



Green Power

Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.11633.12.006.00

PAGE

1 di/of 42

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

INTEGRALE RICOSTRUZIONE DELL'IMPIANTO EOLICO DI CALTAVUTURO 2

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica - geotecnica

File: GRE.EEC.R.73.IT.W.11633.12.006.00 - Relazione geologica

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	10/07/2020	Prima emissione	G. Coduri S. Boxler	N. Novati	L. Lavazza

GRE VALIDATION

COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY
Tomassetti (GRE)	Tomassetti (GRE)	Iaciofano (GRE)

PROJECT / PLANT Caltavuturo 2	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT			SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION							
	GRE	EEC	R	7	3	I	T	W	1	1	6	3	3	1	2	0	0	6	0
CLASSIFICATION	PUBLIC				UTILIZATION SCOPE	BASIC DESIGN													

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

INDEX

1. INTRODUZIONE	4
1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE	4
1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE.....	4
1.3. INQUADRAMENTO	5
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
2.1. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	8
2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLE AREE DI STUDIO	10
3. SITE VISIT DICEMBRE 2019	11
4. IDROGEOLOGIA	14
5. VULNERABILITÀ DEL TERRITORIO.....	14
5.1. RETICOLO IDROGRAFICO E RISCHIO IDRAULICO.....	14
5.2. DISSESTO GEOMORFOLOGICO	16
6. ASSETTO STRATIGRAFICO GEOTECNICO LOCALE.....	18
6.1. PREMESSA	18
6.2. DATI DA BIBLIOGRAFIA IMPIANTO DI VALLEDOLMO.....	19
6.2.1. CAMPAGNA DI INDAGINI WGT VALLEDOLMO	19
6.2.2. STRATIGRAFIE AREA DI VALLEDOLMO	20
6.2.3. SEZIONI STRATIGRAFICHE AREA VALLEDOLMO	24
6.2.4. DEFINIZIONE DELLE "STRATIGRAFIE TIPO" PER AREA DI INTERVENTO (AREA DI VALLEDOLMO).....	25
6.2.5. CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI (AREA VALLEDOLMO).....	25
6.3. CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI (AREA CALTAVUTURO)	30
6.3.1. CAMPAGNA DI INDAGINI CAMPO SPORTIVO CALTAVUTURO	31
6.3.2. SUNTO DATI GEOTECNICI RACCOLTI	31
6.4. CONSIDERAZIONI FINALI.....	32
7. MICROZONAZIONE SISMICA E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO	33
7.1. PREMESSA	33
7.2. FAGLIE ATTIVE E FONTI SIMOGENETICHE.....	33
7.3. SISMICITÀ STORICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO	35
7.4. STIMA CATEGORIA SUOLO	37
7.5. SISMICITÀ DELL'AREA	37
7.5.1. PREMESSA.....	37
7.5.2. MICROZONIZZAZIONE SISMICA.....	38
7.5.3. EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	38
7.6. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE CALTAVUTURO.....	38
7.7. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO CALTAVUTURO	40
7.8. Pericolosità sismica di base Valledolmo	43
7.9. Pericolosità sismica di sito Valledolmo.....	45
8. CONCLUSIONI	47
9. ALLEGATI	49



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.11633.12.006.00

PAGE

Pag. **3** di **49**

9.1.	pARAMETRI GEOTECNICI CONSIGLIATI	49
------	--	----

1. INTRODUZIONE

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power S.p.A. ("EGP") di redigere il progetto definitivo per il potenziamento dell'esistente impianto eolico "Caltavuturo 2" ubicato nei Comuni di Caltavuturo (PA) in località "Contrada Corvo" e Valledolmo (PA) in località "Cozzo Miturro", costituito da 45 aerogeneratori di potenza nominale pari a 0,85 MW (36 aerogeneratori per il sottocampo nel Comune di Caltavuturo e 9 per il sottocampo nel Comune di Valledolmo), per una potenza totale installata di 38,25 MW.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori, attraverso il sistema di cavidotti interrati in media tensione, viene convogliata alla sottostazione elettrica di alta tensione "Contrada Corvo" 150 kV, realizzata in T-rigido sulla linea Caltavuturo-Vallelunga. La suddetta stazione elettrica è ubicata all'interno dell'area dell'impianto eolico.

Il progetto proposto prevede l'installazione di nuove turbine eoliche in sostituzione delle esistenti, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, e consentirà di ridurre il numero di macchine da 45 a 11, per una nuova potenza installata prevista pari a 66 MW, diminuendo in questo modo l'impatto visivo, in particolare il cosiddetto "effetto selva". Inoltre, la maggior efficienza dei nuovi aerogeneratori comporterà un aumento considerevole dell'energia specifica prodotta, riducendo in maniera proporzionale la quantità di CO₂ equivalente.

1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

Enel Green Power S.p.A., in qualità di soggetto proponente del progetto, è la società del Gruppo Enel che dal 2008 si occupa dello sviluppo e della gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili.

Enel Green Power è presente in 29 Paesi nel mondo: in 18 gestisce delle capacità produttive mentre in 11 è impegnata nello sviluppo e costruzione di nuovi impianti. La capacità gestita totale è di circa 46 GW, corrispondenti a più di 1.200 impianti.

In Italia, il parco di generazione di Enel Green Power è rappresentato da tutte le 5 tecnologie rinnovabili del gruppo: idroelettrico, eolico, fotovoltaico, geotermia e biomassa. Attualmente nel Paese conta una capacità gestita complessiva di oltre 14 GW.

1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE

Lo scopo del presente lavoro è quello di:

- a) inquadrare dal punto di vista geologico l'area del progetto;
- b) verificare le caratteristiche geomorfologiche e l'assetto idrogeologico, con particolare riguardo alle condizioni di stabilità dei versanti;
- c) individuare le caratteristiche stratigrafiche dei terreni sui quali verranno fondati gli aerogeneratori;
- d) determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

Le attività svolte sono state le seguenti:

1. Verifica e controllo della documentazione esistente;
2. Sopralluogo in sito a dicembre 2019;
3. Pianificazione di una campagna di rilievo geologico/tecnico preliminare di superficie, finalizzata alla determinazione delle aree in cui sono necessari approfondimenti.

È stato dunque organizzato il lavoro basandosi sui dati di letteratura disponibili, dai sondaggi effettuati durante la costruzione del primo parco eolico ora oggetto di ammodernamento e sulle evidenze ottenute durante il sopralluogo.

In fase di progettazione esecutiva, verrà condotta una nuova campagna di rilievo geognostica.

Lo studio ha affrontato i seguenti temi:

- a. Inquadramento della situazione geotecnico-strutturale;
- b. Assetto geomorfologico e l'assetto idrogeologico;
- c. Valutazione sulle condizioni di pericolosità dell'area;
- d. Ricostruzione della stratigrafia locale mediante la consultazione delle indagini geognostiche eseguite in passato nell'ambito del progetto di realizzazione dell'esistente parco eolico;
- e. Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni, tramite la rielaborazione di tutti i dati disponibili, ottenuti durante le campagne geognostiche precedenti, e tramite la consultazione di lavori, eseguiti nelle vicinanze, sugli stessi materiali, al fine di verificare le caratteristiche geotecniche;
- f. Individuazione della categoria sismica locale del sottosuolo, tramite l'analisi di dati di letteratura.

1.3. INQUADRAMENTO

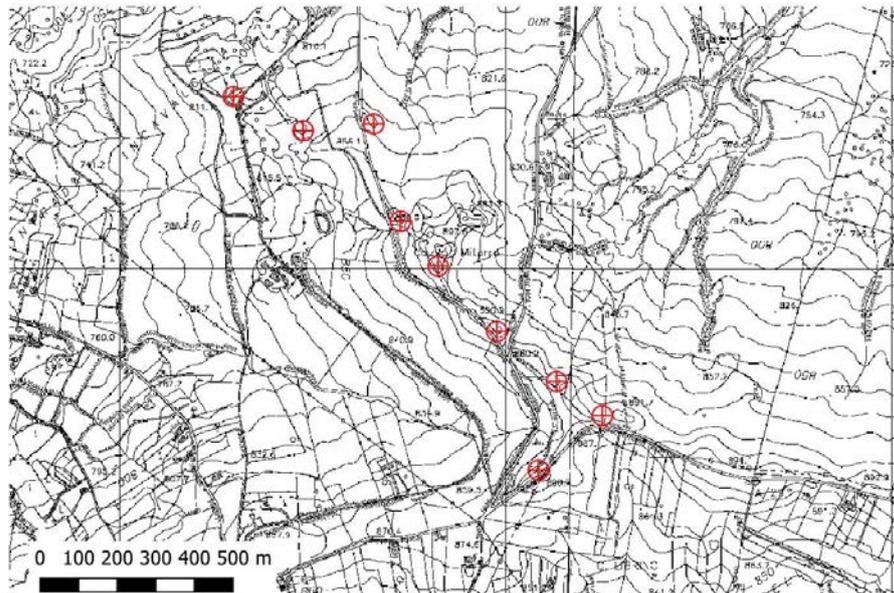


Figura 1-Impianto di Valledolmo; Stato attuale

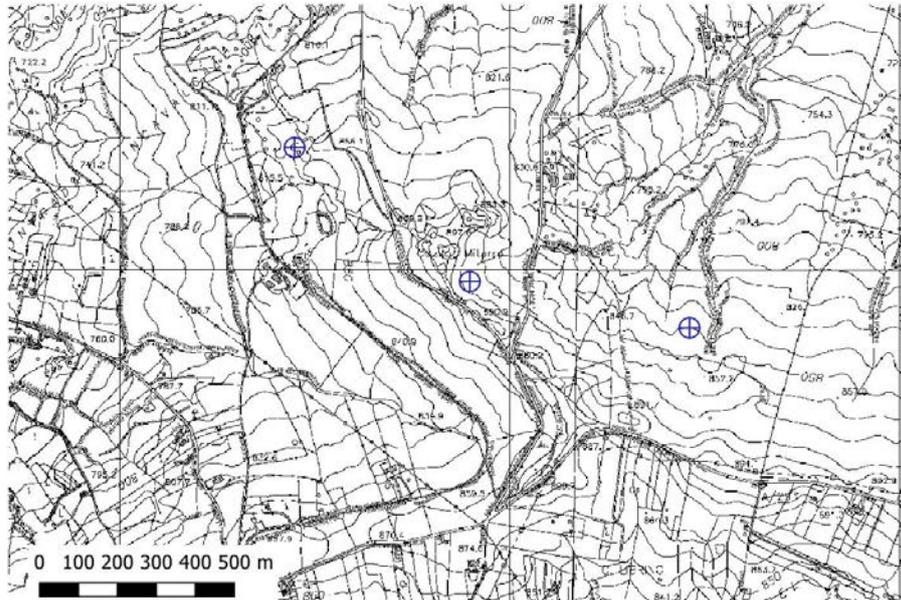


Figura 2-Impianto di Valledolmo; Impianti in progetto

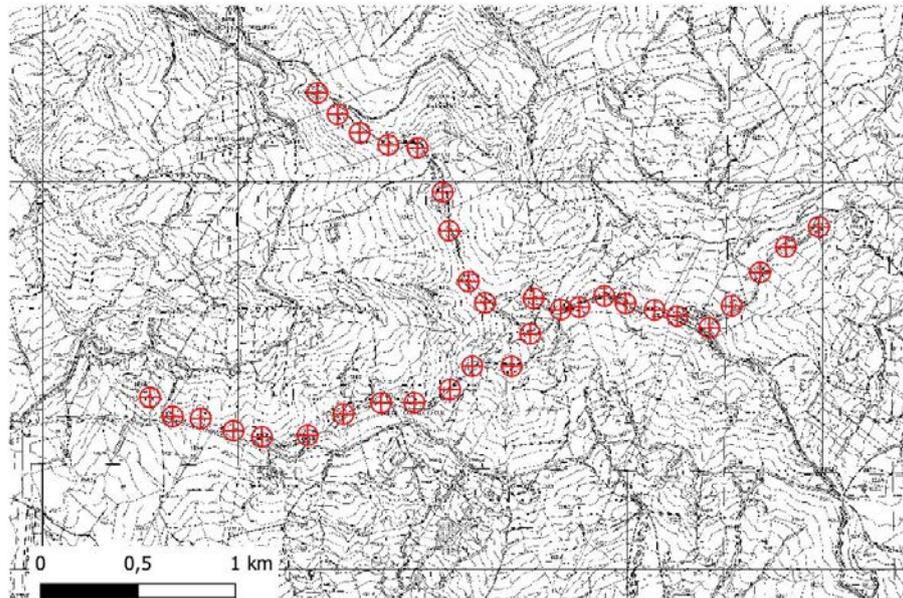


Figura 3-Impianto di Caltavuturo; Stato attuale

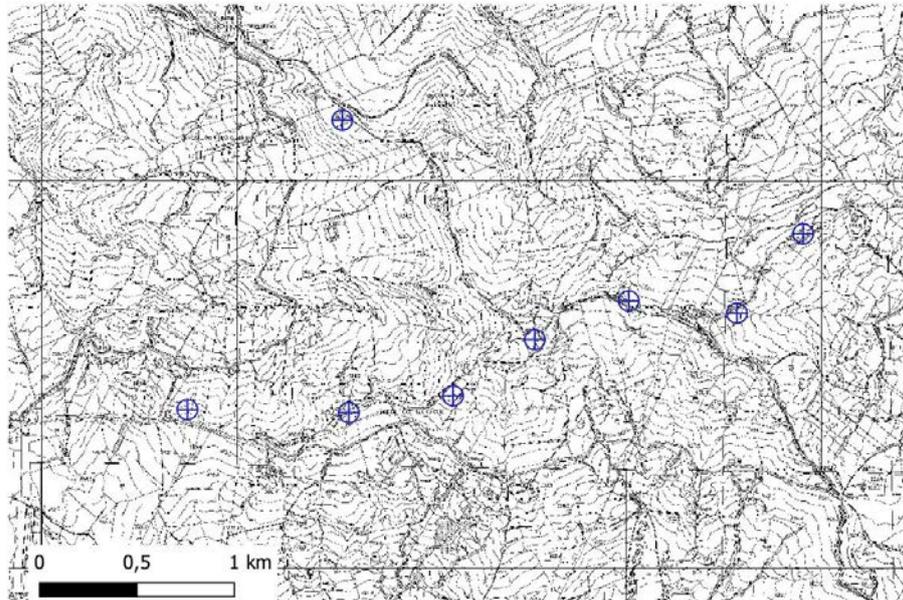


Figura 4-Impianto di Caltavuturo; Impianti in progetto

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

Le aree di progetto insistono su una porzione di territorio non coperta da cartografia geologica di dettaglio. La complessità del sistema deposizionale e tettonico dell'entroterra Siculo è ben nota in tutte le pubblicazioni a disposizione. Per definire le caratteristiche di base dell'area in esame verranno utilizzate le informazioni a disposizione sulla "Carta geologica della Sicilia 1:250.000" Carta geologica scala 1:50.000 609 Termini Imerese. La cartografia dell'area a disposizione risale al 1800 in scala 1:10000. In tale cartografia vengono suddivisi gli affioramenti in maniere "geolitologica". Incrociando le informazioni presenti nelle relazioni di bibliografia dell'area e sulle evidenze presenti sui siti di rilievo preliminare.

Il flysch numidico è la formazione maggiormente rappresentata in Sicilia ed in particolare nel settore centro-settentrionale dell'Isola. Questa è costituita da un'alternanza di argille colore bruno tabacco e di quarzareniti, talora grossolane, organizzate in strati e banchi e che possono in alcune zone prevalere sulle peliti.

Generalmente l'intervallo basale è a prevalenza argillosa e data all'Oligocene superiore, mentre i livelli quarzarenitici si infittiscono nell'intervallo Aquitaniano-Burdigaliano.

