

REGIONE MOLISE

COMUNE DI TUFARA

Provincia di CAMPOBASSO

PROGETTO PER L'INSTALLAZIONE DI UN
IMPIANTO EOLICO DA 997 KW
IN LOC. CASE DI RENZO

PROGETTO DI VARIANTE

COMMITTENTE

Sicop

s.r.l. unipersonale

C. de Piana s.n. Zona Industriale - 86018 Vinchiaturo (CB) - Tel. 0874 340049 - Fax 0874 340902

Engineering and General
Construction

IL PROGETTISTA

Arch. Francesco PETRAROLA

SICOP SRL Unipersonale

C. de Piana Z.I.

86018 VINCHIATURO (CB)

P.IVA 00960660702

ELABORATI

RELAZIONE GEOLOGICA

Revisione	Descrizione	Data	Redatto	N° ELABORATO	SCALA	DATA

**COMUNE DI
TUFARA**

**PROGETTO PER L'INSTALLAZIONE DI
UN IMPIANTO EOLICO DA 997 KW IN
LOC. CASE DI RENZO**

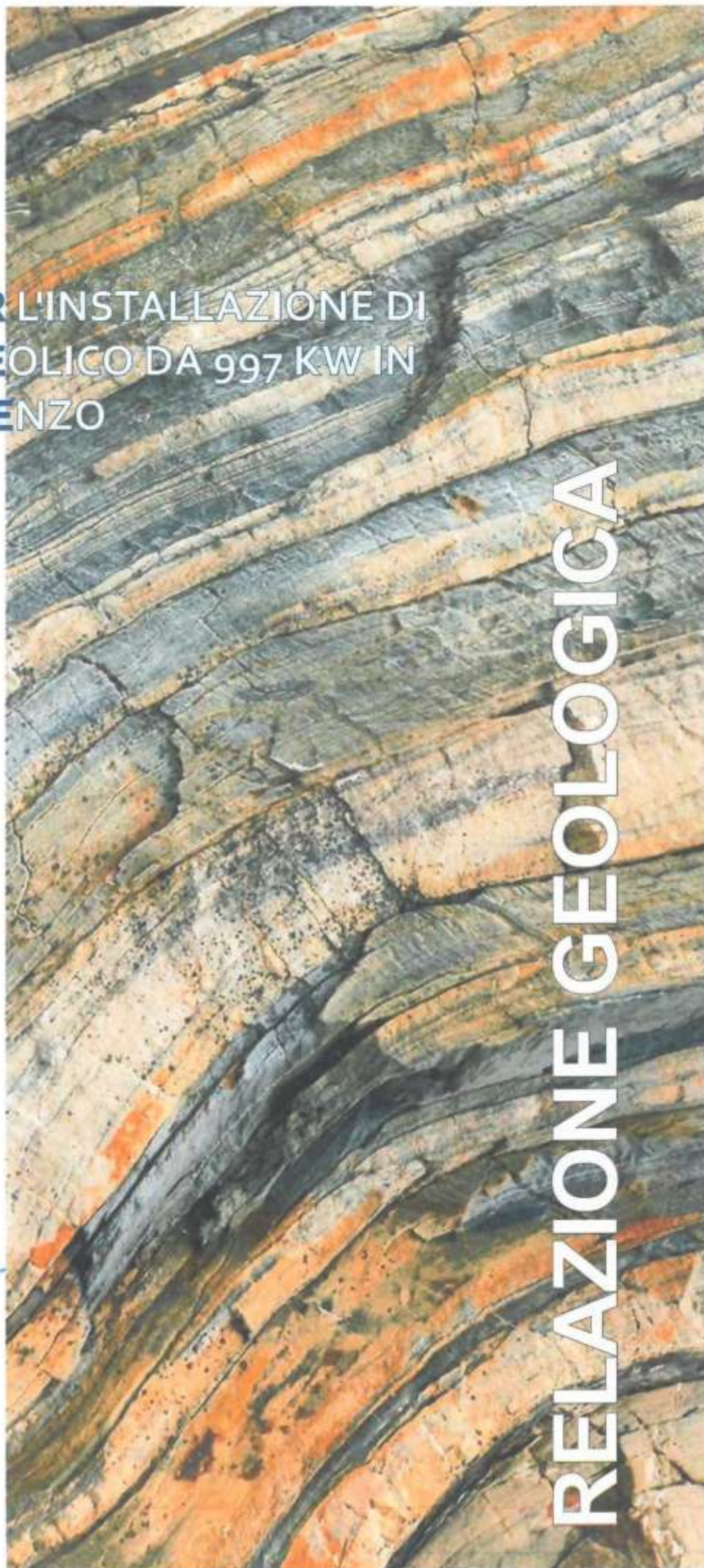
SICOP SRL Unipersonale
C.da Anna Z.1
86019 VINCIGUATURO (CB)
P. IVA 00960660702



geol.
Giuseppe PIACQUADIO



RELAZIONE GEOLOGICA



Indice

1.	PREMESSA E FINALITÀ.....	1
2.	METODOLOGIA	1
3.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	1
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	2
5.	GEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO.....	5
6.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	6
7.	IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA.....	7
8.	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	9
a.	PROVE SVOLTE.....	9
b.	MODELLO GEOLOGICO.....	9
9.	INDICAZIONI PROGETTUALI.....	10
10.	ANALISI DELLE COMPONENTI AMBIENTALI.....	11
11.	SISMICITA' STORICA DELLA REGIONE MOLISANA.....	11
12.	SISMICITÀ DI BASE	18
13.	MODELLO SISMICO DEL SOTTOSUOLO	18
14.	CONCLUSIONI	21

Allegati in coda al testo

Sinottico del modello geologico

Corografia scala 1:25.000

Carta rischio pericolosità da frana “ 1:10.000

Carta geologica “ 1:5.000

Relazione sulle indagini (log stratigrafico)

