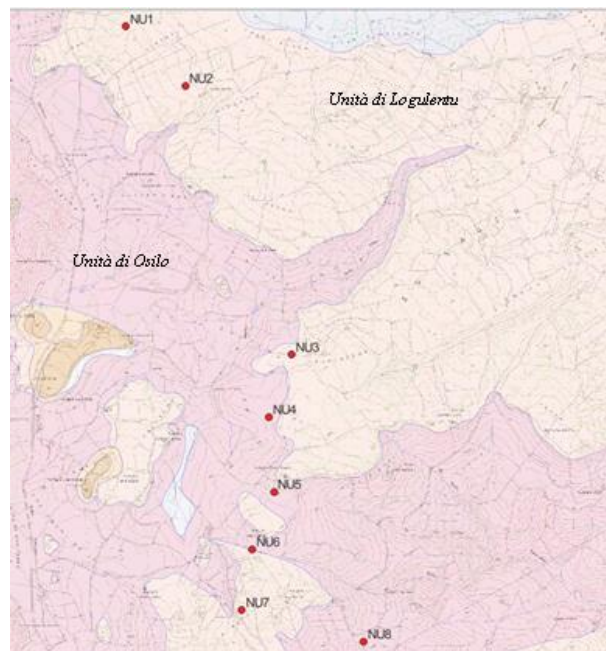


Fig. 5 Schema litologico generale del Ciclo vulcanico Calco – alcalino Miocenico in affioramento nel sito di indagine: in giallo l'Unità delle Ignimbriti, in rosa l'Unità delle Andesiti.

6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

I fattori che hanno più marcatamente condizionato l'evoluzione del rilievo sono essenzialmente le litologie affioranti e la tettonica post-eocenica connessa all'orogenesi alpina che ha interessato il settore.

Da un punto di vista geomorfologico, l'alto morfologico di natura vulcanica avente quota massima 560 m s.l.m. nel settore meridionale (in corrispondenza delle pale NU5 e NU6), è definito come un altopiano vulcanico di forma allungata, con asse N-S, con deboli pendenze nelle zone sommitali (da 0 a 10%), che degrada lungo i bordi con pendenze da 30 a 50% con scarpate modellate dall'azione erosiva dei corsi d'acqua.

L'area di posa degli aerogeneratori in progetto viene individuata nei settori più pianeggianti dell'altopiano, con pendenze pari allo 0-10%.

La morfologia ad altopiano è estesamente presente in tutto il settore limitrofo, solcato da valli e incisioni torrentizie, che nella parte valliva raggiungono dislivelli rilevanti. Le valli riprendono le fratture tettoniche regionali e i sistemi di faglia principali, aventi direzione NNW-SSE e SW-NE, che hanno scomposto l'ammasso vulcanico definendo l'aspetto del paesaggio collinare e variamente ondulato del settore.

Le parti morfologicamente più aspre si rinvengono in corrispondenza di rocce molto resistenti alla degradazione, quali ad esempio le rocce paleozoiche metamorfiche affioranti nel settore orientale, dove il paesaggio è caratterizzato da rilievi più pronunciati e valli più marcatamente incise.

Il paesaggio si presenta per lo più regolare, caratterizzato in prevalenza da forme sub pianeggianti e dominante rocciosità, dovuta all'affioramento della roccia vulcanica sin dalla superficie: localmente, dove i processi pedogenetici hanno avuto la possibilità di svilupparsi, è presente un suolo poco profondo, ricco in minerali argillosi e ossidi di ferro.

Lungo i versanti esternamente alle aree in studio si rinvengono depositi detritici di versante ed eluvio colluviali, caratterizzati da ciottoli spigolosi immersi in matrice fine, parzialmente compatta o semi-incoerente, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti ricchi in frazione organica. Nella parte a ridosso dell'abitato di Nulvi sono presenti cumuli di frana eterogenei attribuiti al Pleistocene superiore.

I lineamenti geomorfologici ed i principali processi morfoclimatici in atto nell'area di studio sono riportati nella carta geologica e geomorfologica, nella quale vengono distinte le forme generali del rilievo e i principali processi geomorfologici in atto, elaborata a seguito del rilievo di superficie e ad un'accurata indagine fotointerpretativa.

7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

CENNI METEO – CLIMATICI

Da un punto di vista climatico il settore Nord Occidentale della regione è riconducibile al tipo mediterraneo secco-sub umido, influenzato dalla morfologia e dalla vicinanza dal mare (circa 20km). Le precipitazioni sono concentrate nei mesi autunnali e invernali, con valori minimi nel periodo estivo, e variano tra 475 e 900 mm nelle aree di altipiano, corrispondenti alle quote più elevate. I venti predominanti sono il maestrale e il grecale2.