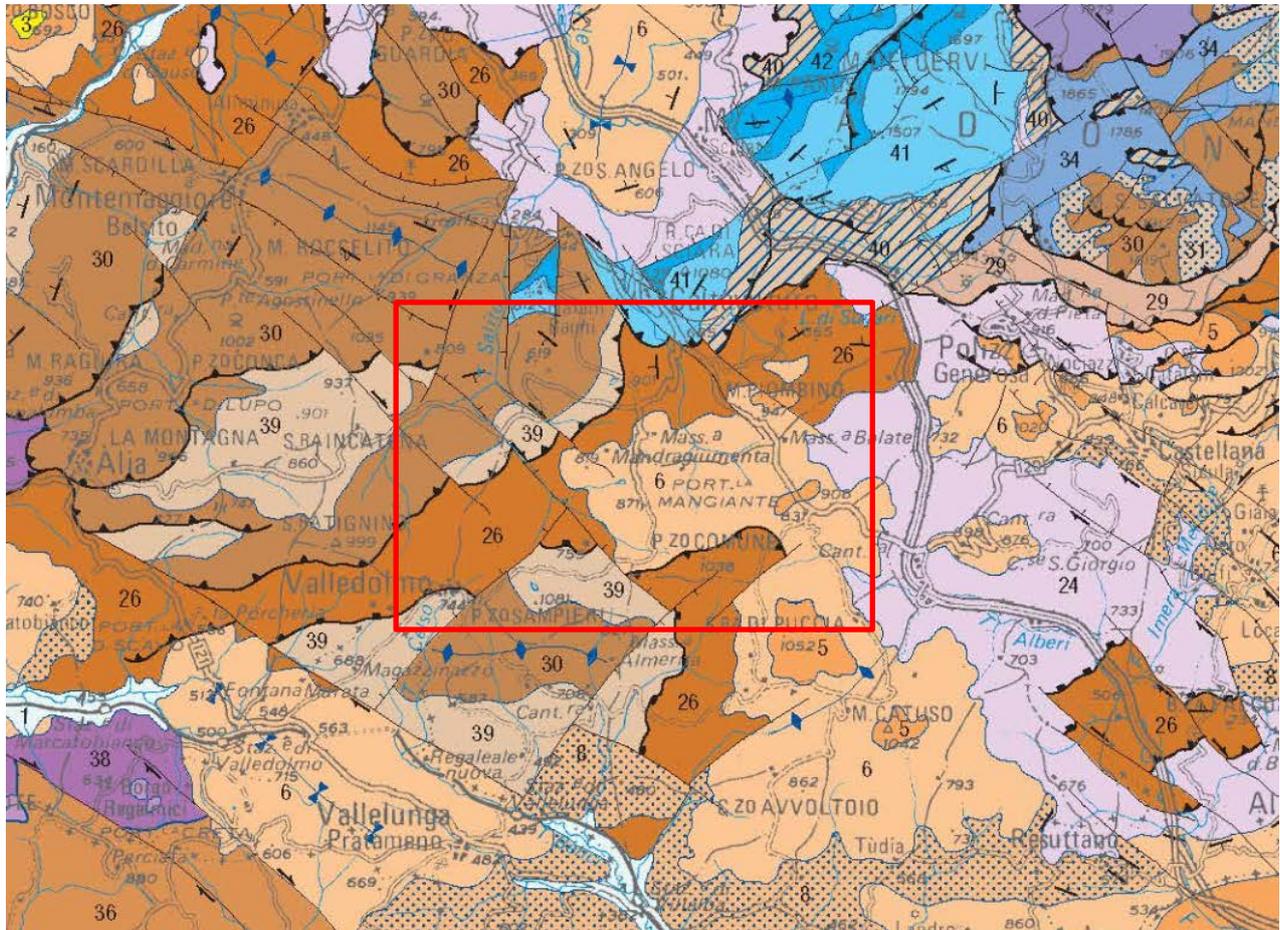
Lo spessore ricostruito della formazione raggiunge un massimo di circa 1500 metri. Il flysch numidico affiora estesamente lungo la dorsale nebrodica fino alle aree del trapanese nella Sicilia occidentale. In Sicilia centro-orientale costituisce la dorsale orientata est-ovest di M. Salici-M. Altesina, che si estende dal versante occidentale dell'Etna a nord di Enna.

Gli enormi volumi occupati da questa formazione sono molto più ampi di quelli, già cospicui, ipotizzabili sulla base dei dati di superficie. Dall'analisi dei dati dei pozzi per l'esplorazione petrolifera e delle linee sismiche in Sicilia orientale, infatti, sono stati messi in evidenza enormi spessori di questa formazione (dell'ordine delle migliaia di metri) completamente nascosti sotto le unità affioranti.

Questi spessori non sono quelli originari, ma derivano dalla ripetizione tettonica della successione stratigrafica del flysch, in quanto la formazione costituisce più orizzonti strutturali sovrapposti, corrispondenti ad unità distinte attribuibili a domini diversi, legati a differenti successioni mesozoico-terziarie.

Una sostanziale revisione delle unità del Flysch Numidico viene proposta da Bianchi et alii (1987) che, sulla base di analisi sia di superficie che di sottosuolo, hanno dimostrato che questa formazione è disposta in scaglie ripetute, scollate dal loro originario substrato mesozoico, e pertanto hanno distinto diverse unità tettoniche.

Per quanto riguarda le Argille marnose grigio azzurre (Form. Di Licata) esse, benché abbiano un'epoca deposizionale più recente (tortoniano e Messiniano) presentano anch'esse una complessità deposizionale interna molto elevata al pari del Flysch Numidico e potenze simili. Al loro interno è possibile incontrare differenti tipologie di materiali sedimentari che possono andare dalle arenarie alle marne e argille. La mancanza di cartografia geologica di dettaglio delle aree di progetto lascia aperti alcuni dubbi sulla suddivisione interna di questa formazione nell'areale di studio ma è facile comprendere visto l'ambiente deposizionale la sua alta variabilità interna.



6  Argille marnose grigio-azzurre (f.ne Licata) LANGHIANO INFERIORE-TORTONIANO SUPERIORE. Argille, sabbie e conglomerati, bioherme a coralli (membro del Landro) (f.ne Terravecchia); bioliti a coralli (f.ne Baucina); olistostromi a vari livelli (argille brecciate). TORTONIANO SUPERIORE-MESSINIANO INFERIORE
Gray-blue marly clays (Licata fm.). EARLY LANGHIAN-LATE TORTONIAN. Clays, sands and conglomerates, reef limestones (Landro member) (Terravecchia fm.); coral biolithites (Baucina fm.); olistostromes ("argille brecciate") intercalations. LATE TORTONIAN-EARLY MESSINIAN

Unità numidiche interne - Inner numidian Units

26  Flysch numidico "alloctono" (Sottounità di Nicosia e di M. Salici): alternanza caotica di quarzareniti giallastre, argille brune; argille varicolori e marne alla base. OLIGOCENE SUPERIORE-BURDIGALIANO
"Far travelled" numidian flysch (Nicosia and M. Salici Subunits): chaotic yellowish quartzarenites and brown clays; basal levels of varicoloured clays and marls. LATE OLIGOCENE-BURDIGALIAN

39  Formazione Tavernola: marne e argille marnose con sottili livelli di arenarie arcose. BURDIGALIANO SUPERIORE-LANGHIANO
Tavernola formation: marls and marly clays with intercalations of thin arkosic sandstones. LATE BURDIGALIAN-LANGHIAN

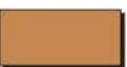
30  Flysch numidico: argille brune alternate a quarzareniti. Depositi di avanfossa più o meno scollati dalle successioni imeresi. OLIGOCENE SUPERIORE-BURDIGALIANO
Numidian flysch: brown clays and interbedded quartzarenites. Foredeep deposits more or less detached from the Imere successions. LATE OLIGOCENE-BURDIGALIAN

Figura 5-Estratto della carta geologica della Sicilia Scala 1:250.000

2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLE AREE DI STUDIO

La prima area di studio dove verranno realizzati 3 aerogeneratori si trova a nord dell'abitato di Valledolmo nei pressi del Cozzo Miturro (897 m s.l.m.). Tale area è caratterizzata dalla presenza di una cresta in cui sono affioranti e sub affioranti depositi arenacei e conglomeratici; tali affioramenti di limitata estensione costituiscono gli "alti" topografici.

I materiali affioranti risultano molto compatti e a blocchi anche plurimetrici che possono essere potenzialmente soggetti a ribaltamento.

Tra un affioramento litoide e l'altro sono presenti depositi di natura limoso argillosa che spesso presentano tracce ed evidenze di soliflusso.

In linea generale i processi morfogeneteci sono molto attivi, le acque erodono intensamente i termini più argillosi mentre, le rocce presentano una serie di fratture secondarie dovute all'alternanza gelo - disgelo.

Ai piedi dei versanti si osservano coltri detritiche che si adagiano ai fianchi dei versanti occultando il contatto con le formazioni argilloso pelitiche.

Le forme erosive e franose si concentrano lungo gli assi degli impluvi che solcano le valli laterali.

In particolare, i versanti argillosi a Nord e a Est del Cozzo Miturro sono caratterizzati da fenomeni franosi complessi ma non interessano i siti in cui saranno costruiti gli aerogeneratori.

I terreni affioranti nell'area sono tutti di origine sedimentaria ed appartengono a varie formazioni geologiche.

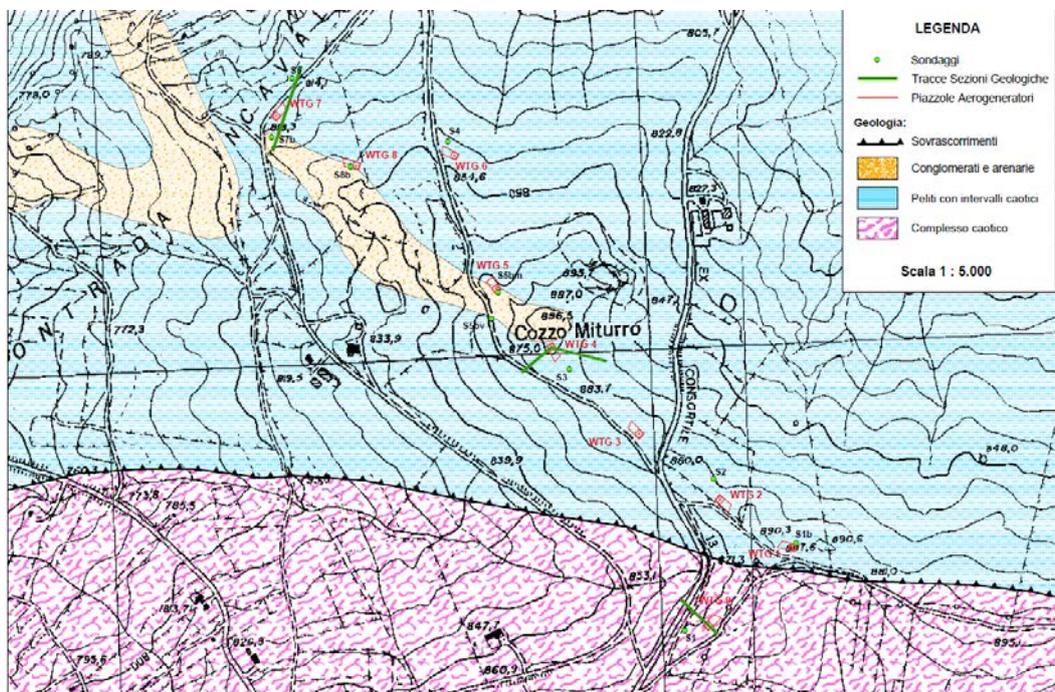


Figura 6 Estratto dalla carta geologica realizzata per il preesistente parco di Valledolmo

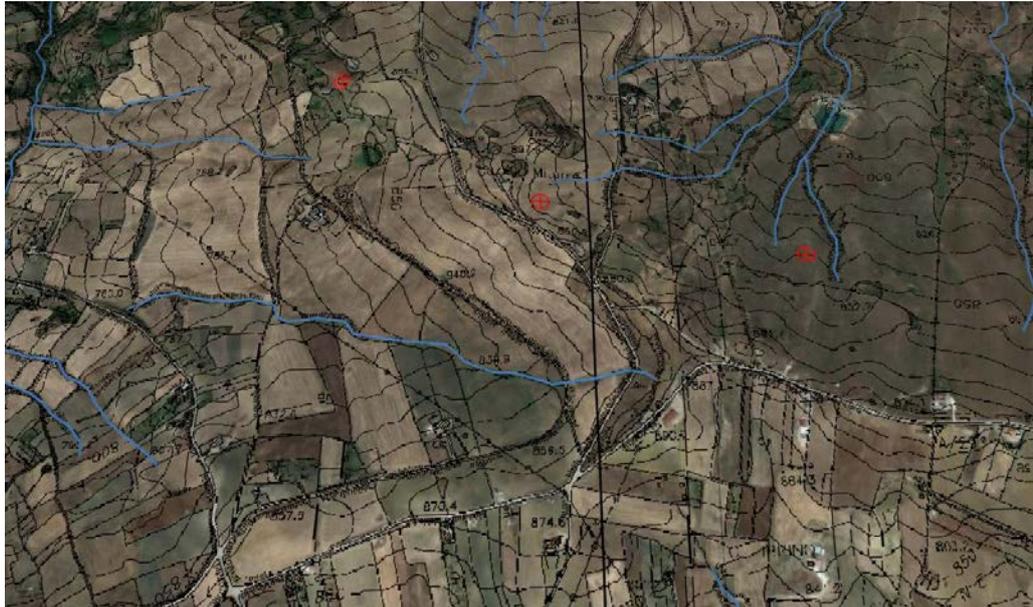


Figura 7-Impianto di Valledolmo in progetto con reticolo idrografico

La seconda area dove verranno realizzati i restanti aerogeneratori è ubicato a circa 7 km a Sud dell'abitato di Caltavuturo, nei pressi del Cozzo del Diavolotto (917 m s.l.m.) e del Pizzo Comune (1030 m s.l.m).

L'area presenta le stesse caratteristiche dell'area di Valledolmo, anche in questa zona si riscontrano affioramenti di materiali arenacei, che costituiscono le porzioni con gli alti strutturali e le creste. I pendii e le aree pianeggianti che circondano gli affioramenti sono di natura argillosa e limosa e presentano anch'essi tracce di soliflusso e di movimenti dovuti al comportamento plastico dei terreni. Ai piedi dei piccoli rilievi similamente all'area di Valledolmo sono presenti venute d'acqua che danno origine a rii che spesso sono la causa dei movimenti dei terreni e dei dissesti presenti nell'area.

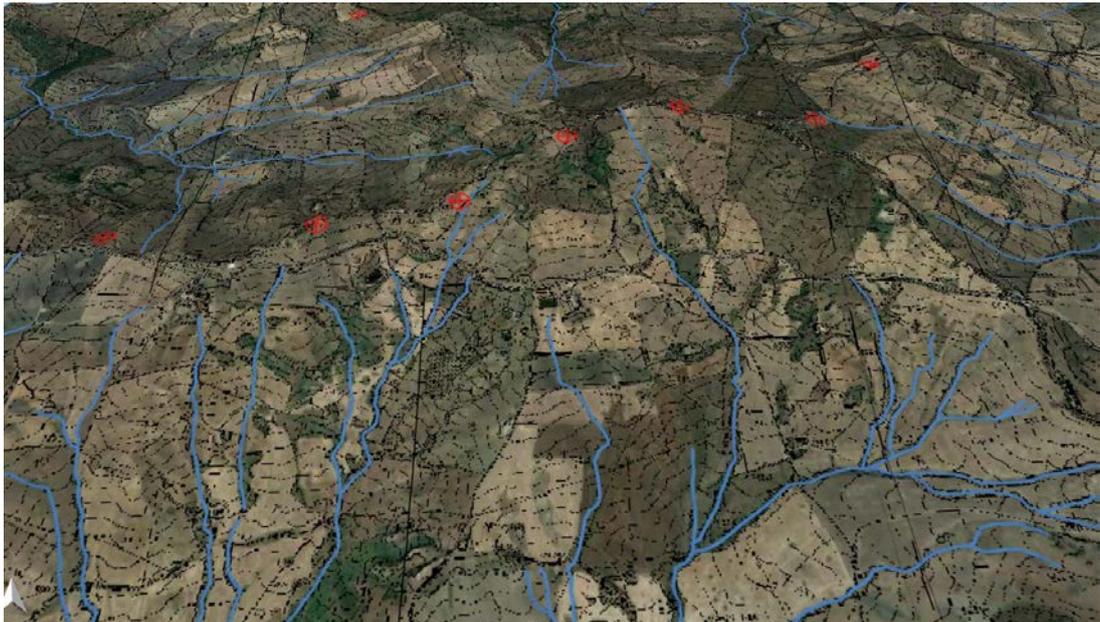


Figura 8-Impianto di Caltavuturo con reticolo idrografico

3. SITE VISIT DICEMBRE 2019

Di seguito vengono proposte alcune immagini e le considerazioni principali a seguito del

sopralluogo.

Tutte le aree presentano successioni di materiali appartenenti a litologie di mare profondo e scarpata continentale associabili a fenomeni di deposizione di tipo torbido.

Dalle evidenze sul campo risultano presenti alternanze di materiali litoidi compatti e materiali fini di natura limoso-argilloso- marnoso. Gli strati litoidi inoltre presentano disturbi di natura tettonica al loro interno (fratturazione).



Figura 9: Vista panoramica impianto di Valledolmo (da notare le alternanze in affioramento di bancate arenacee e coltri argilloso-limose)



Figura 10-Dettaglio di litologie affioranti nell'area (bancate arenacee strati argilloso-limosi)

Tutta l'area presenta, al piede dei versanti, accumuli di blocchi di grosse dimensioni causati da fenomeni di erosione differenziale.

Gli strati litoidi, generalmente costituiti da livelli arenacei, poggiano su strati di natura limoso-argillosa.

Questo implica che spesso si verificano scalzamenti al piede degli ammassi rocciosi che comportano fenomeni di ribaltamento.

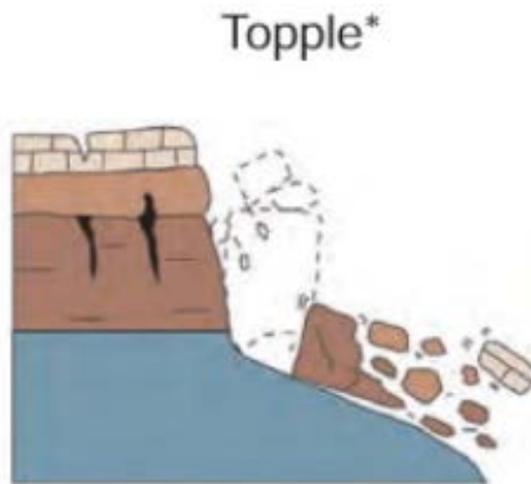


Figura 11-Esempio grafico di dissesto dovuto a strati più competenti su materiali fini

Nelle aree dove le granulometrie di tipo limoso-argillosa sono associate a pendenze superiori a 30-35°, sono presenti (come anche cartografati nelle carte del rischio geomorfologico) fenomeni di dissesto quali frane e soliflussi.