Relazione sismica MASW

1. PREMESSA E FINALITÀ

La Società **SICOP SRL** con sede alla C/da Piana s.n.c. Zona Industriale, Vinchiatturo (CB), nell'ambito del **PROGETTO DEFINITIVO PER L'INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DA 997 KW IN LOC. CASE DI RENZO**, in agro di Tufara (CB), ha conferito incarico al sottoscritto, Dott. Geol. **Giuseppe PIACQUADIO**, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania N. AP 2121, il seguente studio geologico. L'aerogeneratore in progetto consta di un rotore tripala della potenza nominale di 995 KW. Il seguente studio è stato redatto in ottemperanza al D.M. 17 gennaio 2018, che prevede, tra l'altro, una "Caratterizzazione e Modellazione Geologica del Sito" di studio. La Caratterizzazione e la Modellazione Geologica del Sito è stata eseguita con la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio. In considerazione dell'intervento da realizzare e della complessità del contesto geologico sono state prese in esame specifiche indagini in zone limitrofe utilizzate per la costruzione di un aerogeneratore. Il modello geologico derivato dal rilievo geologico e dai dati raccolti è stato sviluppato in modo da costituire un utile elemento di riferimento per il progettista, per inquadrare i problemi geotecnici e per definire la scelta della tipologia fondale idonea. Il seguente studio è indicativo anche alla definizione di un quadro geologico-ambientale funzionale e di ausilio alle più opportune scelte tecniche da adottare in questa fase di progettazione esecutiva.

2. METODOLOGIA

Il lavoro svolto per la redazione dello studio è articolato in due fasi:

1. **FASE DI ANALISI** (*preparatoria e conoscitiva*), caratterizzata dalla raccolta dei dati presenti nella letteratura geologica, del materiale cartografico ed aerofotografico esistente per valutare la ricerca storica delle modificazioni territoriali significative, nonché nella rivisitazione critica e nella omogeneizzazione delle informazioni acquisite.
2. **FASE DI RILIEVO E MODELLIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO DI COSTRUZIONE** consiste nella raccolta dei dati geologici di campagna esistenti e dei dati di laboratorio, desunti dal sondaggio svolto nell'area, che insieme alle indagini sismiche effettuate ha congiuntamente permesso la definizione sia del modello geologico che del modello sismico del sito di costruzione.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

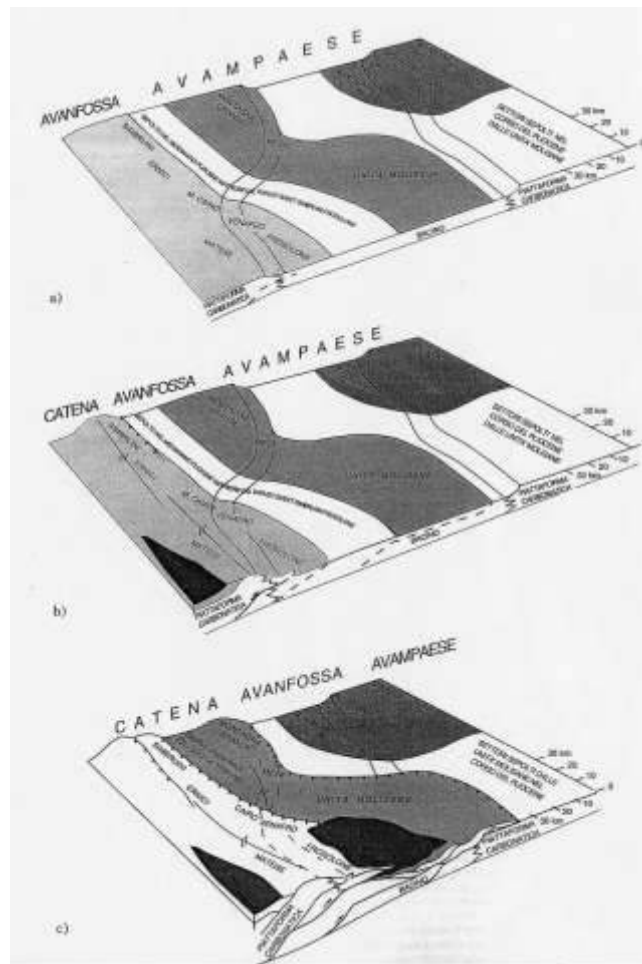
L'area interessata dalle opere in progetto è ubicata nella porzione centrale del territorio comunale di Tufara, alla località Case di Renzo ai confini con il comune di Gambatesa. In riferimento alla cartografia I.G.M.I., essa ricade nel foglio 162 Campobasso, più precisamente tavoletta 162 II - N.E. (Tufara) in scala 1: 25.000.



4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE





La regione Molise pur essendo di limitata estensione presenta una molteplicità di litologie ed una elevata complessità strutturale. Infatti, osservando lo schema geologico della regione Molisana si distingue un dominio caratterizzato dalla presenza di rocce carbonatiche deposte in facies di piattaforma carbonatica e di scarpata di età Meso-Cenozoica, corrispondenti ai rilievi che caratterizzano l'alto Molise (Monti del Matese, dai Monti della Meta-Mainarde, Montagnola di Frosolone). Un dominio caratterizzato da depositi di bacino di età compresa tra il Cretacico superiore e il Miocene inferiore, che corrisponde con il medio e parte del basso Molise "Valle del Biferno, Valle del Trigno, Valle del Fortore"; ed un dominio dove prevale la presenza dei depositi di avanfossa del Plio- Pleistocene, che corrisponde alle porzioni più Nord-orientali del basso Molise. Infine, sono presenti bacini di intracatena di età quaternaria configuratesi durante l'attività sismica del Pleistocene medio (piane di Bojano, Isernia e del Volturno). Analizzando, una ipotetica sezione orientata in direzione antiappenninica, si osserva un passaggio dai domini di piattaforma carbonatica verso quelli scarpata-bacino (Meta-Mainarde, Monti di Venafro, Matese nord-occidentale e Montagnola di Frosolone) fino ad arrivare a depositi di bacino più distale (unità Molisana e Sannitica), ai depositi flyschiodi del Miocene, e ai depositi di avanfossa Plio-Pleistocenici. Verso Nord e verso Est depositi di piattaforma si trovano in contatto con i sedimenti del bacino Molisano, quest'ultimo risulta suddiviso in tre gruppi di facies di sedimentazione (Patacca, 1990, 1992a, b).