CARATTERI IDROGEOLOGICI DEI TERRENI

Come già accennato, il paesaggio che ospita l'intervento di progetto presenta una morfologia ad altipiano, sub pianeggiante e costituente i settori di spartiacque del reticolo idrografico superficiale presente nel sito; esso è di tipo semplice, poco gerarchizzato e a carattere torrentizio, e ricalca le lineazioni tettoniche principali, in prevalenza di tipo rettilineo e parallelo, con direzione NNW-SSE e NE-SW, ortogonali tra loro.

Il ruscellamento idrico superficiale è strettamente condizionato da fattori morfologici e litologici: le litologie vulcaniche presentano infatti una permeabilità per porosità bassa e nulla, i deflussi idrici avvengono quasi esclusivamente per ruscellamento superficiale e spesso sono presenti, soprattutto nella stagione autunno invernale, ristagni idrici, naturali e artificiali.

Tra i corsi d'acqua degni di nota si citano il Riu Sa Rughina / Badu de Regos a nord, ed un secondo corso d'acqua ad est (Fiume_82804 così come censito dal reticolo idrografico regionale), che drenano il settore settentrionale e orientale dell'area in studio verso nord secondo direttrici SW-NE, e costituiscono i bacini di primo ordine del Rio Silanus, corso d'acqua che scorre nel settore settentrionale dell'area, affluente del più ampio Fiume Coghinas. Nel settore meridionale e occidentale si evidenziano corsi d'acqua minori di primo ordine che scorrono su valli rettilinee parallele tra loro con asse NW-SE che confluiscono sul Rio Triulintas, che scorre su un'altra direttrice tettonica con asse SW-NE fino alla confluenza sul Fiume Coghinas.

Le litologie vulcaniche pur essendo impermeabili, presentano una medio-alta permeabilità per fessurazione, strettamente legata ai sistemi di fratturazione e ai rapporti di giacitura delle discontinuità, che costituiscono un serbatoio acquifero importante, funzione del loro spessore, più elevato nel settore orientale e settentrionale dell'area. Le litologie vulcaniche, costituite da flussi piroclastici sovrapposti, immergono verso NE e, verosimilmente, da

precedenti studi effettuati nella zona, la circolazione idrica sotterranea tende a far confluire i flussi idrici (isopieze) verso tale direzione, seguendo il gradiente topografico (Carmignani et alii, 2001). Localmente, in corrispondenza di faglie, possono essere presenti circuiti preferenziali con elevata portata, spesso sfruttate con alcuni pozzi presenti nelle aziende agricole. Sono presenti nel settore pozzi idrici profondi, che permettono l'utilizzo della falda idrica profonda, attestata a circa -100 m dal p.c. (fonte ISPRA: "Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)").

SCHEMA DELLA IDROGRAFIA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA

Le litologie vulcaniche affioranti nell'area in studio presentano una permeabilità per porosità bassa o assente: tali terreni non sono interessati dalla presenza di circolazione idrica superficiale, così come confermato dalle indagini geognostiche eseguite, nel corso delle quali non è stata rilevata la presenza della falda.

Il ruscellamento idrico superficiale è limitato lungo le lineazioni tettoniche indicate, aventi direzione NE-SW, che costituiscono la rete principale di drenaggio del pianoro ignimbrítico: essi costituiscono la zona di testata del Riu Silanus e del Riu Triulintas, facenti parte del più ampio bacino idrografico del Fiume Coghinas. I corsi d'acqua presenti nell'area presentano un deflusso idrico strettamente legato alle precipitazioni, con picchi di portata e deflusso in corrispondenza degli eventi pluviometrici e assenza di circolazione idrica per la maggior parte dell'anno per le caratteristiche prettamente impermeabili del substrato.

Le discontinuità strutturali del basamento ignimbrítico permettono l'infiltrazione delle acque di precipitazione in profondità, garantendo l'alimentazione acquifera di falde idriche profonde. Pertanto, per le caratteristiche idrogeologiche e strutturali dei litotipi affioranti, non è presente nel sito indagato una falda idrica superficiale, mentre è presente una circolazione idrica profonda, il cui livello piezometrico, da fonte ISPRA (Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)) è attestato a -100 m dal p.c., il cui sviluppo e portata sono strettamente legate ai sistemi di fratturazione e ai rapporti di giacitura delle discontinuità, che costituiscono un serbatoio acquifero importante, funzione del loro spessore, più elevato nel settore orientale e settentrionale dell'area. Il complesso vulcanico affiorante immerge verso NE e, verosimilmente, da precedenti studi effettuati nella zona, la circolazione idrica sotterranea tende a far confluire i flussi idrici (isopieze) verso tale direzione, seguendo il gradiente topografico (Carmignani et alii, 2001). Localmente, in corrispondenza di faglie, possono essere presenti circuiti preferenziali con elevata portata, spesso sfruttate con alcuni pozzi presenti nelle aziende agricole.