Questi fenomeni non interessano però le postazioni delle WTG (Wind Turbine Generator).

Nella prossima immagine è visibile il disallineamento dei pali dovuto ai lenti e costanti movimenti delle coltri argilloso-limose.

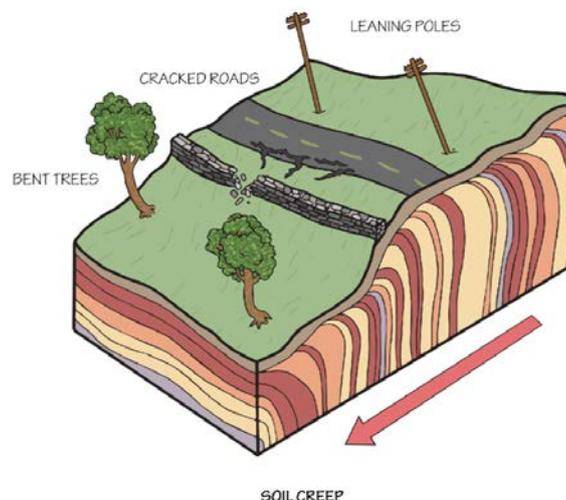


Figura 12-Fenomeni di soliflusso e blocco diagramma esplicativo

L'area essendo posta per quasi tutta la sua interezza in cresta ai rilievi non presenta quasi mai venute di acqua e fenomeni di corrivazione superficiale, ma in ogni caso, massima attenzione andrà data alla gestione delle acque piovane e di ruscellamento, al fine di evitare fenomeni di erosione concentrata e accelerata.

4. IDROGEOLOGIA

Le aree di progetto rappresentano creste di rilievo che fungono da spartiacque naturali creando bacini imbriferi su entrambi i versanti delle aree analizzate.

Durante l'esecuzione dei sondaggi per la progettazione del parco eolico di Valledolmo non erano state incontrati acquiferi nei sondaggi, Tuttavia in tutta l'area sono visibili e presenti venute d'acqua superficiale presumibilmente dovute al contatto con le formazioni litologiche superficiali con livelli impermeabili nel sottosuolo.

È da tenere in considerazione per la progettazione delle soluzioni di fondazione che, specialmente nell'area di Valledolmo, appena al di sotto delle creste dei rilievi sono presenti venute d'acqua. Tali risalite sono da attribuirsi alla presenza di contatti tra materiali più permeabili e materiali con permeabilità inferiore.

La mancanza di osservazioni dirette nelle aree di studio non permette la creazione di un quadro conoscitivo adeguato al riconoscimento dell'eventuale presenza e interferenza di livelli saturi alla quota di posa delle fondazioni.

5. VULNERABILITÀ DEL TERRITORIO

Vengono riportate nelle pagine seguenti, le tavole relative alle vulnerabilità geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area.

In sintesi, le aree interessate dagli aerogeneratori non interferiscono con areali a pericolosità da frana od idraulica, ma sono ubicati in prossimità di aree con dissesti attivi.

5.1. RETICOLO IDROGRAFICO E RISCHIO IDRAULICO

Date le caratteristiche delle unità geologiche presenti, quali la permeabilità per fratturazione delle quarzoareniti e la permeabilità primaria e secondaria dei calcari e dei gessi determinano la formazione, ai piedi degli ammassi rocciosi, di numerose sorgenti.

In ogni caso le opere previste non interferiscono sostanzialmente con la circolazione idrica superficiale.

Nelle pagine seguenti viene riportato il reticolo idrografico, che non risulta interferire con le WTG in progetto.

In alcuni però le WTG si trovano in fascia di prossimità con le incisioni del reticolo idrografico, di conseguenza bisognerà verificare preliminarmente all'ubicazione definitiva della WTG.

Il rischio idraulico risulta assente secondo la cartografia PAI

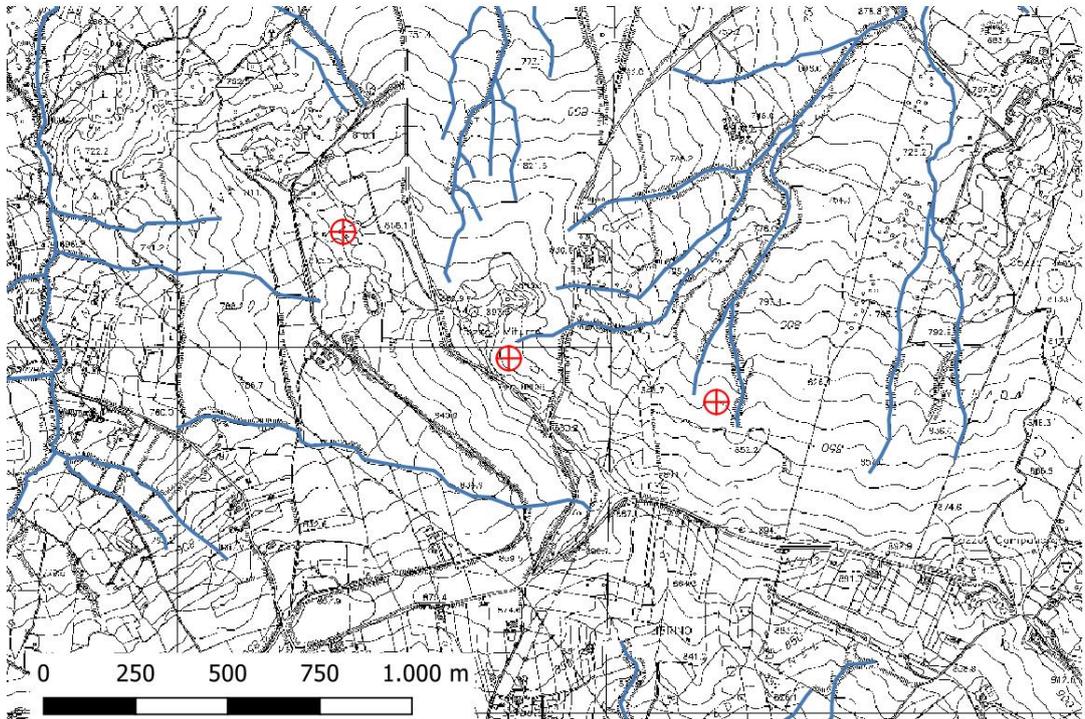


Figura 13-Reticolo idrografico superficiale Area di Valledolmo

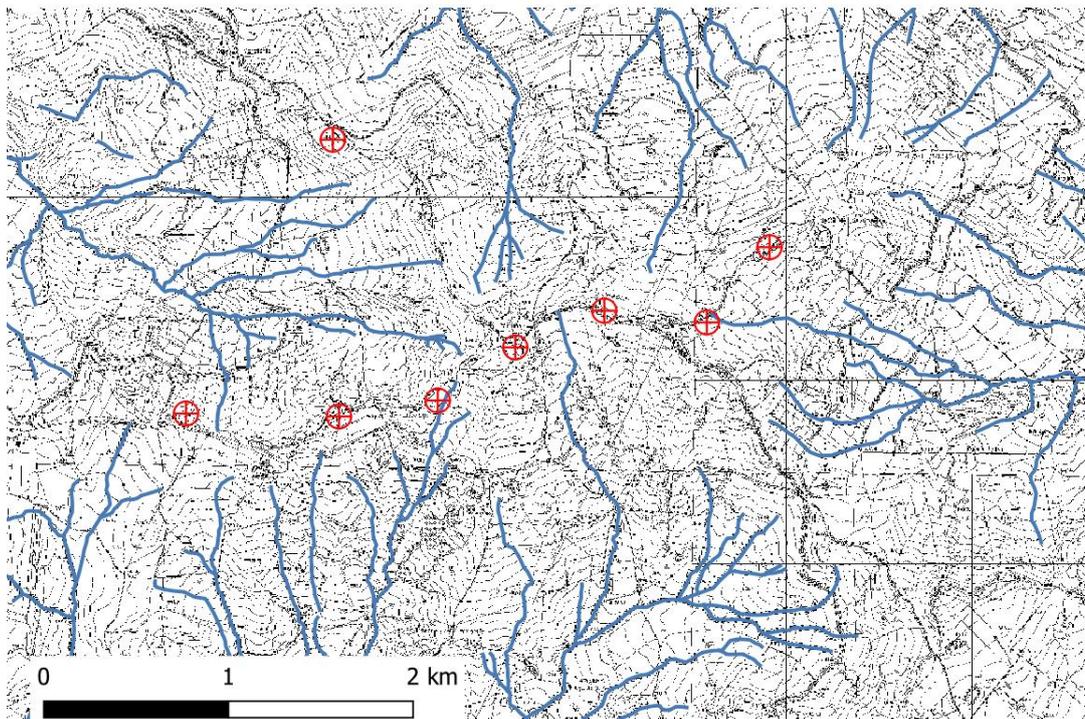


Figura 14-Reticolo idrografico superficiale area di Caltavuturo

5.2. DISSESTO GEOMORFOLOGICO

Gli aereogeneratori non sono ubicati in aree soggette a rischi, ma si trovano in prossimità di aree con dissesti attivi, anche se caratterizzati da un rischio mediamente basso.

La porzione rocciosa dà origine a balze, picchi e scarpate separate da ampie vallate argillose, che facilitano processi morfogenetici molto attivi.

Le acque erodono intensamente i termini più argillosi e gli orizzonti rocciosi presentano una serie di fratture secondarie dovute all'alternanza gelo-disgelo, tettonica ed erosione degli strati argillosi intercalati.

A seguito di questa erosione differenziale, si staccano blocchi che formano coltri detritiche sui fianchi dei versanti occultando il contatto con i depositi Argilloso limosi.

Le forme erosive e franose si concentrano lungo gli impluvi, in particolare i versanti argillosi sia Nord che a Sud delle creste dove verranno realizzati gli impianti, sono interessati da fenomeni franosi complessi ma non interessano i siti in cui sono previste le WTG.

Le forme di dissesto geomorfologico mappate nelle carte PAI mostrano fasce caratterizzate da fenomeni di crollo ed accumulo, aree soggette a soliflusso. Anche in questo caso non interessano le aree di progetto delle nuove WTG, ma andranno verificate le condizioni sito specifiche preliminarmente alla ubicazione finale.

Viene anche proposta la carta delle pendenze, da cui risultano evidenti le creste rocciose, di limitata ampiezza, ed i versanti maggiormente acclivi, che formano fasce di ampiezza mediamente simile al piede dei versanti semiverticali. Il resto del territorio presenta pendenze inferiori ai 35°

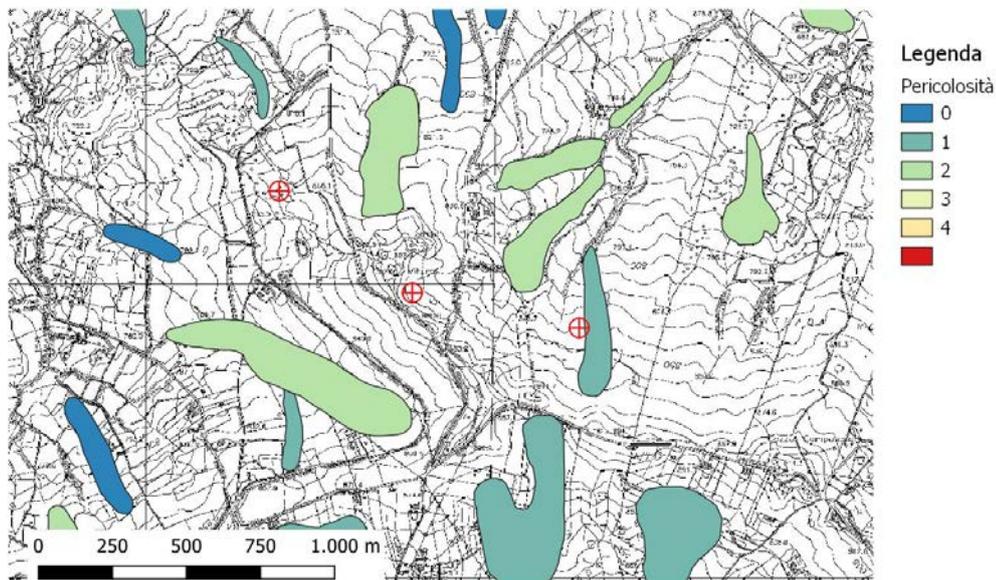


Figura 15-Carta di Pericolosità PAI area di Valledolmo (nell'area non sono presenti aree di rischio)

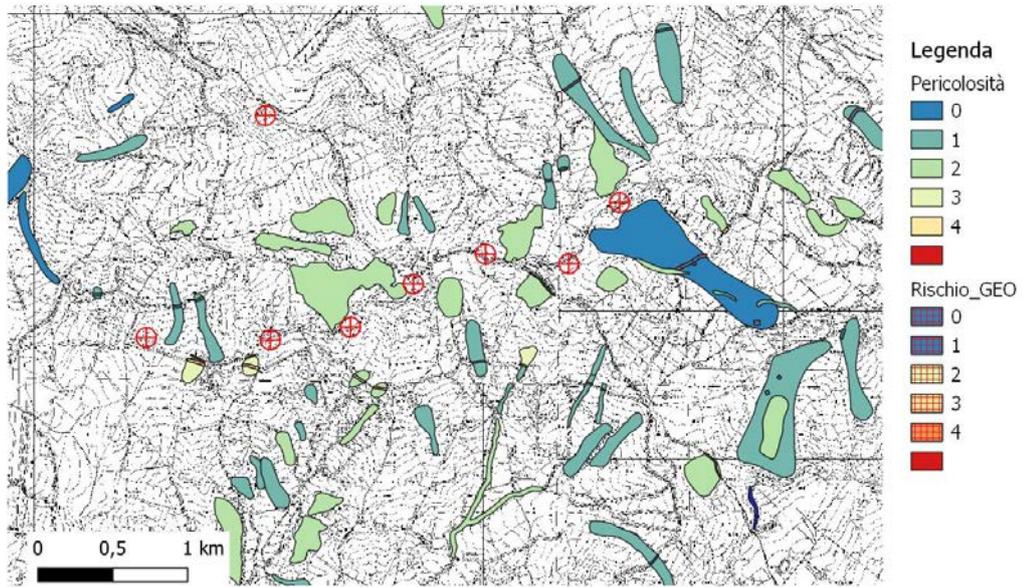


Figura 16-Mappa di pericolosità e rischio PAI Di Caltavuturo

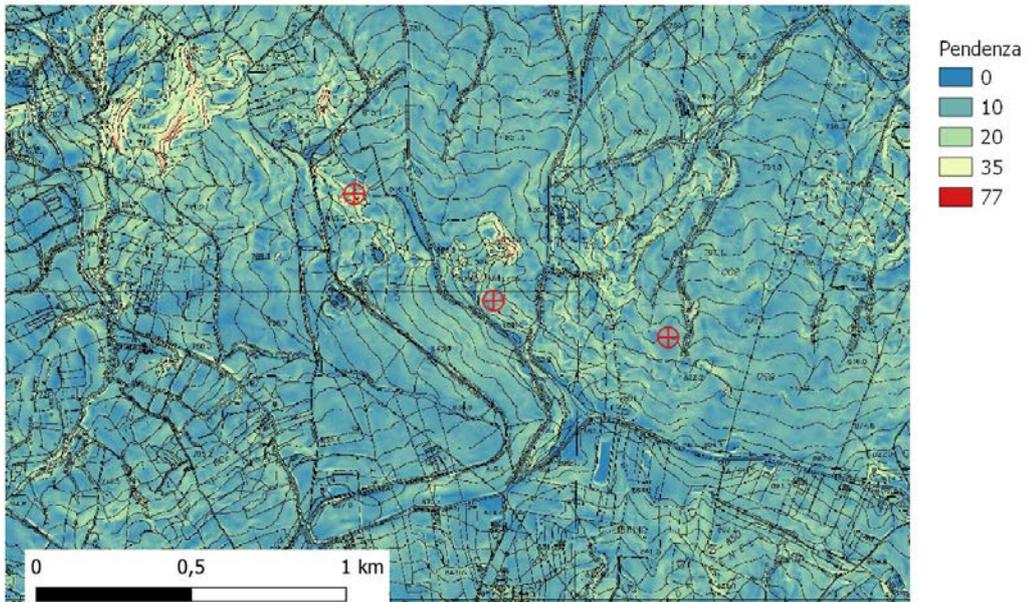


Figura 17-Carta delle pendenze dell'area di Valledolmo

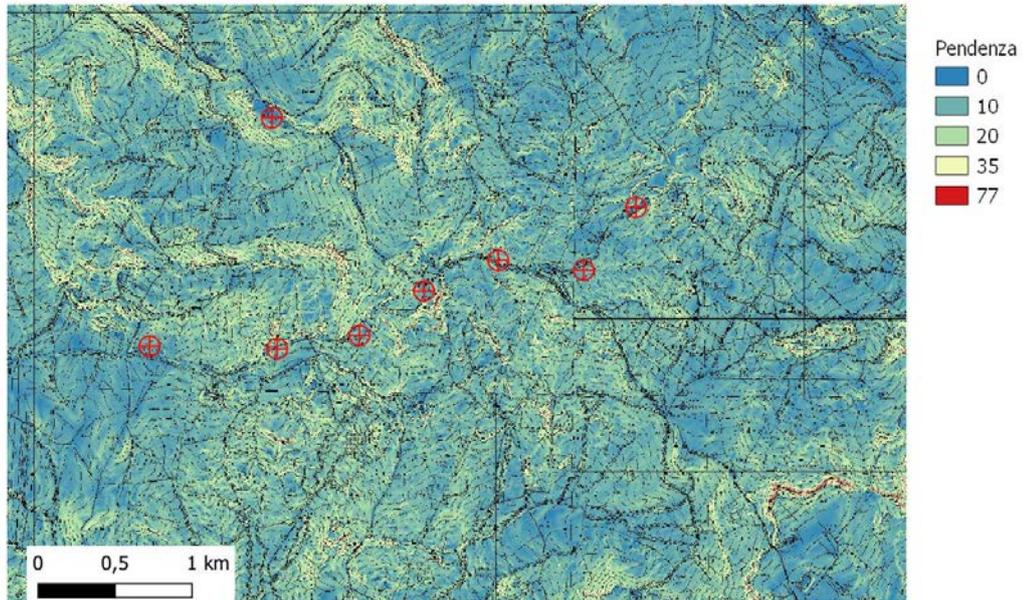


Figura 18-Carta delle pendenze dell'area di Caltavuturo

6. ASSETTO STRATIGRAFICO GEOTECNICO LOCALE

6.1. PREMESSA

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche e delle stratigrafie è stata realizzata una ricerca sui dati geotecnici e stratigrafici presenti in letteratura.