- sedimenti di bacino profondo (Unità Daunia e Tufillo) passanti a depositi silicoclastici della formazione di Treste e Olmi.



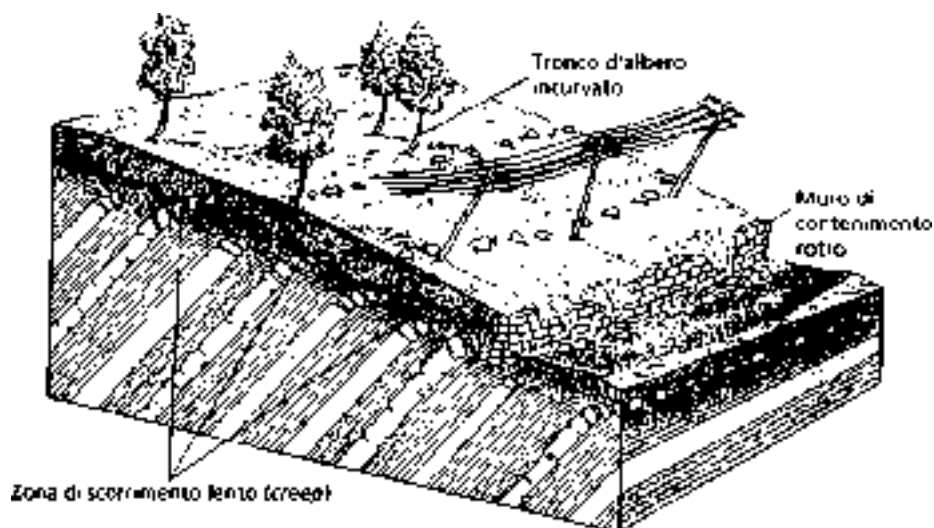
5. GEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO

L'area di studio interessa dalle opere in progetto è posta ai margini occidentali del territorio, alla località Case di Renzo. Dal rilievo geologico effettuato si sono riconosciuti vari successioni geologiche prevalentemente in facies di flysch, che appartengono alla successione della falda sannitica. Le formazioni appartenenti alla falda sannitica sono qui rappresentate dalle argille varicolori dell'unità del Sannio. In contatto discordante seguono i depositi di piggy-back del flysch di San Bartolomeo. Relativamente all'area in esame si sono distinti i seguenti litotipi:

	Depositi di frana: Depositi prevalentemente argillosi e marnosi con inclusi eterometrici. spessore massimo 3 metri. Attuale
	Depositi detritico-colluviali: Costituiti da limi sabbiosi e argillosi di colore bruno scuro sciolti con abbondanti inclusi eterometrici di natura calcarea ed arenacea. concentrati alla base dei versanti e dei fondovalli. spessore massimo 4 m. <i>Olocene</i>
	Flysch di San Bartolomeo: (SBp) Arenarie arcose litiche a grana fine e media in strati con spessore variabile da 2 cm fino a 15 cm, di colore grigiastro talora tendente al giallo, da cementate a poco cementate, tessiture immature, ricche di mica e granuli di quarzo a spigoli vivi e sub angolari. Agli strati arenacei si alternano strati di argille e argille marnose di colore grigiastro verde scuro, laminati e con tipica frattura concoide. Spessore circa 200 m.
	<p>(SAN1a) Successione calcarea - Calcareni, calcilutiti e brecce calcaree di colore biancastro in strati con spessore variabile da 10 cm fino al metro. Calcareni e calcilutiti bioclastiche contenenti Alveoline Nummuliti e rari orbitoidi. Spessore circa 100 m. OLIGOCENE-MIOCENE INF.</p> <p>(SAN 1b) Successione calcarea-marnosa - Alternanze di brecce calcaree, calcareniti laminate in strati e banchi contenenti Nummuliti e Alveoline, di calcari marnosi di colore biancastro in strati centimetrici, di marne e argille marnose di colore rossastro e grigiastro subordinatamente varicolori, talora con caratteri di marcata fissilità in strati variabili da 1 cm fino a 20 cm. Lo spessore è di circa 200 m. OLIGOCENE-MIOCENE INF.</p>