8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Il Modello geologico di seguito proposto si riferisce ai risultati delle indagini geognostiche eseguite nel sito (sondaggio a carotaggio continuo + indagine MASW), che permettono di individuare, al di sotto di un primo strato pedogenetico, spinto alla profondità di - 1,00 m dal piano campagna, le piroclastiti in facies ignimbratica costituenti il basamento dell'area, caratterizzate nella parte più superficiale dalla presenza di una coltre di alterazione dei depositi di flusso piroclastico, ben cementata, da totalmente fratturati a molto fratturati fino alla profondità di -3,20 m dal p.c., al di sotto del quale la roccia si presenta più massiva e in facies lapidea.

Di seguito si presenta lo schema delle unità geologiche di riferimento, i cui parametri geotecnici sono stati definiti in funzione delle analisi geomeccaniche precedentemente esposte e da studi e lavori bibliografici esaminati, condotti su litologie simili, in prossimità del sito di indagine. Pertanto, le fondazioni delle opere in progetto previste nella presente fase progettuale dovranno fare riferimento al modello geologico descritto con i seguenti parametri geotecnici di riferimento. Sarà comunque necessario, per le successive fasi di progetto e di esecuzione lavori, verificare puntualmente, per ciascun sito di posa degli aerogeneratori, le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni, attraverso una campagna di indagine geognostica e geotecnica di maggior dettaglio.

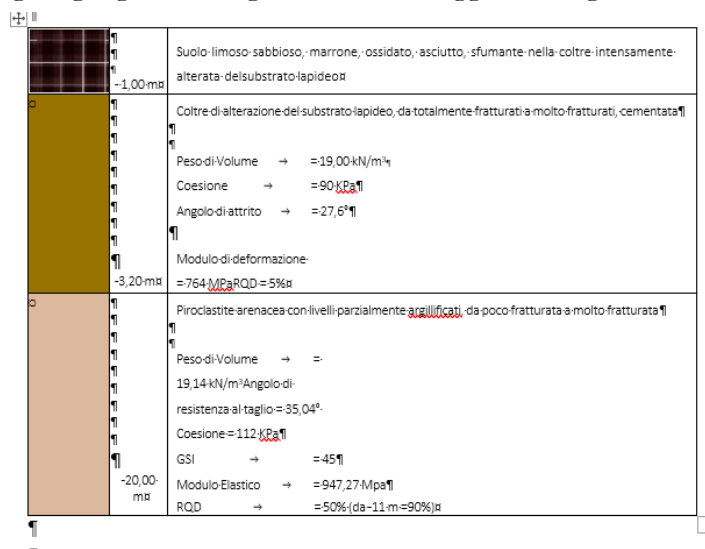


Fig. 6

- 1,00 m Suolo limoso sabbioso, marrone, ossidato, asciutto, sfumante nella coltre intensamente alterata del substrato lapideo

-3,20 m Coltre di alterazione del substrato lapideo, da totalmente fratturati a molto fratturati, cementata

- Peso di Volume = 19,00 kN/m³
- Coesione = 90 KPa
- Angolo di attrito = 27,6°
- Modulo di deformazione = 764 MPa RQD = 5%

-20,00 m Piroclastite arenacea con livelli parzialmente argillificati, da poco fratturata a molto fratturata

- Peso di Volume = 19,14 kN/m³ Angolo di resistenza al taglio = 35,04°
Coesione = 112 KPa
- GSI = 45
- Modulo Elastico = 947,27 Mpa
- RQD = 50% (da -11 m =90%)

In sintesi, trattandosi di progettazione ai fini autorizzativi si è redatto un modello geotecnico semplificato, in virtù del livello definitivo di progettazione. Va da sé che nella fase di progettazione esecutiva dovranno essere condotte apposite indagini geognostiche in corrispondenza di ciascuna nuova opera di fondazione e dovrà essere redatto un apposito piano di indagini. Sulla base della modellazione geotecnica e delle caratteristiche orografiche si è ritenuto opportuno prevedere la realizzazione di un'opera di fondazione su pali o micropali, demandando alla fase di progettazione esecutiva eventuali variazioni.