Sono stati valutati i contenuti e le informazioni presenti in differenti aree di progetto nelle aree circostanti le due zone di impianto.

Successivamente è stata valutata la correlabilità dei dati alle aree di impianto considerando differenti fattori quali l'estrema variabilità geologica dell'area anche a breve distanza e all'interno della stessa Unità o Formazione geologica.

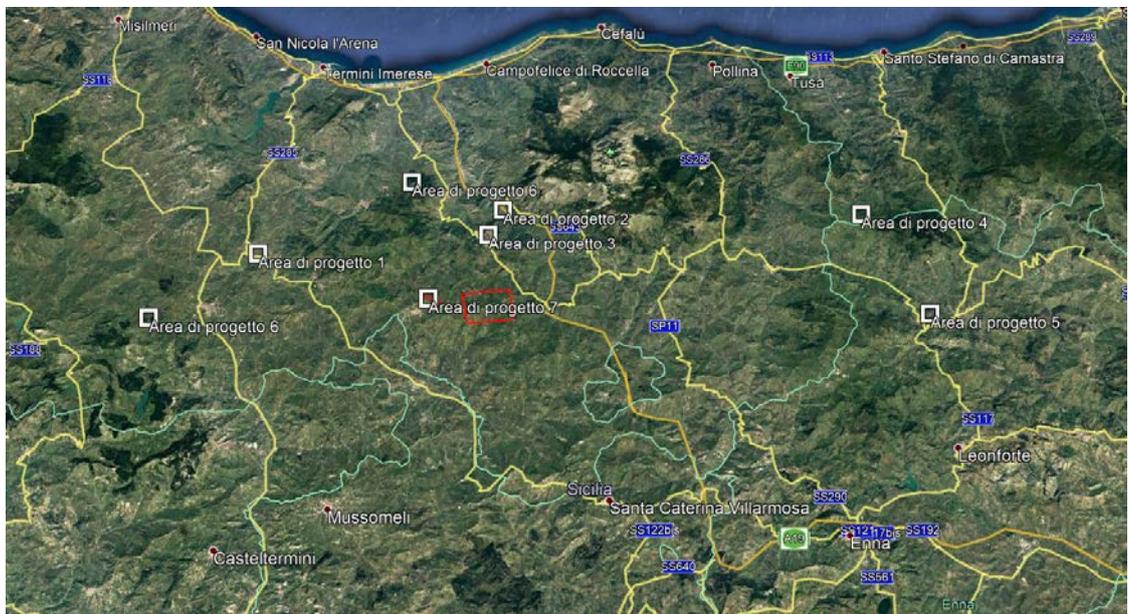


Figura 19 - Mappa delle aree indagate geotecnicamente (Bianco) e aree di progetto aerogeneratori (rosso)

Come si può notare le zone con una maggiore vicinanza alle aree di interesse sono la "Area di progetto 7" (corrispondente al set di analisi per gli aerogeneratori esistenti a Valledolmo) e la "Area di progetto 3" (corrispondente alla realizzazione del campo sportivo nell'abitato di Caltavuturo).

I dati presenti nell'area di progetto di Valledolmo sono stati raccolti in contesti geomorfologicamente molto affini all'area di Caltavuturo e all'epoca analizzati con il fine di realizzare la stessa tipologia di opera trattata in questa relazione. Essi sono dunque stati considerati i più rappresentativi per entrambi i contesti mentre i dati del campo sportivo di Caltavuturo verranno inserite ai fini di confronto e completezza.

6.2. DATI DA BIBLIOGRAFIA IMPIANTO DI VALLEDOLMO

6.2.1. CAMPAGNA DI INDAGINI WGT VALLEDOLMO

La definizione del modello geotecnico di sottosuolo, è stata condotta sulla base delle analisi disponibili, realizzate durante la progettazione dell'attuale parco eolico di Valledolmo, che erano consistite in una campagna di indagini in sito ed in laboratorio, consistente in:

1. 9 sondaggi a carotaggio continuo (profondità max 20 m dal p.c.)
2. prove penetrometriche dinamiche in foro (S.P.T.)
3. prove con pocket penetrometer
4. prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
5. determinazioni di granulometria e plasticità dei terreni;
6. determinazione delle proprietà fisiche di stato (contenuto d'acqua, peso dell'unità di volume, porosità, ecc.)
7. prove di compressione triassiale consolidate isotropicamente e non drenate (TX-CIU) con misura di sovrappressioni neutre, finalizzate alla definizione dei parametri di resistenza in condizioni drenate ed alla stima dei moduli di deformabilità in condizioni non drenate dei terreni a grana fina;
8. prove di taglio diretto (TD) eseguite in condizioni drenate, finalizzate alla determinazione dei parametri di resistenza dei terreni a grana fina (eseguite in alternativa alle precedenti);
9. prove di compressione edometrica, finalizzate alla definizione del grado di sovraconsolidazione dei terreni a grana fina e dei parametri di compressibilità degli stessi.

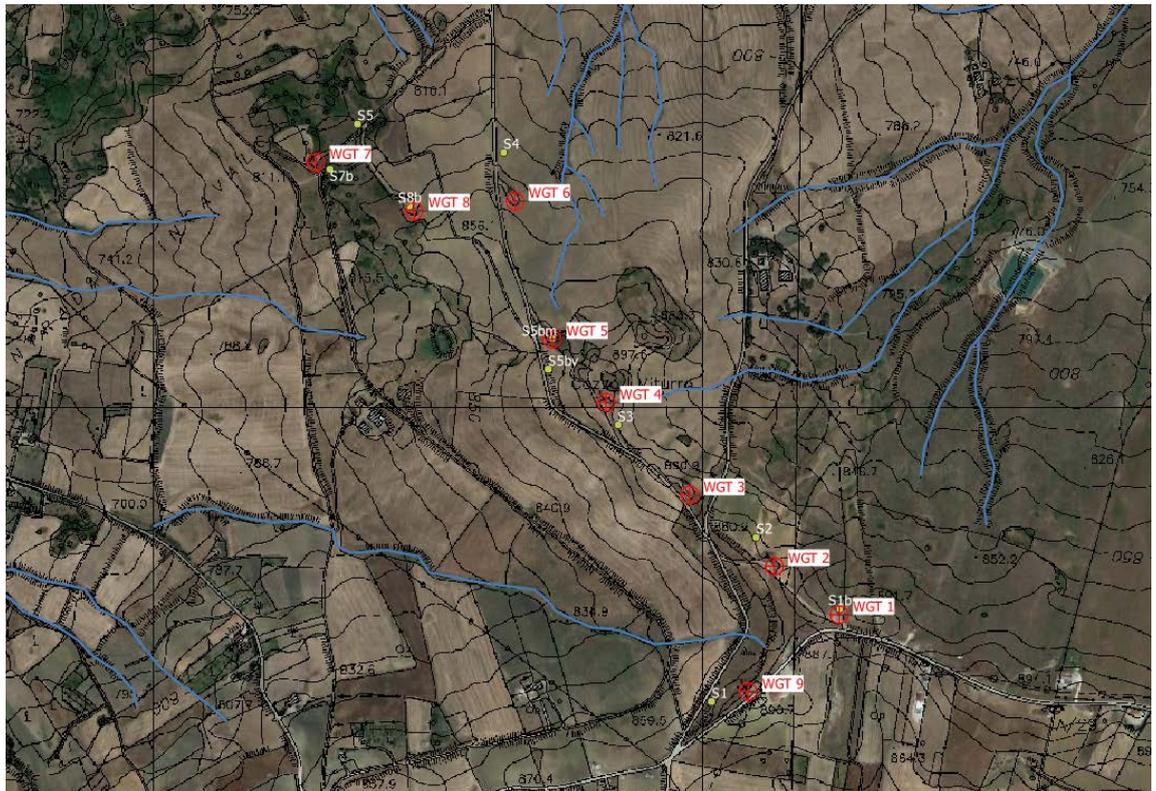


Figura 20: Posizione sondaggi eseguiti e aerogeneratori esistenti

L'approccio della campagna d'indagini era stato quello di adottare fondazioni superficiali

A questo scopo, nei terreni più superficiali, al fine di evidenziare possibili problematiche per le fondazioni superficiali (ad esempio superfici di scorrimento di eventuali cinatismi di rottura delle fondazioni superficiali) erano state condotte prove finalizzate alla determinazione dei parametri di resistenza e deformabilità dei terreni, mentre per i terreni più profondi, che non avrebbero dovuto essere interessati da meccanismi di rottura, erano state condotte solo prove di compressione edometrica.

6.2.2. STRATIGRAFIE AREA DI VALLEDOLMO

In funzione delle litologie incontrate nelle diverse verticali dei sondaggi sono state realizzati 9 profili stratigrafici, una per ogni WGT, in cui sono state definite le caratteristiche delle litologie incontrate.

PROFILO STRATIGRAFICO VERTICALE WGT 1

La ricostruzione della stratigrafia di sottosuolo, al di sotto dell'aerogeneratore WGT 1, è stata effettuata sulla base dei dati ricavati dal sondaggio S1b, eseguito in prossimità della suddetta postazione eolica che viene di seguito riassunta:

Sondaggio S1b

- 0,00-1,00 m Terreno Vegetale.
- 1,00-2,70 m Argille alterate di colore nocciola con patine di ossidazione ocracee.
- 2,70-4,00 m Argille localmente lievemente alterate, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base.
- 4,00-8,10 m Formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

PROFILO STRATIGRAFICO VERTICALE WGT 2

La ricostruzione della stratigrafia di sottosuolo, al di sotto dell'aerogeneratore WTG 2, è stata effettuata sulla base dei dati ricavati dal sondaggio S2, eseguito in prossimità della suddetta postazione eolica che viene di seguito riassunta:

Sondaggio S2

- 0,00-0,60 m Terreno Vegetale.
- 0,60-2,80 m Argille alterate di colore nocciola con patine di ossidazione ocracee.
- 2,80-5,10 m Argille localmente lievemente alterate, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base.
- 5,10-20,00 m Formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

PROFILO STRATIGRAFICO VERTICALE WGT 3

La ricostruzione della stratigrafia di sottosuolo, al di sotto dell'aerogeneratore WTG 3, è stata effettuata sulla base dei dati ricavati dal sondaggio S2 ed S3, eseguiti in prossimità della suddetta postazione eolica che viene di seguito riassunta:

Sondaggio S3

- 0,00-0,80 m Terreno Vegetale.
- 0,80-3,50 m Argille alterate di colore nocciola con patine di ossidazione ocracee.
- 3,50-5,40 m Argille localmente lievemente alterate, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base.
- 5,40-20,00 m Formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

Ricostruzione stratigrafica tra S2 ed S3

- 0,00-0,60 m Terreno Vegetale.
- 0,60-3,70 m Argille alterate di colore nocciola con patine di ossidazione ocracee.
- 3,70-5,20 m Argille localmente lievemente alterate, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base.
- Da 5,20 m Formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

PROFILO STRATIGRAFICO VERTICALE WGT 4

La ricostruzione della stratigrafia di sottosuolo, al di sotto dell'aerogeneratore WTG 4, è stata effettuata sulla base dei dati ricavati dal sondaggio S3, eseguito in prossimità della suddetta postazione eolica che viene di seguito riassunta:

Sondaggio S3

- 0,00-0,80 m Terreno Vegetale.
- 0,80-3,50 m Argille alterate di colore nocciola con patine di ossidazione ocracee.
- 3,50-5,40 m Argille localmente lievemente alterate, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base.
- 5,40-20,00 m Formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

PROFILO STRATIGRAFICO VERTICALE WGT 5

La ricostruzione della stratigrafia di sottosuolo, al di sotto dell'aerogeneratore WTG 5, è stata effettuata sulla base dei dati ricavati dal sondaggio S5bm, eseguito in prossimità della suddetta postazione eolica che viene di seguito riassunta:

Sondaggio S5bm

- 0,00-0,20 m Terreno Vegetale.
- 0,20-1,70 m Livello arenaceo debolmente cementato, disgregato meccanicamente durante il carotaggio di colore nocciola chiaro.
- 1,70-2,50 m Livello limoso-sabbioso, con inclusi marrone-ocracei.
- 2,50-4,50 m Argille localmente lievemente alterate, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base. E' presente una intercalazione (3,00-3,50 m) di arenaria disgregata, di colore biancastro.
- 4,50-10,00 m Formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

PROFILO STRATIGRAFICO VERTICALE WGT 6

La ricostruzione della stratigrafia di sottosuolo, al di sotto dell'aerogeneratore WTG 6, è stata effettuata sulla base dei dati ricavati dal sondaggio S4, eseguito in prossimità della suddetta postazione eolica che viene di seguito riassunta:

Sondaggio S4

- 0,00-1,20 m Terreno Vegetale.
- 1,20-3,50 m Argille alterate di colore nocciola con patine di ossidazione ocracee.
- 3,50-4,40 m Argille localmente lievemente alterate, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base.
- 4,40-20,00 m Formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

PROFILO STRATIGRAFICO VERTICALE WGT 7

La ricostruzione della stratigrafia di sottosuolo, al di sotto dell'aerogeneratore WTG 7, è stata effettuata sulla base dei dati ricavati dal sondaggio S5 ed S7b, eseguiti in prossimità della suddetta postazione eolica che viene di seguito riassunta:

Sondaggio S5

- 0,00-0,30 m Terreno Vegetale.
- 0,30-1,30 m Argille alterate di colore nocciola con patine di ossidazione ocracee.
- 1,30-2,10 m Argille localmente lievemente alterate, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base.
- 2,10-20,00 m Formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

Sondaggio S7b

- 0,00-0,40 m Terreno Vegetale.
- 0,40-3,50 m Argille alterate di colore nocciola con patine ocracee di ossidazione, con abbondanti livelli arenacei disgregati ed inclusi centimetrici più cementati.
- 3,50-6,00 m Argille localmente lievemente alterate, plastiche, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base.
- 6,00-8,30 m Formazione integra del Flysch Numidico in facies pelitica costituita da

argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

È da rilevare che il sondaggio S7b è stato fatto ad una quota di circa +7,00 m dal piano campagna effettivo di ubicazione dell'aerogeneratore.

Ricostruzione stratigrafica tra S5 ed S7b

- 0,00-0,30 m Terreno Vegetale.
- 0,30-1,30 m Argille alterate di colore nocciola con patine di ossidazione ocracee.
- 1,30-2,10 m Argille localmente lievemente alterate, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base.
- Da 2,10 m Formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

L'allegata sezione litostratigrafica, in scala 1:200, ricostruisce i rapporti dei litotipi riscontrati e gli spessori relativi.

PROFILO STRATIGRAFICO VERTICALE WGT 8

La ricostruzione della stratigrafia di sottosuolo, al di sotto dell'aerogeneratore WTG 8, è stata effettuata sulla base dei dati ricavati dal sondaggio S8b, eseguito in prossimità della suddetta postazione eolica che viene di seguito riassunta:

Sondaggio S8b:

- 0,00-0,70 m Terreno Vegetale.
- 0,70-2,80 m Argille alterate di colore nocciola con patine ocracee di ossidazione, con abbondanti livelli arenacei disgregati ed inclusi centimetrici più cementati.
- E' presente un livelletto (0,80-0,90 m) arenaceo.
- 2,80-3,90 m Argille localmente lievemente alterate, plastiche, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base.
- 3,90-8,30 m Formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

Da notare che il sondaggio è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto; è stata rilevata presenza di acqua superficiale in foro sia nel corso del sondaggio (alla quota iniziale di 2 m con stabilizzazione alla profondità di 3,60 m), sia nel corso del sopralluogo Eseguito all'epoca della realizzazione dell'impianto.