6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

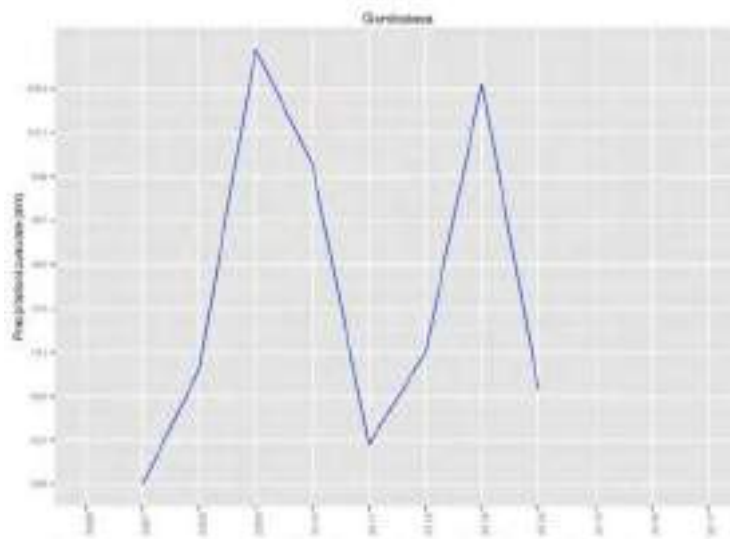
L'area in esame fa parte di un quadro morfologico di tipo alto collinare, i cui rilievi presentano forme arrotondate, che separano ampie valli con versanti a basso-medio declivio che si raccordano con aree le aree di fondovalle semipiane, dove scorrono i maggiori corsi d'acqua. Questo assetto morfologico, tipico della catena interna appenninica, è strettamente in relazione con la costituzione litologica delle formazioni geologiche affioranti. Esse sono prevalentemente rappresentate da terreni sedimentari costituiti per lo più da litotipi a granulometria fine, in facies di flysch. L'area direttamente interessata dalle opere in progetto comprende la zona dell'alto versante de crinale di Toppo di Rocco orientata circa in direzione antiappenninica. Queste aree costituiscono superfici di spianata sommitale che indicano relitti morfologici in parte distrutti dalla attività di dissezione fluviale che ha accompagnato e seguito i sollevamenti tettonici. Infatti, si ci trova in presenza di una serie di rilievi collinari separati tra loro da valli e vallette di erosione fluviale di vario ordine gerarchico, le quali danno luogo a reti di drenaggio di notevole fittezza anche in virtù della bassa permeabilità delle litologie affioranti. L'organizzazione planimetrica della rete idrografica è di tipo dendritico ovvero con ramificazioni ad andamento arborescente dei segmenti fluviali di ordine via via inferiore. I versanti si presentano molto articolati, sia per il susseguirsi di valli e vallette di erosione lineare, sia per la presenza di nicchie di frana di varia natura e dimensioni. In particolare, l'area in oggetto è ubicata sulla cresta della località Cese Piano che separa un ramo del torrente Teverone affluente in sinistra del Fiume Fortore dal torrente Recece. Il motivo geomorfologicamente dominante dell'area di fondovalle è attribuibile ai fenomeni franosi, anche di dimensioni considerevoli. Le aree sommitali pianeggianti generalmente non presentano forme di squilibrio statico, solo in alcuni casi, dove le aree sub pianeggianti vengono a contatto con torrenti in erosione, si manifestano fenomeni gravitativi dovuti all'azione erosiva dei torrenti alla base dei versanti. Nei depositi di tipo flysch i movimenti si impostano nei litotipi argillosi marnosi e localmente anche in formazioni più specificatamente sabbiose e danno origine a fenomeni di colata e/o complessi. L'insorgere di tali fenomenologie è da attribuire alle condizioni geosturali dei litotipi e alla condizione morfologiche in cui destano i versanti. Generalmente si ritrovano in modo diffuso sul territorio anche forme di soliflusso e/o soil creep, soprattutto nelle formazioni argillose marnose dotate di una coltre superficiale alterata e poste in zone a media acclività che in casi sporadici evolvono in piccoli smottamenti (slump).



Lo studio geomorfologico relativo alla sola area della torre eolica e della cabina di consegna non presenta aree interessate da fenomeni di dissesto in atto, né potenziali ne sono presenti aree vincolate. Va precisato che il cavidotto attraversa una zona a nord con presenza di forme concavo-convexe che fa presupporre una stabilità bassa come evidenziato anche nel Piano di assetto idrogeologico dei Fiumi Fortore e Saccione e Minori dove l'area è classificata a pericolosità elevata. Pertanto, in fase di progettazione si dovranno prevedere tutte le precauzioni per non alterare l'equilibrio precario del versante. Anche se va specificato che le opere relative all'interramento del cavidotto sono opere che non influiscono sulla stabilità del versante in quanto la profondità di scavo è esigua.

7. IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Il territorio in esame presenta un classico clima Appenninico, caratterizzato da inverni rigidi ed estati miti. I dati relativi alle precipitazioni e temperature provengono dalle stazioni della rete pluviometrica del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale. Sono stati consultati i dati relativi alle stazioni dei comuni di Gambatesa, si è stimata una precipitazione media annua di circa 942 mm di pioggia in (81 - 90 gg.). Precipitazione che avviene principalmente nel periodo di Ottobre-Maggio (ovvero l'81% delle quantità e dei giorni). Mentre da Giugno a Settembre vi è una relativa mancanza di eventi; pertanto l'indice di pluviosità è pari a 1,0.



I massimi valori della temperatura si registrano nei mesi di Luglio e Agosto, con punte medie che sfiorano i 25 °C; mentre le temperature minime si osservano in Dicembre, Gennaio e Febbraio, con valori medi compresi tra 3,50 e 5,0 °C. Il bilancio idrico risulta, dunque, negativo nei mesi di Luglio e Agosto, che sono da considerarsi relativamente "secchi", mentre i restanti mesi dell'anno sono classificabili come "umidi", anche se in diversa misura. Per quanto attiene le caratteristiche idrogeologiche generali dell'area, in relazione ai principali tipi litologico-formazionali di base prima illustrati, ed alle loro intrinseche caratteristiche di drenaggio superficiale e di erodibilità, si evidenziano i seguenti fattori che influenzano l'assetto idrogeologico di superficie e quello del substrato.

Fattori influenzanti il quadro idrogeologico di superficie:

- Coltri eluvio-colluviali argilloso-limose

Le stesse risultano praticamente impermeabili, pertanto le acque meteoriche tendono a ruscellare determinando un reticolo idrografico ad elevata densità di drenaggio superficiale e di tipo generalmente dendritico e/o subdendritico.

- Formazioni flyschoidi

Tali rocce sono caratterizzate da una bassa permeabilità per porosità, mentre la permeabilità per fratturazione può essere anche elevata. Il reticolo idrografico è pertanto a bassa densità di drenaggio superficiale ed è generalmente governato dalle direttrici tettoniche.

- Argille varicolori

Caratterizzate da permeabilità da molto ridotta a nulla, presentano un reticolo idrografico ad elevata densità di drenaggio superficiale di tipo dentritico e/o subdentritico.

Fattori influenzanti il quadro idrogeologico di substrato

- Coltri eluvio-colluviali

Gli stessi possono essere localmente sede di falde o tasche idriche, generalmente di modesta portata a causa del limitato bacino di alimentazione. Se tali coltri poggiano su di un basamento impermeabile, possono dar luogo a "sorgenti di contatto" che sgorgano alla quota più bassa del contatto tra i due terreni e che, in genere, hanno carattere stagionale.

- Formazioni flyschoidi

Al contrario di quella superficiale, la circolazione idrica sotterranea è abbastanza sviluppata. Possono, infatti, essere presenti falde idriche anche importanti, più o meno profonde, che danno luogo anche a sorgenti. Vi è inoltre la possibilità di falde estese all'intera formazione, oppure limitate ad alcuni orizzonti.

- Argille varicolori

In queste formazioni si rinvencono, talora, piccole falde acquifere disposte a più livelli. Questi livelli acquiferi, sempre associati a trovanti e/o blocchi lapidei permeabili inglobati nella massa argillosa, sono modesti per estensione e spessore ed interrotti dalla massa argillosa stessa. Pertanto, se si considera la formazione nel suo complesso, si può dire che l'idrologia sotterranea è praticamente inesistente. Durante la campagna di indagini geognostica svolta nelle immediate vicinanze dell'area non è stata rilevata la presenza significativa di falde idriche.

8. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Per la caratterizzazione geotecnica di sito si è fatto esplicito riferimento ad un sondaggio geognostico svolto per la costruzione di un aerogeneratore sito nella medesima formazione alla località Toppa di Rocco nello stesso comune di Tufara, spinto alla profondità di metri 20 dal p.c. in cui sono stati prelevati due campioni indisturbati rispettivamente a metri 3,70 e 9,30. Sui campioni prelevati sono state eseguite le prove di taglio consolidato drenato (CD), le caratteristiche generali, e due prove STP in foro. Dal sondaggio svolto sono stati ricavati una serie di dati fisici e meccanici che ben appresentano la distribuzione spaziale delle caratteristiche fisico-meccaniche nell'ambito del volume significativo dell'opera. Per una più ampia trattazione dei dati del modello geologico si rimanda al quadro sinottico dei dati fisico-meccanici, allegato in coda alla presente.

8.1. PROVE SVOLTE

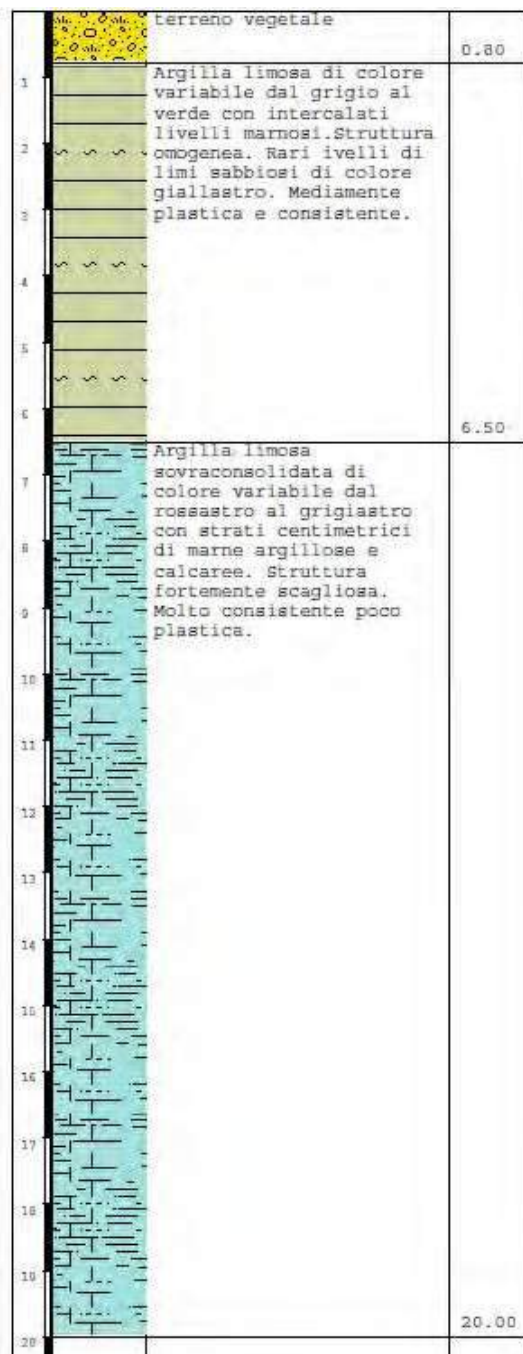
Durante il sondaggio sono stati prelevati tre campioni a metri 3,70- 9,30 dal p.c. riservati alle prove di laboratorio dai cui sono dedotti i seguenti parametri geotecnici:

- angolo di resistenza a taglio
- coesione drenata
- peso di volume saturo
- peso di volume naturale
- caratteristiche fisiche generali

Le prove SPT sono state eseguite a metri 4,20 e 9,80 I dati desunti dalla prova dimostrano una buona consistenza dei materiali affioranti.

8.2. MODELLO GEOLOGICO

Il modello geologico è stato dedotto dalla stratigrafia del sondaggio così schematizzato.



Dall'analisi dei dati raccolti durante il sondaggio svolto e dai livelli idrici misurati nei pochi pozzi presenti nell'area si escludono fenomeni di liquefazione perché la falda ha una profondità stagionale > 15m dal p.c. (7.11.3.4.2 NTC 2018).