PROFILO STRATIGRAFICO VERTICALE WGT 9

La ricostruzione della stratigrafia di sottosuolo, al di sotto dell'aerogeneratore WTG 9, è stata effettuata sulla base dei dati ricavati dal sondaggio S1, eseguito in prossimità della suddetta postazione eolica che viene di seguito riassunta:

Sondaggio S1

- 0,00-1,30 m Terreno Vegetale.
- 1,30-3,50 m Argille alterate di colore nocciola con patine di ossidazione ocracee.
- 3,50-6,20 m Argille localmente lievemente alterate, plastiche, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base.
- 6,20-20,00 m Formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

6.2.3. SEZIONI STRATIGRAFICHE AREA VALLEDOLMO

Durante le indagini per il parco eolico di Valledolmo furono eseguiti 10 carotaggi. Le litologie incontrate e le condizioni geologiche e geomorfologiche tra le due aree in questa fase possono essere considerabili paragonabili grazie essendo le due aree accumulate dalle caratteristiche degli affioramenti indagati. Per le considerazioni preliminari sulla qualità e sulla portanza del sito geotecniche del sito si è deciso di utilizzare i suddetti carotaggi in attesa di avere più dati sitospecifici.

È stata necessaria una omogeneizzazione delle interpretazioni stratigrafiche.

Si sottolinea che non era disponibile materiale fotografico sui carotaggi eseguiti in passato.

Le sezioni stratigrafiche sitospecifiche per l'area di Valledolmo verranno riprese dal documento R.636.15.00.404.0 (Relazione geologico tecnica FONDAZIONI AEROGENERATORI). Per l'area di Caltavuturo queste ultime verranno realizzate a seguito della campagna di indagini.

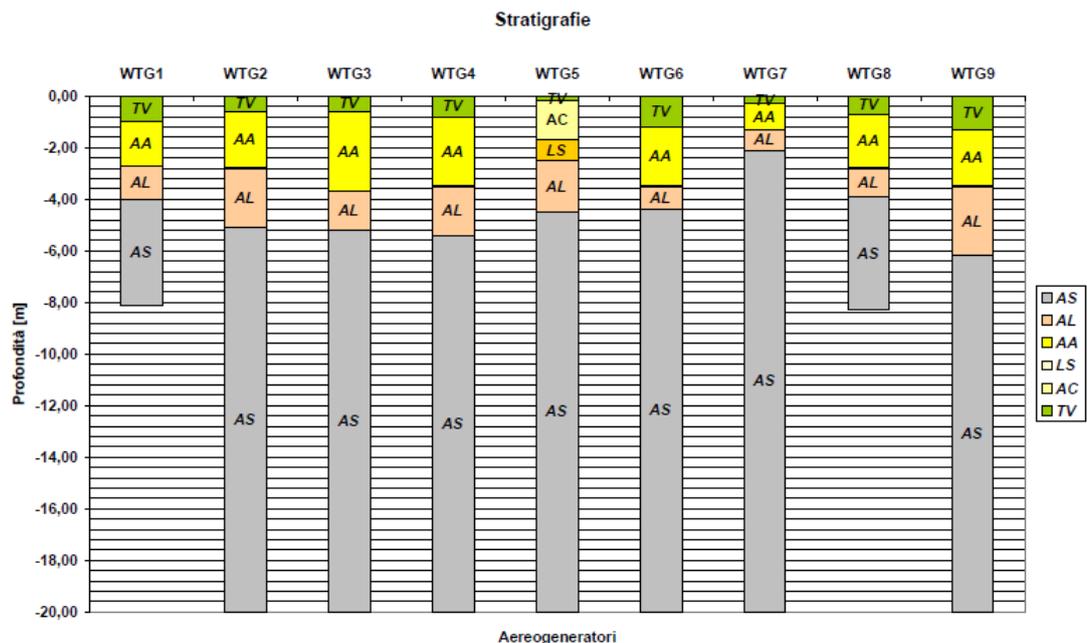


Figura 21 - Sezioni stratigrafiche derivate dai sondaggi

6.2.4. DEFINIZIONE DELLE "STRATIGRAFIE TIPO" PER AREA DI INTERVENTO (AREA DI VALLEDOLMO)

Le stratigrafie ottenute dai sondaggi hanno mostrato in tutti i siti interessati, la presenza di tre litotipi al di sotto dello strato di terreno superficiale (TV) di modesto spessore.

I tre litotipi sono riconoscibili per la loro colorazione, si tratta in particolare di:

- Strato 1 (AA): argille alterate di colore nocciola con patine di ossidazione ocracee;
- Strato 2 (AL): argille localmente lievemente alterate, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base;
- Strato 3 (AS): formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore grigio.

In corrispondenza dell'aerogeneratore 5, tra il terreno vegetale e gli strati sopra descritti, sono presenti due ulteriori strati superficiali:

- Strato 4 (AC): Livello arenaceo debolmente cementato, disgregato meccanicamente durante il carotaggio di colore nocciola chiaro.
- Strato 5 (LS): Livello limoso-sabbioso, con inclusi marrone-ocracei.

In corrispondenza dell'aerogeneratore 8 il livello (AA) contiene abbondanti livelli arenacei disgregati e inclusi cementati.

Sulla base dei sondaggi, la cui ubicazione è indicata in allegato 1, nella relazione geologica-tecnica sono state già ricavate le stratigrafie in corrispondenza dei 9 siti scelti per l'installazione degli aerogeneratori.

Nel sondaggio S8B alla profondità di 3,60 m dal piano campagna è stata rilevata la presenza di acqua in foro, correlabile al vicino affioramento di arenaria dove è presumibile che sia presente una falda localizzata piuttosto superficiale.

6.2.5. CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI (AREA VALLEDOLMO)

La caratterizzazione fisico meccanica dei terreni è stata effettuata per i soli strati 1 (AA), 2 (AL) e 3 (AS), che risultano significativi ai fini della determinazione del carico limite, dei cedimenti e delle verifiche di stabilità.

Gli strati 4 e 5 sono presenti solo in corrispondenza dell'aerogeneratore 5 a quote superiori rispetto alla quota di imposta dell'aerogeneratore.

Terreno vegetale, (TV)

In considerazione dei modesti spessori di terreno vegetale e delle usuali quote di imposta delle fondazioni degli aerogeneratori, questo strato non è stato caratterizzato dal punto di vista meccanico. Per esso si assume un peso dell'unità di volume pari a 19 kN/m³.

- Strato 1 - argille alterate di colore nocciola con patine di ossidazione ocracee (AA)
- Strato 2 - argille localmente lievemente alterate, con patine di ossidazione ocracee, passanti alla sottostante formazione di base (AL):

Gli strati (AA) e (AL) si differenziano per una colorazione leggermente diversa e soprattutto per la natura della alterazione che è significativa nel primo strato e lieve nel secondo; i parametri geotecnici deducibili dall'elaborazione dei risultati delle prove di laboratorio forniscono valori simili, tuttavia per l'imposta delle fondazioni degli aerogeneratori esistenti era stato deciso di evitare lo strato (AA) anche attraverso l'esecuzione di scavi più profondi e la sostituzione di terreno con calcestruzzo magro di riempimento (WTG5) o con materiale provenienti da cave di prestito adeguatamente compattati (WTG2, WTG3, WTG6, WTG9).

Dal punto di vista granulometrico, questi terreni possono essere classificati come argille limose e in alcuni casi come limi argillosi. Si tratta di terreni di media-alta plasticità.

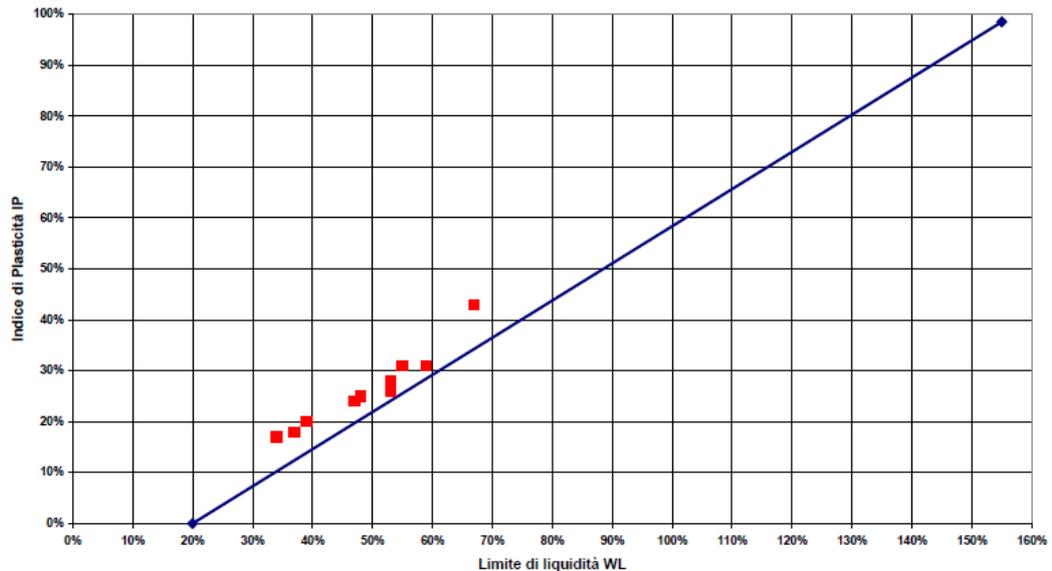
Il loro peso dell'unità di volume è mediamente pari a 19 kN/m³.

- Strato 3 : formazione integra del Flysch Numidico, in facies pelitica, costituita da argille con struttura a scaglie e/o superfici concoidi più o meno evidenti, di colore

grigio (AS).

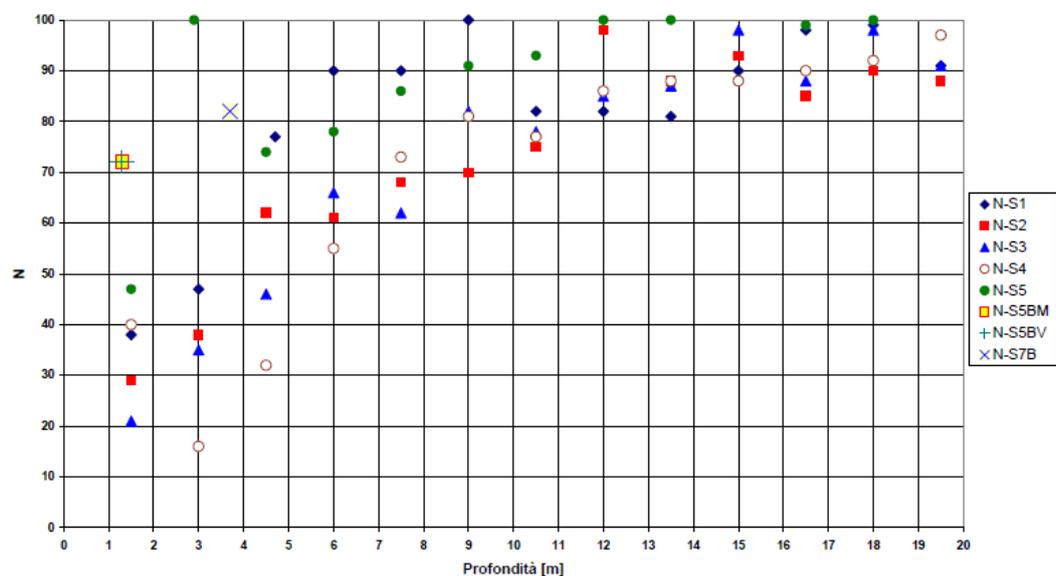
Dal punto di vista granulometrico, questo terreno può essere classificato come limo argilloso e in alcuni casi argilla limosa. Si tratta di un terreno di media-alta plasticità e di elevata consistenza. Il suo peso dell'unità di volume è mediamente pari a 20 kN/m³.

Carta di plasticità di Casagrande



Negli strati AA, AL e AS, a diverse profondità, sono state eseguite prove di laboratorio (prove triassiali consolidate e non drenate TX-CIU - sondaggi S2, S3, S4, S5, prove di taglio diretto TD - sondaggi S2, S4, prove edometriche - sondaggi S1, S2, S3, S4, S5) e prove in sito (SPT), oltre a prove con il pocket-penetrometer sulle carote prelevate nel corso dei sondaggi.

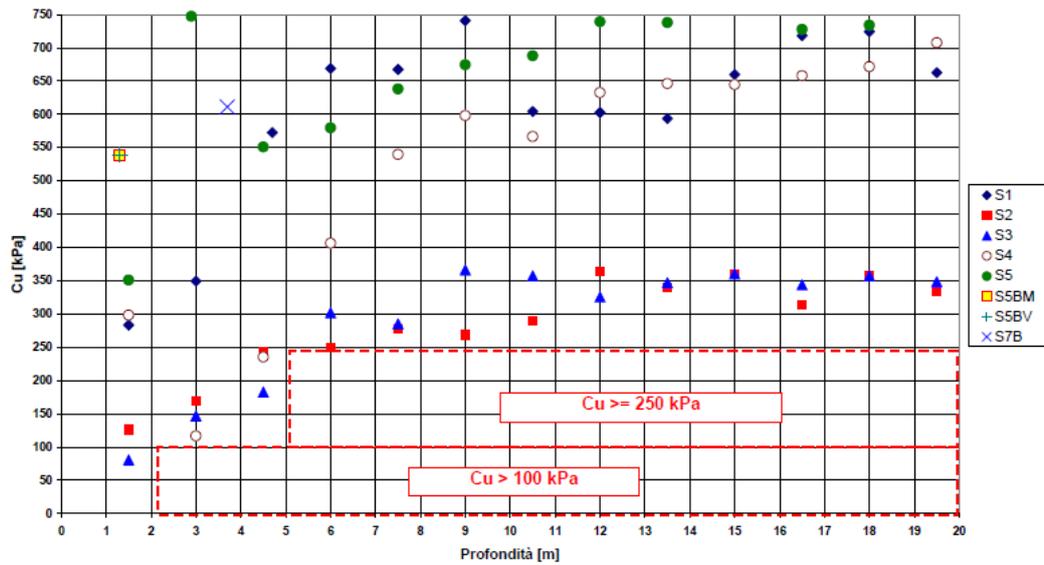
Risultati SPT



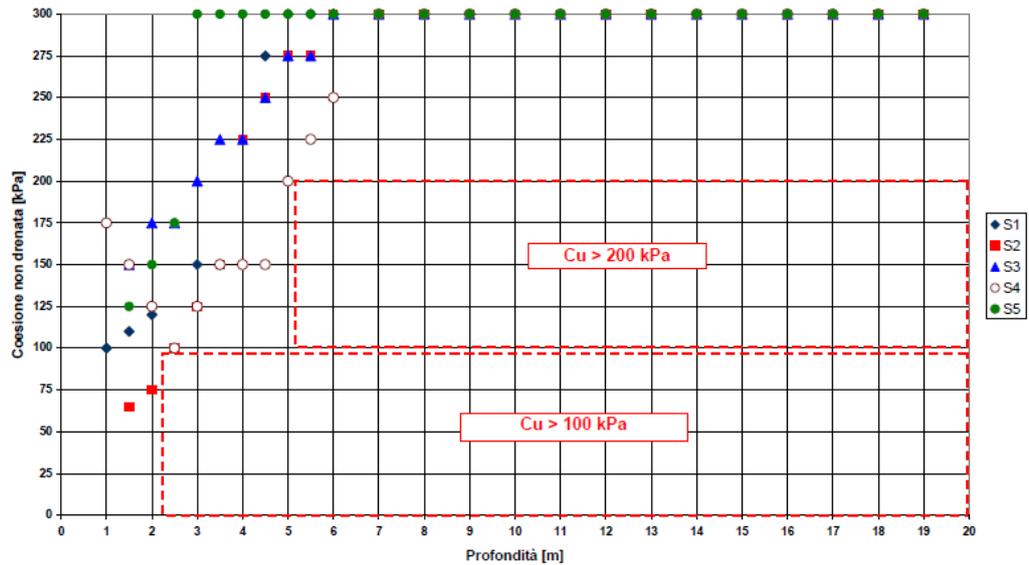
Nel grafico inserito in precedenza sono riportati i risultati delle prove SPT, espressi in numero di colpi, in funzione della profondità dal piano campagna.

La resistenza non drenata (o coesione non drenata), c_u , può essere ricavata dalle prove eseguite con il pocket penetrometer sulle carote prelevate nel corso dei sondaggi e dall'interpretazione delle prove SPT.