9. INDICAZIONI PROGETTUALI

Le piazzole, necessarie alle operazioni di montaggio delle torri e degli aerogeneratori, saranno realizzate, previo livellamento di un'area di dimensioni contenute, in misto granulometrico stabilizzato e massicciate in pietrame calcareo. Il riporto in piano è previsto mediante sterro e riporto e successivo costipamento. Le eventuali scarpate delle piazzole collocate nelle zone più acclivi, sia in sterro che in riporto, saranno realizzate con adeguate pendenze in modo da evitare fenomeni di crollo o scoscendimento. Una volta terminate le operazioni di montaggio le singole aree verranno riportate alle condizioni originarie e destinate nuovamente alle coltivazioni agricole. Le torri

saranno fondate su plinti con pali la cui profondità e diametro scaturiranno dal calcolo geotecnico demandato al progettista. L'elettrodotto verrà posto in trincea, la posa in opera sarà effettuata sul fondo del cavo spianato e livellato, eliminando ogni asperità che possa danneggiare tubi e rivestimenti. Il piano di posa dovrà garantire una assoluta continuità di appoggio. Va ribadito che le stesse opere fondali della torre eolica vanno salvaguardate dalle acque di ruscellamento superficiale, pertanto bisogna adottare i dovuti accorgimenti (canalette e fossi di guardia, drenaggi) sistemati a monte dell'opera stessa in modo da convogliare le acque verso valle nei dislivelli naturali. Ogni ulteriore valutazione è demandata al tecnico progettista.

10. ANALISI DELLE COMPONENTI AMBIENTALI

Suolo

Gli studi hanno previsto la raccolta di informazioni e dati esistenti sul territorio, seguita da ricognizioni sul posto. Questo materiale informativo ha consentito la formulazione di un quadro sufficientemente esauriente della situazione attuale dell'ambiente, in cui simulare, secondo un approccio qualitativo, l'inserimento del progetto per identificare gli eventuali impatti delle opere sulle componenti ambientali. L'acqua superficiale, la cui azione dilavante durante piogge intense può portare ad azioni locali di alterazione in un detrito sciolto come quello presente nei luoghi. Ciò premesso, sarà necessario procedere tempestivamente ai lavori di rinterro degli scavi (in particolare se questi vengono realizzati nella stagione delle piogge).

Atmosfera

La qualità dell'aria nei luoghi in cui verranno realizzati i lavori non sarà alterata dalla produzione di polveri in quanto le dimensioni degli scavi sono modeste. Inoltre, per ridurre al minimo il sollevamento della polvere si avrà cura di mantenere costantemente bagnato il materiale rimosso.

Rumori e vibrazioni

Livelli alti di rumore sono previsti durante le attività di cantiere per l'utilizzo di escavatrici, betoniere e pale meccaniche. Si tratta di impatti a breve termine, la cui durata ed intensità sono trascurabili sia per le dimensioni degli scavi sia per le caratteristiche geotecniche dei litotipi attraversati.

11. SISMICITA' STORICA DELLA REGIONE MOLISANA

La caratteristica principale della catena appenninica rispetto ad altri orogeni è quella di essere largamente interessata da faglie plio-quadernarie ad alto angolo, con differenti cinematiche ed orientazioni, che hanno scomposto la struttura derivante dalla tettonogenesi neogenica (Ortolani et al., 1992). I terremoti di maggiore intensità sono infatti ubicati lungo le faglie ad alto angolo con andamento appenninico ed antiappenninico. Le conoscenze sulla sismicità dell'Appennino meridionale ed in generale del territorio nazionale erano fino a qualche decennio fa poche e frammentarie. Solo negli ultimi decenni per opera di una sistematica raccolta di dati storici, dati strumentali, integrati da studi sia a carattere geologico che geomorfologico, hanno permesso di costruire un quadro più accurato dell'assetto tettonico e geodinamico dell'area mediterranea. In Italia gli studi sulla distribuzione dei terremoti hanno avuto un forte miglioramento. Ciò ha permesso di definire le relazioni tra sorgente

sismogenitica e deformazione in superficie; portando alla nascita di studi di zonazione sismica del territorio Nazionale, sempre più attendibili (per es. Scandone et alii, 1996, Albarello et alii, 1999) (fig 11.1). Tali studi che si basano essenzialmente su datazioni radiometriche effettuati su segmenti di faglia, e su analisi mesostrutturali. I terremoti che interessano l'area peritirrenica si concentrano lungo segmenti discontinui, dovuti ai differenti meccanismi di stress (Gasparini et alii, 1985). Per il settore dell'Appennino centro settentrionale si stima una magnitudo attesa in un intervallo compreso tra il 6° e il 7° con profondità ipocentrali attese intorno ai 20 Km (Mariucci et alii, 1999). Al contrario in Appennino meridionale, i maggiori eventi sismici si concentrano lungo l'asse della catena con una magnitudo da moderata a forte (Gasparini et alii, 1985; Amato e Montone, 1997)

Gli elementi rappresentati sono:



Fig 11.1 - Carta della pericolosità sismica. La legenda indica i valori di PGA espressi in g con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni calcolato su un periodo di ritorno di 475 anni

- la microplacca adriatica e le tracce dei vettori di spostamento che descrivono le interazioni tra Adria ed Europa;
- il margine settentrionale della placca africana e le tracce dei vettori di spostamento che descrivono, secondo uno dei molti modelli esistenti in letteratura (Livermore e Smith 1985), la convergenza tra Africa ed Europa;
- la placca europea, che include il blocco sardo-corso, il bacino del Mediterraneo Occidentale e la parte del Tirreno ormai solidale con il blocco sardo-corso;

- la Scarpata Ibleo-Maltese, interpretata come margine divergente della placca africana (divergenza Africa-Adria);