Coesione non drenata dedotta da SPT



Penetrometro tascabile

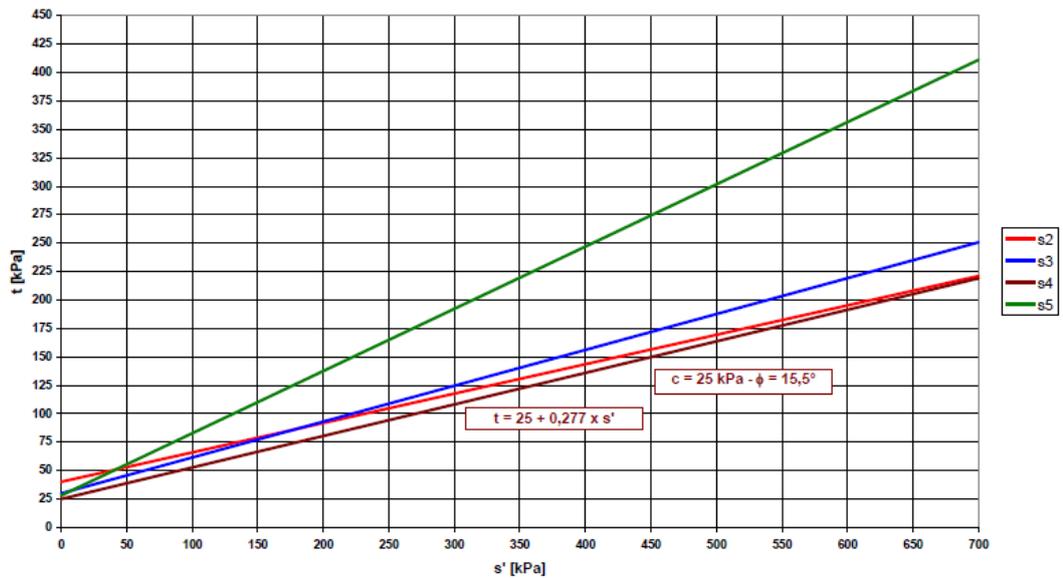


Sono poi riportati i valori della coesione non drenata ottenuta da tali prove in funzione della profondità; si nota che:

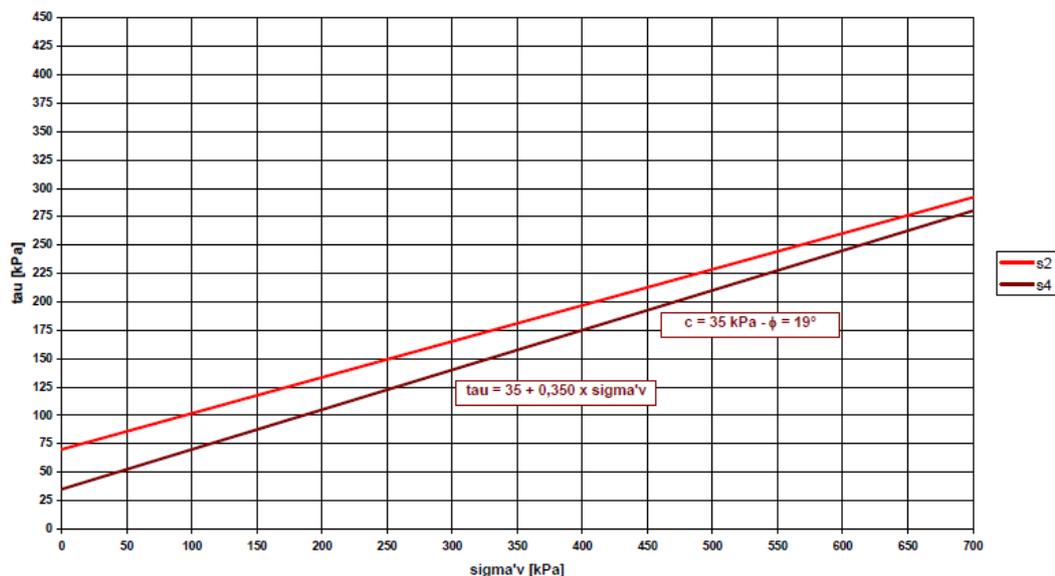
- trascurando i primi 2 metri che non sono in nessun caso interessati dal piano di posa delle fondazioni, nell'ambito dei primi 5 m di profondità la cu assume valori variabili tra 100 e 300 kPa;
- al di sotto di tale profondità, la cu assume valori sempre superiori a 200 kPa. Si adottano, cautelativamente, due valori di coesione non drenata:
 - Profondità 2 – 5 m: $c_u = 100$ kPa;
 - Profondità 5 – 20 m, $c_u = 200$ kPa.

Per quanto riguarda i parametri di resistenza in condizioni drenate, si sono utilizzati i risultati delle prove TX-CIU e TD.

Prove Triassiali - TX-CIU



Prove di taglio diretto



In sono riportati i risultati di tali prove, rispettivamente nel piano t-s' 1 ed in quello di Mohr.

I parametri geotecnici sono stati dedotti da un numero limitato di prove, 3 di tipo TX-CIU e 1 di tipo TD per gli strati meno profondi (fino a 5 m) e solo 1 prova di tipo TXCIU e 1 di tipo TD per gli strati più profondi (oltre 5 m); tutte le prove sono caratterizzate da un'intercetta coesiva non inferiore a 25 kPa; i valori dell'angolo di attrito ottenuto sono sempre superiori a 15° per gli strati meno profondi e a 20° per gli strati più profondi.

Sono stati adottati, cautelativamente, due coppie di parametri c' e ϕ :

- Profondità 2 – 5 m, $c' = 25 \text{ kPa}$, $\phi = 15^\circ$;
- Profondità 5 – 20 m, $c' = 25 \text{ kPa}$, $\phi = 20^\circ$.

Per quanto riguarda i parametri di deformabilità si fa riferimento a correlazioni empiriche con la resistenza non drenata, che pongono il modulo di Young pari a:

$$E_u = \alpha \cdot C_u$$

con il coefficiente α che, per i terreni in esame, può essere posto pari a 300.

Facendo riferimento al valor medio della coesione non drenata, si può ipotizzare che il modulo non drenato sia pari a 45 MPa (ottenuto per un valore medio della c_u di 150 kPa).

Dalle prove edometriche fu ricavato un valor medio del modulo di compressione edometrico che, in corrispondenza degli stati tensionali in sito e tenendo conto delle variazioni tensionali indotte dall'opera esistente, può essere posto pari a circa 10 MPa. Da esso, ipotizzando un coefficiente di Poisson pari a 0,2, si può ricavare una stima modulo di Young in condizioni drenate. Esso risulta pari a 9 MPa.

Riassumendo i terreni in questione possono essere schematizzato con i parametri:

Tabella 1: Parametri fisico meccanici degli Strati superficiali (AA) e (AL)

Parametro	Valore
Peso dell'unità di volume [kN/m ³]	19,0
Coazione non drenata, cu [kPa]	100 (da circa 2,00 m a circa 5,00 m)
Coazione efficace, c' [kPa]	25
Angolo d'attrito, φ' [°]	15
Modulo di Young non drenato, Eu [MPa]	45
Modulo di Young drenato, E' [MPa]	9
Coefficiente di Poisson, ν' [-]	0,2

Tabella 2: Parametri fisico meccanici degli Strati profondi (AS):

Parametro	Valore
Peso dell'unità di volume [kN/m ³]	20,0
Coazione non drenata, cu [kPa]	200 (da circa 5,00 m a 20,00 m)
Coazione efficace, c' [kPa]	25
Angolo d'attrito, φ' [°]	20
Modulo di Young non drenato, Eu [MPa]	45
Modulo di Young drenato, E' [MPa]	9
Coefficiente di Poisson, ν' [-]	0,2

6.3. CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI (AREA CALTAVUTURO)

A seguire vengono inseriti gli estratti dalla relazione geotecnica "PROGETTO DEI LAVORI DI ADEGUAMENTO DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI, RIFACIMENTO DEL FONDO E AMPLIAMENTO DEL RETTANGOLO DI GIOCO DEL CAMPO SPORTIVO COMUNALE". Tale relazione risulta molto stringata nella parte contenete la trattazione dei dati geotecnici che vengono qui di seguito riassunti.

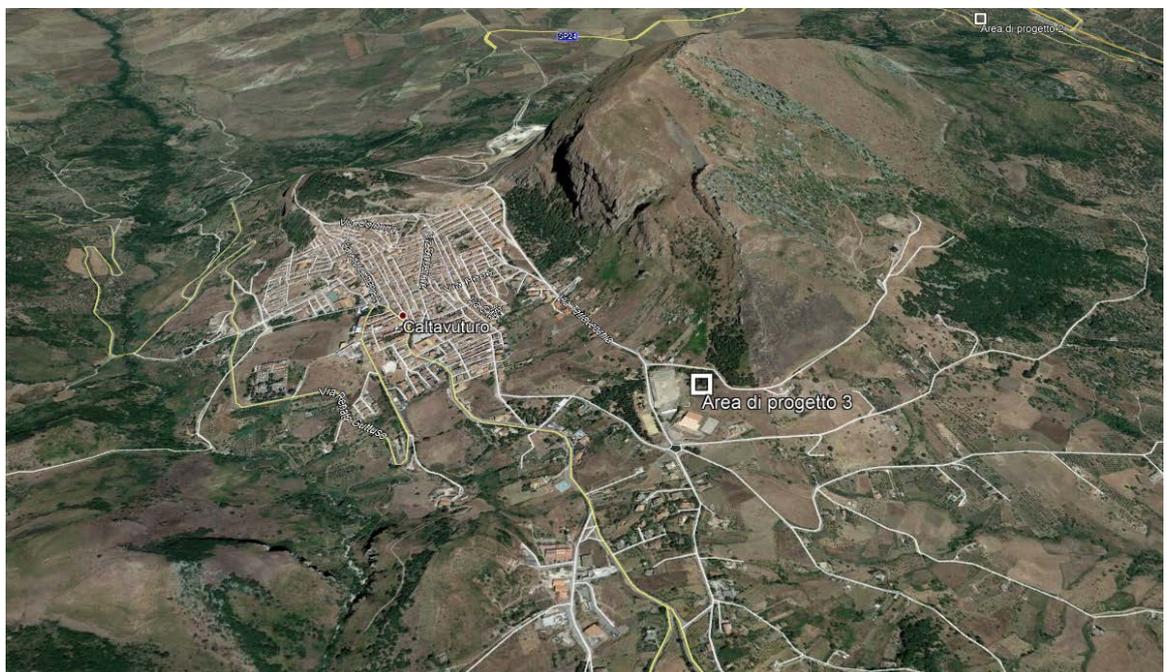


Figura 22 - Area inerente ai dati di bibliografia per area di Caltavuturo

6.3.1. CAMPAGNA DI INDAGINI CAMPO SPORTIVO CALTAVUTURO

Per la realizzazione del progetto furono eseguite le seguenti indagini:

- indagini Masw
- 4 Carotaggi
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- determinazioni di granulometria e plasticità dei terreni;
- determinazione delle proprietà fisiche di stato (contenuto d'acqua, peso dell'unità di volume, porosità, ecc.)
- prove di compressione espansione laterale libera E.E.L;
- prove di taglio diretto (TD)

6.3.2. SUNTO DATI GEOTECNICI RACCOLTI

La relazione contiene i dati raccolti su 2 campioni di terreno nominati 1 A e 2 A che hanno prodotto i seguenti dati:

Tabella 3: Campione 1 A

Parametro	Valore
Peso dell'unità di volume γ [kNm-3]	20,26
Angolo di resistenza al taglio ϕ [°]	21,31
Coesione drenata, c' [kNm-2]	0,203
Coesione non drenata, c_u [kN-2]	280

Tabella 4: Campione 2 A

Parametro	Valore
Peso dell'unità di volume γ [kNm-3]	20,21
Angolo di resistenza al taglio ϕ [°]	30,55
Coesione drenata, c' [kNm-2]	0,203

La ricostruzione della stratigrafia si basa su un modello a tre strati, senza riferimento alla tipologia di terreni che li definiscono, riporta i seguenti valori:

Tabella 5: Campione Strato 1 da P.C a -4,00 m

Parametro	Valore
Peso dell'unità di volume γ [kNm-3]	18,63
Angolo di attrito interno ϕ [°]	25
Coesione drenata, c' [MPa]	0,010

Tabella 6: Campione Strato 2 da -4,00 a -20,00 m

Parametro	Valore
Peso dell'unità di volume γ [kNm-3]	18,63
Angolo di attrito interno φ [°]	28
Coesione drenata, c' [MPa]	0,0290

Tabella 7: Campione Strato 3 da -20,00 m

Parametro	Valore
Peso dell'unità di volume γ [kNm-3]	20,00
Angolo di attrito interno φ [°]	30
Coesione drenata, c' [MPa]	0,010

6.4. CONSIDERAZIONI FINALI

Sulla base dei dati analizzati, le considerazioni che sono emerse sono di seguito riportate:

Geotecnica

Le analisi geotecniche effettuate a valle delle indagini condotte in passato, per quanto riguarda prove di taglio o prove triassiali, hanno fornito indicazioni interessanti anche se risultano in numero inferiori ad una per aereogeneratore per il campo eolico esistente. È stato inoltre consultato il set di analisi e dati raccolti per l'area del campo sportivo di Caltavuturo. Nonostante non siano disponibili i certificati d'analisi, si ritiene in via preliminare e con le dovute accortezze cautelative, di poter ritenere valide e replicabili le condizioni riscontrate dalle indagini passate per il dimensionamento del nuovo impianto. Tali condizioni saranno comunque verificate da un'opportuna campagna di indagini di dettaglio durante la fase esecutiva del progetto.

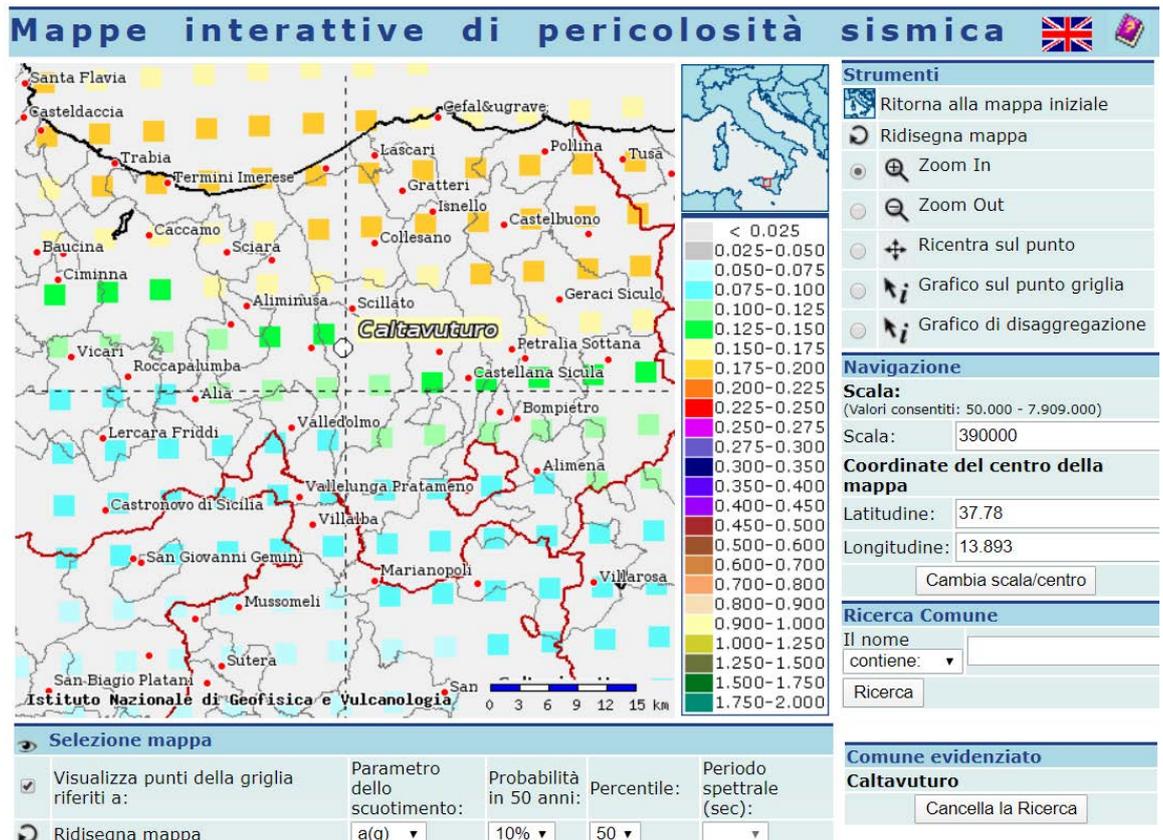
Geofisica

Le indagini svolte in passato includevano indagini geofisiche di modesta interpretazione. Al fine di ottenere un valore utilizzabile per la progettazione preliminare, è stato ritenuto ragionevole l'utilizzo di valori tipici per il Flysh Numidico nell'area, che indicano una classe B. Questo risultato è stato inoltre ribadito dalla relazione per la realizzazione del campo sportivo nel comune di Caltavuturo.

7. MICROZONAZIONE SISMICA E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

7.1. PREMESSA

Le aree in esame poste nei Comuni di Caltavuturo e Valledolmo ricadono nella zona sismica 2 a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0.25 ag/g, mentre dal punto di vista della pericolosità sismica (espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti a suoli molto rigidi), il territorio comunale rientra per la maggior nella fascia di valori 0,100 - 0,125 g, e per una porzione nella fascia 0.125 - 0.150 g.



7.2. FAGLIE ATTIVE E FONTI SISMOGENETICHE

Per verificare la presenza di faglie attive e capaci (FAC) nel territorio in esame, si è fatto riferimento al Progetto ITHACA (ITaly HAZards from CAPable faults) - Catalogo delle faglie attive e capaci e al DISS 3.2.0 (Database of Individual Seismogenic Sources).

La loro consultazione non ha evidenziato la presenza di tali elementi strutturali nei territori comunali analizzati.

La presenza di faglie è comunque evidente nel territorio e sono state cartografate in letteratura.

Per la loro definizione si è quindi fatto riferimento alle linee guida regionali, dove una faglia può definirsi "attiva" quando mostra evidenze di almeno un'attivazione negli ultimi 40.000 anni, prescrivendo, in tal caso, le necessarie analisi paleosismologiche per l'accertamento delle sue caratteristiche geometriche e sismogenetiche e l'adozione delle opportune zone di rispetto.