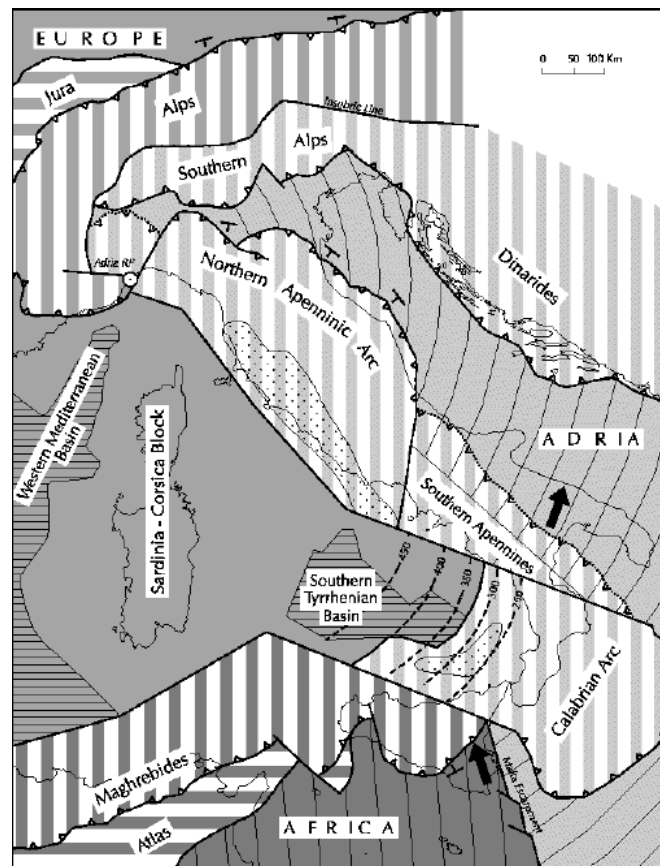


Fig.11.2 – Schema strutturale dell'Italia e aree circostanti, dove si evidenzia la traccia degli slip-vettori della rotazione della placca africana rispetto a quella europea e della microplacca adriatica rispetto all'Europa (da Meletti et al., 2000⁹).

- i sistemi di catena e i principali svincoli laterali;
- le zone di risalita del mantello, alle spalle della catena, nelle quali il cuneo astenosferico (punteggiato) funge da leading edge del sistema sopra-crosta in compressione;
- i fronti della compressione nei sistemi a vergenza europea (Alpi), a vergenza adriatica (Appennino e Dinaridi lungo il margine convergente Adria-Europa, Appennino ed Arco Calabro lungo il margine divergente) e a vergenza africana (Maghrebidi). Il fronte della compressione è inattivo (linea tratteggiata) nell'arco del Monferrato e nell'Appennino meridionale;
- la Linea Insubrica, quale principale elemento di separazione tra sistema alpino Europa-vergente e sistema Appennino-Adria-vergente;
- la zona di divergenza, nell'Appennino meridionale, tra placca europea e microplacca adriatica;
- la zona di Benioff del Basso Tirreno.

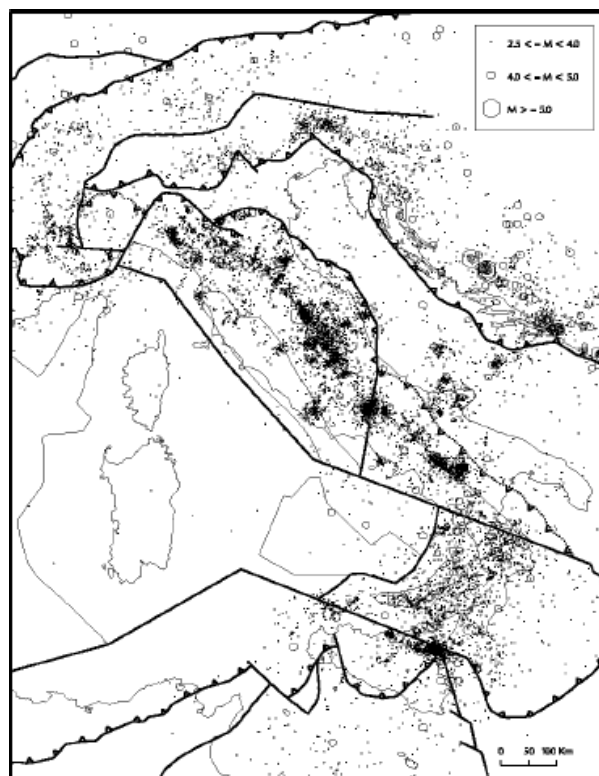


Fig.11.3 – Sismicità strumentale (1981-1996) rappresentata sullo schema di Figura 1. Sismicità da ING (1996).

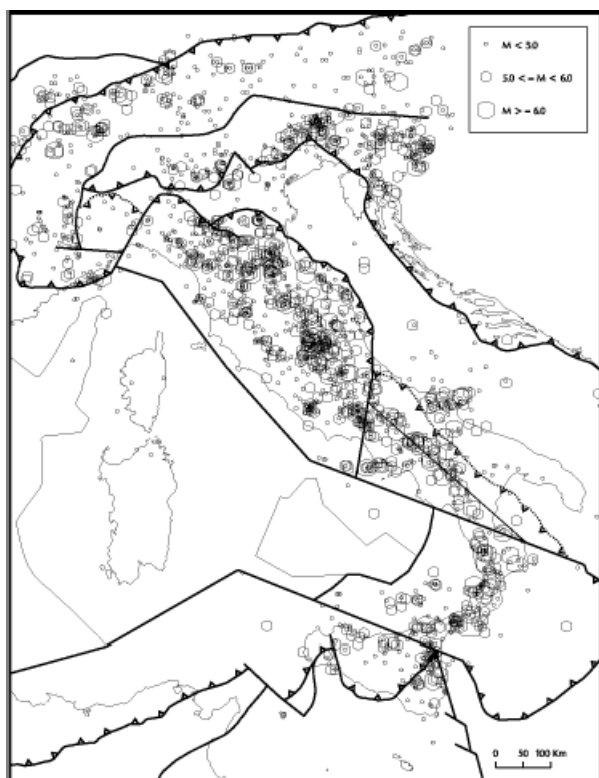


Fig. 11.4 – Sismicità storica (1000-1992).