Per la definizione del pericolo derivante dall'eventuale presenza di FAC, sono stati quindi consultati i cataloghi ITHACA-ISPRA e i dati presenti nel DISS dell'INGV. In essi non è stata rilevata la presenza di strutture di tale tipo.

Le evidenti, e visibili, faglie che sono state rilevate durante gli studi pregressi o riscontrate nella consultazione di carte geologiche realizzate nell'area in studio possono pertanto essere

classificate come Faglie Potenzialmente attive e Capaci (FPAC).

Le FPAC sono riportate nella Carta Geologica e, per queste faglie, la cui identificazione è stata effettuata essenzialmente con l'ausilio di dati di letteratura, non è prevista alcuna zonazione, come definito nelle Linee Guida.



Figura 23-Progetto ITHACA (ITaly Hazards from CApable faults) - Catalogo delle faglie attive e capaci (FAC)

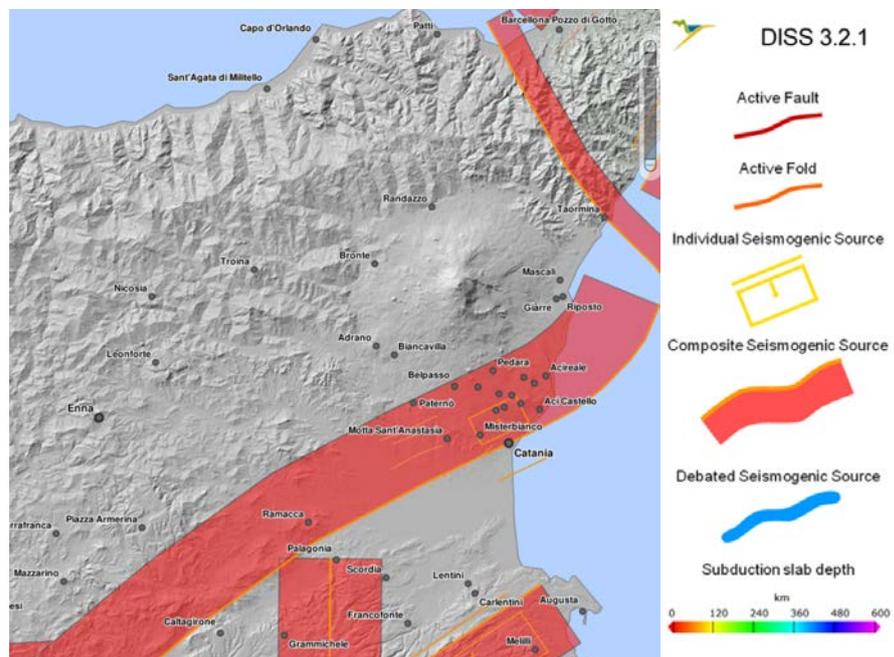


Figura 24-Zone sismogenetiche DISS 3.2.0 (Database of Individual Seismogenic Sources)

7.3. SISMICITÀ STORICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO

Numerosi sono i grandi terremoti che hanno colpito la Sicilia in epoca storica, ma per quelli antecedenti al 1600 non si hanno informazioni sufficienti che consentano la ricostruzione accurata degli effetti macrosismici, determinando quindi imprecisione nella definizione della mappa delle massime intensità.

Di seguito sono descritti gli eventi principali che dal XVII secolo hanno avuto effetti macrosismici significativi nella Sicilia Settentrionale.

L'area di interesse è stata storicamente interessata da sismi anche di media - forte intensità.

Nella mappa di sono riportati i punti epicentrali e le massime intensità ivi risentite dei maggiori terremoti verificatisi dopo il 1542.

L'area in esame è stata quindi interessata da una modesta attività sismica generata dalle faglie presenti, caratterizzata da eventi di bassa energia.

L'inquadramento storico della sismicità della zona può iniziare con il riferimento ai grandi terremoti che hanno colpito la Sicilia in epoca storica e al risentimento che questi ultimi hanno indotto nell'area in studio.

L'evento dell'11 gennaio 1693 è storicamente ricordato come uno dei più catastrofici mai avvenuto sul territorio nazionale. Il terremoto rase al suolo la città di Catania, Lentini e Noto. Il terremoto fu avvertito con spavento in tutta l'isola. A Palermo si lamentarono leggeri danni.

Il terremoto siciliano del 1693, VIII grado della scala Mercalli, rappresenta uno dei pochi eventi per i quali sia stato possibile ricostruire l'intero quadro macrosismico con apprezzabile dettaglio grazie ad una approfondita relazione stesa dal Duca di Camastra indirizzata al Vicere di Sicilia che lo aveva incaricato di una ricognizione nei paesi colpiti dal terremoto.

I dati analizzati suggeriscono un movimento di tipo inverso (thrust) con cinematica transpressiva (compressione e scorrimento) lungo piani ad andamento NE-SW.

È importante capire la geologia di questo settore: esso costituisce una porzione della Catena Maghrebide Siciliana, che si sviluppa in direzione E-W, sottoposta a processi di assottigliamento crostale, collegata al Bacino Tirrenico, caratterizzato da processi di oceanizzazione.

Questi processi di assottigliamento crostale sarebbero stati accoppiati circa 3,5 milioni di anni fa, nel settore sud-tirrenico prospiciente la costa settentrionale siciliana, ad un regime tettonico trascorrente che ha causato l'attivazione di un'ampia zona di taglio destro orientata circa E-O.

Nelle aree di esame l'attività sismica registrata è dipendente agli eventi definiti come "monti Madonie" tuttavia, è da considerarsi che gli eventi maggiori sopracitati presumibilmente hanno interessato l'area ma non sono stati registrati.

Vista la complessiva pericolosità sismica, i comuni di Caltavuturo e Valledolmo risulta inseriti in Zona Sismica 2.

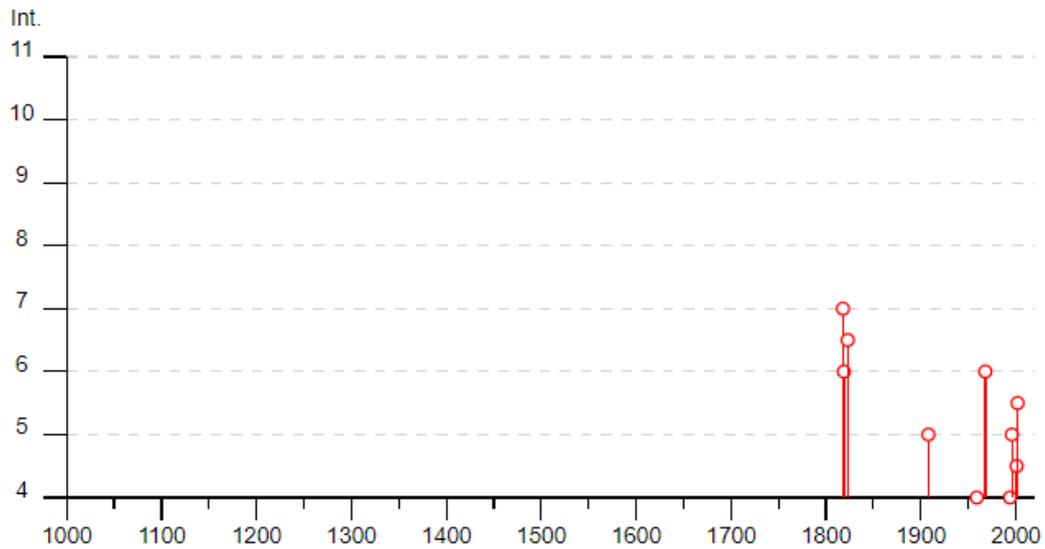


Figura 25: Energia e periodo terremoti principali

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1818	09	08	09	50		Monti Madonie	24	7-8	5.34
6	1819	02	24	23	20		Monti Madonie	24	7-8	5.37
6-7	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
3	1906	04	22	23	12		Monti Madonie ?	24	5	4.18
NF	1907	01	21	03	41		Tirreno meridionale	32	5	4.14
5	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
4	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
6	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
3	1977	06	05	13	59		Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
NF	1991	01	07	11	42	5	Monti Madonie	26	4-5	3.79
3	1993	06	26	17	47	5	Monti Madonie ?	47	6-7	4.92
4	1994	05	06	19	09	4	Sicilia centrale	68	5	4.36
NF	1995	04	11	12	06	5	Sicilia centrale	43	3-4	4.03
5	1996	12	14	00	18	4	Monti Madonie	45	5	4.27
4-5	2001	11	25	19	34	1	Monti Madonie	25	4-5	4.69
5-6	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005	11	03	09	19	0	Costa siciliana settentrionale	61	4-5	3.30
3	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56

Figura 26: Elenco terremoti storici per il sito di Caltavuturo

7.4. STIMA CATEGORIA SUOLO

Stima categoria di sottosuolo secondo le norme tecniche per le Costruzioni 17-01-2018 (NTC 2018).

Secondo la normativa vigente la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore $V_{s,eq}$ definito dalla seguente equazione:

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le velocità sismiche di riferimento provengono da studi eseguiti in zona che evidenziano velocità, per le litologie prese in considerazione, tali da porre le litologie prese in esame nella categoria B ovvero:

“Rocce tenere e depositi a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra i 360 m/s e 800 m/s”

7.5. SISMICITÀ DELL'AREA

7.5.1. PREMESSA

Di seguito viene fornito un inquadramento generale sulla classificazione sismica dell'area in esame nel rispetto delle disposizioni delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del Decreto Ministeriale del 17/01/2018.

- A) Secondo la normativa vigente la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore $V_{s,eq}$ definito dalla seguente equazione:

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

- B) Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro
- C) $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità
- D) Le verifiche strutturali nei diversi stati limiti vanno condotte adottando le azioni sismiche che sono funzione della “pericolosità sismica” dell'area in esame. La “pericolosità sismica” è definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su suolo rigido, con piano campagna orizzontale.

Le azioni di progetto dovute al sisma si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali definite in funzione dei parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito

F_0 = 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.

I valori di tali parametri sono riportati nella tabella esposta nell'Allegato A del decreto, grazie alla quale i parametri dell'area in esame vengono ottenuti per interpolazione lineare tra quattro punti di una griglia di punti prefissati sul territorio

Utilizzando il software dedicato si ricavano gli spettri di risposta elastica delle componenti orizzontali di moto, per i diversi periodi di ritorno considerati dal D.M.

7.5.2. MICROZONIZZAZIONE SISMICA

La microzonazione sismica ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente piccola (scala comunale o sub comunale) le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (risposta sismica locale) o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

In sostanza lo studio di microzonazione restituisce una mappa del territorio nella quale sono indicate:

- le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di terreno rigido (suolo A della norma nazionale) e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e geomorfologiche del territorio.
- le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanenti del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, assestamenti, liquefazioni, fagliazione superficiale).

Nel caso in esame, la copertura superficiale appare superiore alla profondità di posa delle fondazioni, ed il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/sec) non viene raggiunto; si avrà pertanto un'amplificazione sismica locale dovuta alla presenza del "letto" superficiale di sedimenti.

7.5.3. EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Le verifiche sugli effetti di amplificazione topografica si basano puramente su criteri di tipo morfometrico/morfologico; per le sezioni e le misurazioni si è fatto riferimento alla cartografia disponibile.

Categoria topografica	Ubicazione opera	St
T1 (sup. pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $\leq 15^\circ$)	-	1.0
T2 (pendii con inclinazione media $> 15^\circ$)	Sommità del pendio	1.2
T3 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra $15-30^\circ$)	Cresta del rilievo	1.2
T4 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $> 30^\circ$)	Cresta del rilievo	1.4

Figura 27: Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica (tabella 3.2.IV della N.T.C.):

Nel caso specifico, a fini cautelativi e vista l'orografia variabile del sito si è deciso di utilizzare una categoria T3, il valore di riferimento è $St = 1.2$.

7.6. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE CALTAVUTURO

Data: 20/04/2020

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (Cu): 1

Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 37,7944221 [°]

Longitudine (WGS84): 13,8725481 [°]

Latitudine (ED50): 37,7954826 [°]

Longitudine (ED50): 13,8733912 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame:

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	46737	37,784330	13,869260	1292,31
2	46738	37,784090	13,932310	5330,17
3	46516	37,834100	13,932610	6745,25
4	46515	37,834330	13,869510	4332,90

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,037	2,427	0,242
SLD	50	0,048	2,399	0,272
	72	0,056	2,431	0,283
	101	0,064	2,432	0,294
	140	0,073	2,432	0,305
	201	0,083	2,467	0,313
SLV	475	0,113	2,519	0,329
SLC	975	0,143	2,568	0,341
	2475	0,192	2,608	0,351

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,038	2,431	0,245
SLD	50	0,049	2,394	0,273
	72	0,057	2,428	0,284
	101	0,066	2,417	0,293
	140	0,076	2,419	0,304
	201	0,087	2,444	0,312
SLV	475	0,119	2,499	0,327
SLC	975	0,152	2,543	0,336
	2475	0,205	2,583	0,347

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,042	2,397	0,250
SLD	50	0,055	2,380	0,269
	72	0,065	2,378	0,280
	101	0,076	2,380	0,286
	140	0,088	2,380	0,293
	201	0,103	2,382	0,297
SLV	475	0,145	2,406	0,315
SLC	975	0,188	2,454	0,320
	2475	0,256	2,531	0,329

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,041	2,412	0,248
SLD	50	0,053	2,382	0,269
	72	0,063	2,392	0,280
	101	0,073	2,386	0,287
	140	0,084	2,395	0,294
	201	0,098	2,396	0,299
SLV	475	0,138	2,426	0,316
SLC	975	0,178	2,465	0,323
	2475	0,243	2,538	0,331

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,039	2,422	0,244
SLD	50	0,050	2,393	0,272
SLV	475	0,122	2,488	0,325
SLC	975	0,156	2,534	0,335

7.7. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO CALTAVUTURO

 Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

 Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T3: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra 15° e 30°

Stabilità di pendii e fondazioni

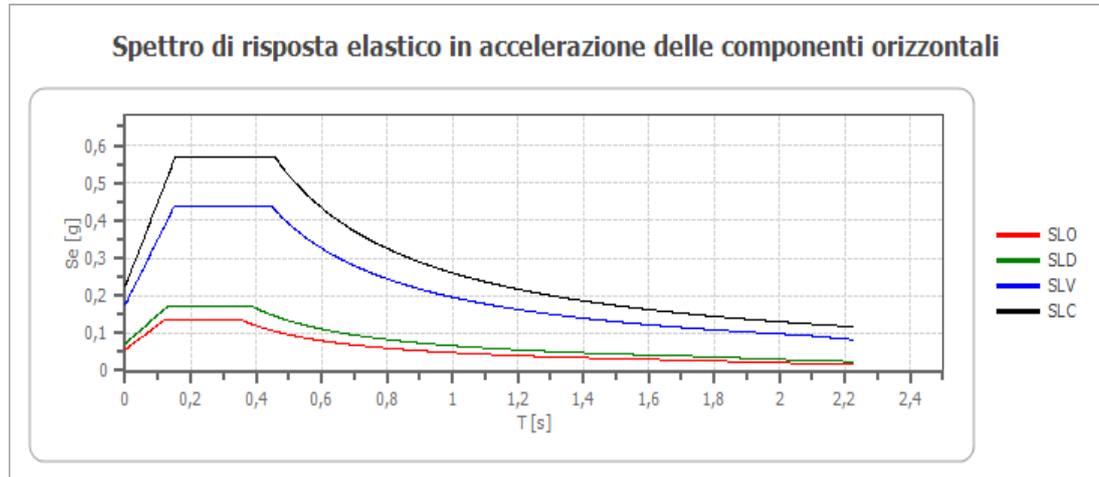
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,042	0,054
kv	0,006	0,007	0,021	0,027
amax [m/s ²]	0,545	0,702	1,719	2,197
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,034	0,067	--
kv	--	0,017	0,033	--

amax [m/s ²]	0,545	0,702	1,719	2,197
Beta	--	0,470	0,380	--

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

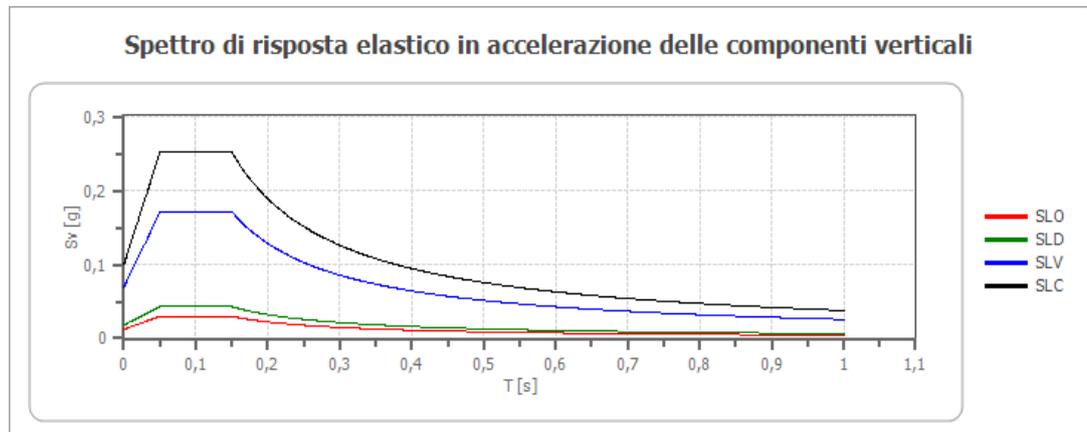


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,039	2,422	0,244	1,200	1,460	1,200	1,440	1,000	0,119	0,356	1,754	0,056	0,135
SLD	1,0	0,050	2,393	0,272	1,200	1,430	1,200	1,440	1,000	0,129	0,388	1,799	0,072	0,171
SLV	1,0	0,122	2,488	0,325	1,200	1,380	1,200	1,440	1,000	0,150	0,449	2,087	0,175	0,436
SLC	1,0	0,156	2,534	0,335	1,200	1,370	1,200	1,440	1,000	0,153	0,459	2,222	0,224	0,568

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$: 1,000



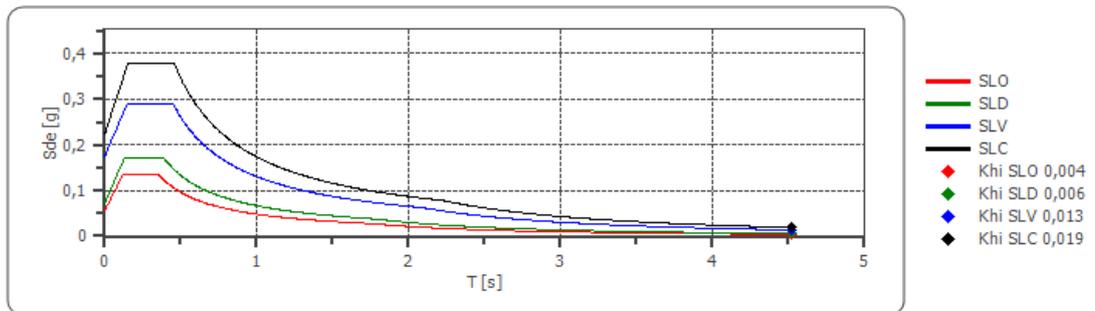
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,039	2,422	0,244	1	1,460	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,012	0,030
SLD	1,0	0,050	2,393	0,272	1	1,430	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,043
SLV	1,0	0,122	2,488	0,325	1	1,380	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,069	0,171
SLC	1,0	0,156	2,534	0,335	1	1,370	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,099	0,252

Spettro di progetto

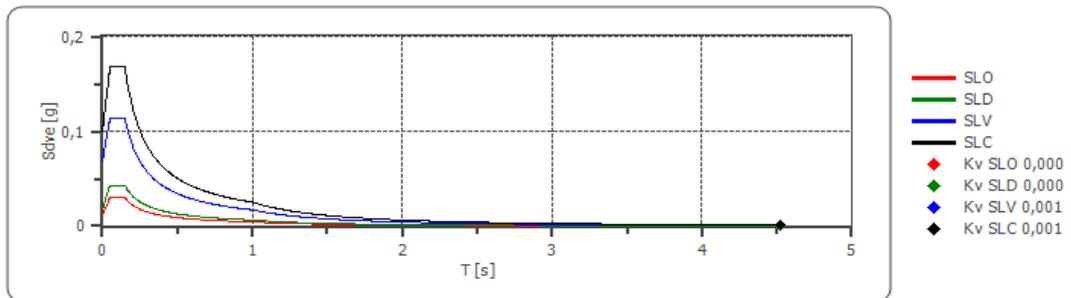
Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1,50
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1,50
 Periodo fondamentale T : 4,52 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,004	0,006	0,013	0,019
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,000	0,000	0,001	0,001

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	1,0	0,039	2,422	0,244	1,200	1,460	1,200	1,440	1,000	0,119	0,356	1,754	0,056	0,135
SLO verticale	1,0	0,039	2,422	0,244	1,200	1,460	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,012	0,030
SLD orizzontale	1,0	0,050	2,393	0,272	1,200	1,430	1,200	1,440	1,000	0,129	0,388	1,799	0,072	0,171
SLD verticale	1,0	0,050	2,393	0,272	1,200	1,430	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,043
SLV orizzontale	1,0	0,122	2,488	0,325	1,200	1,380	1,200	1,440	1,500	0,150	0,449	2,087	0,175	0,291
SLV verticale	1,0	0,122	2,488	0,325	1,200	1,380	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000	0,069	0,114

ale														
SLC orizzontale	1,0	0,156	2,534	0,335	1,200	1,370	1,200	1,440	1,500	0,153	0,459	2,222	0,224	0,379
SLC verticale	1,0	0,156	2,534	0,335	1,200	1,370	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000	0,099	0,168

7.8. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE VALLEDOLMO

Data: 20/04/2020

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (Cu): 1

Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 37,7938805 [°]

Longitudine (WGS84): 13,8272295 [°]

Latitudine (ED50): 37,7949409 [°]

Longitudine (ED50): 13,8280735 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	46736	37,784530	13,806160	2246,85
2	46737	37,784330	13,869260	3806,71
3	46515	37,834330	13,869510	5694,87
4	46514	37,834530	13,806400	4796,08

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,037	2,420	0,234
SLD	50	0,046	2,409	0,270

	72	0,054	2,432	0,281
	101	0,061	2,447	0,294
	140	0,070	2,442	0,305
	201	0,080	2,489	0,314
SLV	475	0,108	2,542	0,332
SLC	975	0,136	2,589	0,345
	2475	0,179	2,641	0,357

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,037	2,427	0,242
SLD	50	0,048	2,399	0,272
	72	0,056	2,431	0,283
	101	0,064	2,432	0,294
	140	0,073	2,432	0,305
	201	0,083	2,467	0,313
SLV	475	0,113	2,519	0,329
SLC	975	0,143	2,568	0,341
	2475	0,192	2,608	0,351

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,041	2,412	0,248
SLD	50	0,053	2,382	0,269
	72	0,063	2,392	0,280
	101	0,073	2,386	0,287
	140	0,084	2,395	0,294
	201	0,098	2,396	0,299
SLV	475	0,138	2,426	0,316
SLC	975	0,178	2,465	0,323
	2475	0,243	2,538	0,331

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,040	2,419	0,244
SLD	50	0,052	2,383	0,268
	72	0,060	2,414	0,280
	101	0,071	2,397	0,287
	140	0,081	2,415	0,294
	201	0,094	2,406	0,305
SLV	475	0,131	2,445	0,318
SLC	975	0,169	2,482	0,327
	2475	0,229	2,545	0,335

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,038	2,420	0,240
SLD	50	0,049	2,397	0,270
SLV	475	0,118	2,499	0,326
SLC	975	0,151	2,544	0,337

7.9. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO VALLEDOLMO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T3: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra 15° e 30°

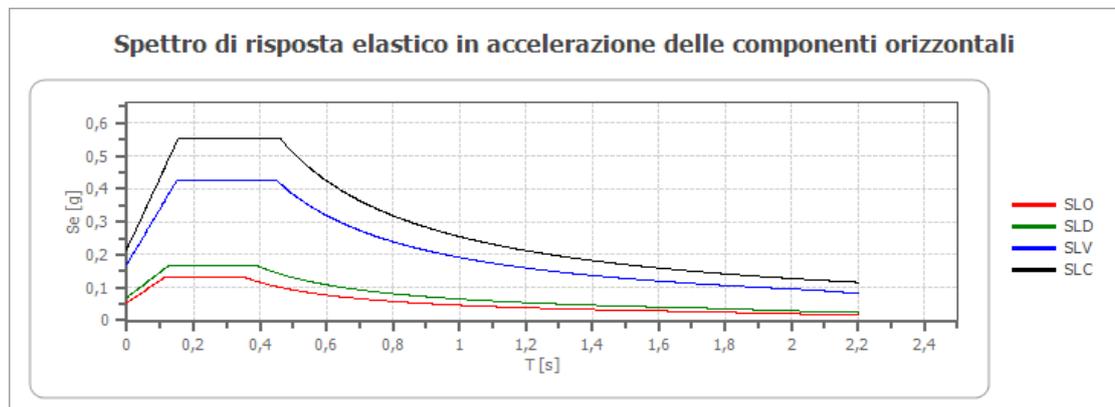
Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,041	0,052
kv	0,005	0,007	0,020	0,026
amax [m/s ²]	0,536	0,690	1,670	2,128
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,065	--
kv	--	0,017	0,032	--
amax [m/s ²]	0,536	0,690	1,670	2,128
Beta	--	0,470	0,380	--

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



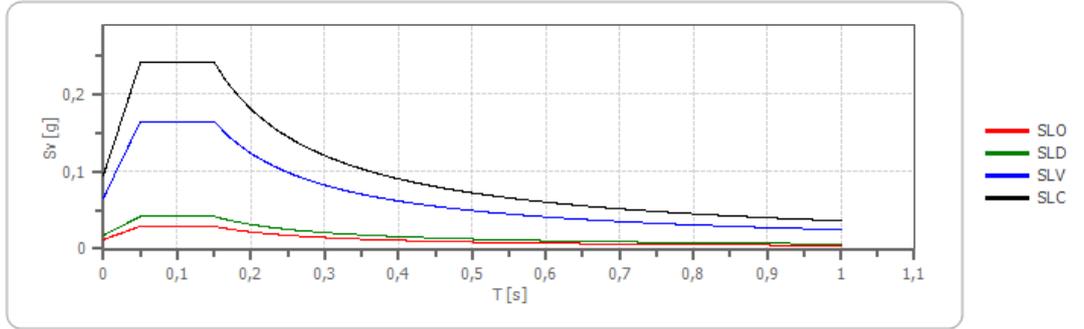
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,038	2,420	0,240	1,200	1,460	1,200	1,440	1,000	0,117	0,350	1,752	0,055	0,132
SLD	1,0	0,049	2,397	0,270	1,200	1,430	1,200	1,440	1,000	0,129	0,386	1,795	0,070	0,169
SLV	1,0	0,118	2,499	0,326	1,200	1,380	1,200	1,440	1,000	0,150	0,450	2,073	0,170	0,426
SLC	1,0	0,151	2,544	0,337	1,200	1,370	1,200	1,440	1,000	0,154	0,462	2,203	0,217	0,552

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



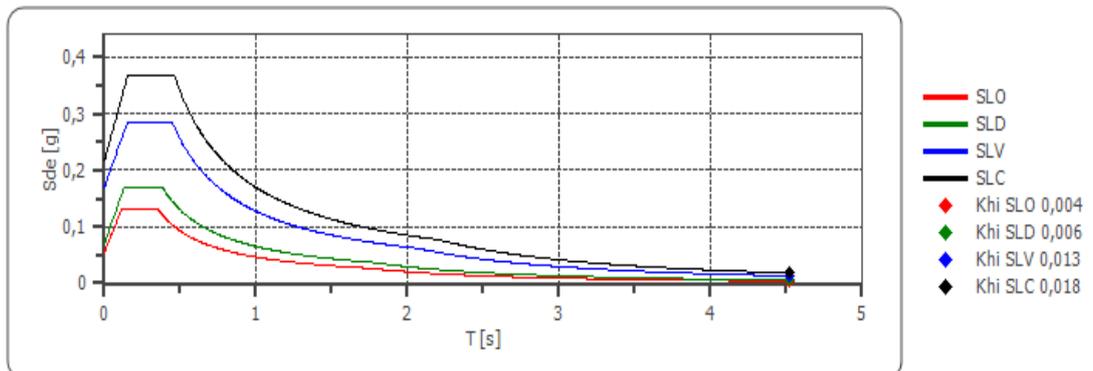
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,038	2,420	0,240	1	1,460	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,012	0,029
SLD	1,0	0,049	2,397	0,270	1	1,430	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,017	0,042
SLV	1,0	0,118	2,499	0,326	1	1,380	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,066	0,165
SLC	1,0	0,151	2,544	0,337	1	1,370	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,095	0,241

Spettro di progetto

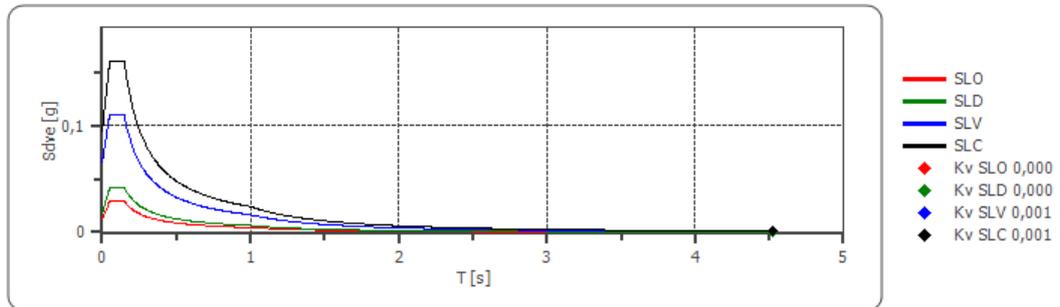
Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1,50
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1,50
 Periodo fondamentale T : 4,52 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0,004	0,006	0,013	0,018
$k_v = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0,000	0,000	0,001	0,001

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	1,0	0,038	2,420	0,240	1,200	1,460	1,200	1,440	1,000	0,117	0,350	1,752	0,055	0,132
SLO verticale	1,0	0,038	2,420	0,240	1,200	1,460	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,012	0,029
SLD orizzontale	1,0	0,049	2,397	0,270	1,200	1,430	1,200	1,440	1,000	0,129	0,386	1,795	0,070	0,169
SLD verticale	1,0	0,049	2,397	0,270	1,200	1,430	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,017	0,042
SLV orizzontale	1,0	0,118	2,499	0,326	1,200	1,380	1,200	1,440	1,500	0,150	0,450	2,073	0,170	0,284
SLV verticale	1,0	0,118	2,499	0,326	1,200	1,380	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000	0,066	0,110
SLC orizzontale	1,0	0,151	2,544	0,337	1,200	1,370	1,200	1,440	1,500	0,154	0,462	2,203	0,217	0,368
SLC verticale	1,0	0,151	2,544	0,337	1,200	1,370	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000	0,095	0,161

8. CONCLUSIONI

Come riportato nell'incipit al report, questa relazione è stata redatta ricorrendo in parte a materiale disponibile in letteratura, alle indagini svolte in passato ed alle risultante dei sopralluoghi.

Sono stati controllati tutti i dati disponibili inerenti alle aree di progetto.

Ovviamente molte considerazioni dovranno essere verificate con le indagini geognostiche da prevedersi in fase esecutiva, ma in sintesi, in base alle assunzioni dei progettisti del parco eolico attuale ed in base alle verifiche condotte per questo report, si riportano di seguito le principali evidenze:

- a. I versanti pur presentando forme morfologiche influenzate da processi erosivi, risultano stabili. Le numerose verifiche di stabilità condotte, in funzione delle caratteristiche geotecniche e stratigrafiche ottenute dai sondaggi ed analisi eseguite nell'ambito del presente lavoro, non hanno evidenziato situazioni di instabilità nei lavori precedenti. Si riserva di verificare, una volta stabilita la posizione finale delle nuove WTG, di effettuare ulteriori analisi di stabilità

- b. Sulle verticali su cui sono state edificate le turbine attuali, non risultano ad oggi processi morfogenetici importanti in atto. Si ricorda però che sono stati osservati piccoli dissesti (erosione accelerata e soliflussi) in prossimità delle WTG, quindi è fondamentale anche una corretta gestione delle acque
- c. La successione stratigrafica è stata omogeneizzata al fine da definire stratigrafie tipo, a seconda dell'area del campo eolico in progetto. Le caratteristiche geotecniche di queste "stratigrafie tipo" sono riportate nel paragrafo di riferimento.
- d. Caratterizzazione geotecnica: il numero di analisi geotecniche dovrà essere approfondito in fase di progetto esecutivo;
- e. Geofisica: Al fine di ottenere un valore utilizzabile per la progettazione preliminare, sono stati utilizzati quelli tipici per il Flish Numidico nell'area, che indicano una classe B
- f. Acque sotterranee: l'esecuzione dei sondaggi ha evidenziato la presenza di falde a profondità variabili dovute alla differente permeabilità degli strati costituenti i terreni.
- g. In Generale il set di dati contenuto nella relazione citata per l'area di Caltavuturo sono da considerarsi come parametri di confronto, ed è preferibile utilizzare i set di valori contenuti nel capitolo riguardante l'area di Valledolmo per entrambi i siti.

9. ALLEGATI**9.1. PARAMETRI GEOTECNICI CONSIGLIATI****Tabella 8: Parametri fisico meccanici degli Strati superficiali (AA) e (AL)**

Parametro	Valore
Peso dell'unità di volume [kN/m ³]	19,0
Coesione non drenata, c_u [kPa]	100 (da circa 2,00 m a circa 5,00 m)
Coesione efficace, c' [kPa]	25
Angolo d'attrito, φ' [°]	15
Modulo di Young non drenato, E_u [MPa]	45
Modulo di Young drenato, E' [MPa]	9
Coefficiente di Poisson, ν' [-]	0,2

Tabella 9: Parametri fisico meccanici degli Strati profondi (AS)

Parametro	Valore
Peso dell'unità di volume [kN/m ³]	20,0
Coesione non drenata, c_u [kPa]	200 (da circa 5,00 m a 20,00 m)
Coesione efficace, c' [kPa]	25
Angolo d'attrito, φ' [°]	20
Modulo di Young non drenato, E_u [MPa]	45
Modulo di Young drenato, E' [MPa]	9
Coefficiente di Poisson, ν' [-]	0,2