La sismicità è tratta dal catalogo NT (Camassi e Stucchi, 1997). Nell'Arco Appenninico Settentrionale la migrazione del sistema catena avanfossa, ancora attiva, sembra essere legata alla velocità di arretramento (Scandone & Stucchi, 2000) dell'asse di flessura della piastra adriatica più elevata della velocità di divergenza Europa-Adria. Questo processo sembra giustificare la sismicità regionale, caratterizzata da:

- terremoti di bassa/media magnitudo lungo il margine padano-adriatico enucleati lungo rampe frontali (meccanismi di tipo thrust) e rampe laterali (meccanismi di tipo strike-slip) di un sistema di sovrascorrimenti la cui superficie di scorrimento basale si approfondisce dall'avampaese verso il Tirreno e si radica al fronte del cuneo astenosferico in risalita (Scandone & Stucchi, 2000);
- terremoti di media/alta energia con meccanismi prevalenti estensionali dip-slip in corrispondenza di una fascia assiale compresa tra la zona di flessura della piastra apula e il cuneo astenosferico del margine tirrenico. Sezioni trasversali rispetto all'asse della catena mostrano che la gran parte degli ipocentri dei terremoti crostali cadono all'interno di una sinforme che raccorda le opposte geometrie della litosfera adriatica in subduzione e dell'astenosfera tirrenica in risalita, con faglie normali a basso angolo immergenti verso l'Adriatico e faglie normali ad alto angolo immergenti verso il Tirreno;
- terremoti superficiali di bassa energia sopra e dietro il cuneo astenosferico. Nell'Appennino meridionale esistono numerose evidenze circa la cessazione della subsidenza flessurale intorno a 0.65 Ma. Il regime estensionale attuale, responsabile dei numerosi terremoti distribuiti lungo l'asse della catena, è messo in relazione alla rotazione antioraria dell'Adria (Scandone & Stucchi, 2000). L'attività tettonica dell'area Gargano-Tremi e dell'Adriatico centrale è ancora mal conosciuta. Una rimobilizzazione di vecchie strutture estensionali in un regime compressivo/transpressivo (tettonica di inversione).

Nella raccolta dei dati effettuata dall'UR UNI-Napoli (A. Cinque, 1999) "Carta delle faglie tardo-quadernarie dell'Appennino meridionale" e "Faglie attive in Italia meridionale" a cura di A. Ascione e A. Cinque) si sono poste le basi per una sintesi delle faglie quadernarie e tardo quadernarie presenti nel settore dell'Appennino meridionale. Nella porzione settentrionale della carta sono riportate le strutture del Matese, alcune con chiari indizi di attività nel Pleistocene superiore-Olocene (es. settore della piana di Boiano; Russo e Terribile, 1995; Cucci et al., 1996; Basili et al., 1999; Corrado et al., 2000) altre con indizi meno evidenti (è il caso, ad esempio, del bordo sudoccidentale del massiccio montuoso; Brancaccio et al., 1997). Verso il settore tirrenico le faglie si concentrano nell'area della Piana Campana bordata in più punti da faglie del Pleistocene superiore che i depositi dell'ignimbrite campana (Cinque et al., 2000; sull'attività di faglie nel Golfo di Napoli si veda Milia e Torrente, 2000 e bibliografia riportata). Le faglie in oggetto sono riportate in rosso, sebbene non sia affatto risolto il problema dell'attivazione di queste strutture in connessione con eventi sismici distruttivi. Altre faglie della zona costiera tirrenica dell'Appennino meridionale presentano evidenze di attività nel corso del Quaternario, senza che tuttavia siano disponibili dati in grado di correlare l'ipotesi di attivazione nel corso del Pleistocene superiore-Olocene (es. Piana del Sele). Faglie con il colore rosso interessano la dorsale Appenninica (nn. 62, 68, 78, 86). Va comunque sottolineato che per queste strutture, a parte la faglia responsabile del terremoto del 1980 (Pantosti et al., 1993), mancano dati derivati da analisi paleosismologiche. Nella parte più meridionale dell'area, alcune faglie sono state riportate con il colore giallo. Nel caso della Val d'Agri (n.90) non è risolto il problema dell'individuazione dell'espressione superficiale della faglia principale, sebbene pubblicazioni recenti testimonino evidenze della tettonica attiva (ad esempio Di Niro e Giano, 1995; Benedetti et al., 1998; Giano et al., 2000). In sostanza non è ancora chiaro se l'emergenza della struttura sia da porre in relazione con il bordo SW della valle o con quello NE e di conseguenza non è noto se la struttura principale che interessa l'area sia da porre in relazione con una faglia immergente verso NE o verso SW. I dati sismici

relativi ai terremoti avvenuti nella regione Molise testimoniano una elevata attività sismica, tale da essere considerata una delle zone della catena Appenninica a più elevato rischio sismico. Dai dati storici raccolti si evidenziano all'interno della regione Molise due settori: uno orientale, interessato da rari eventi sismici sia recenti che storici, ed uno occidentale caratterizzato da un elevato numero di eventi sismici con magnitudo relativamente bassa e sequenze sismiche caratterizzate da periodi di intensa attività e lunghi periodi di quiescenza. In questa fascia gli epicentri sono localizzati lungo le principali strutture tettoniche della catena Appenninica, dunque connessi all'attività orogenetica. Le faglie attive più prossime all'area sono quelle n. 23 confini Campania/Puglia. Inoltre, esistono probabilità di fagliazione attiva nell'area di Isernia e ai confini con la regione Puglia.

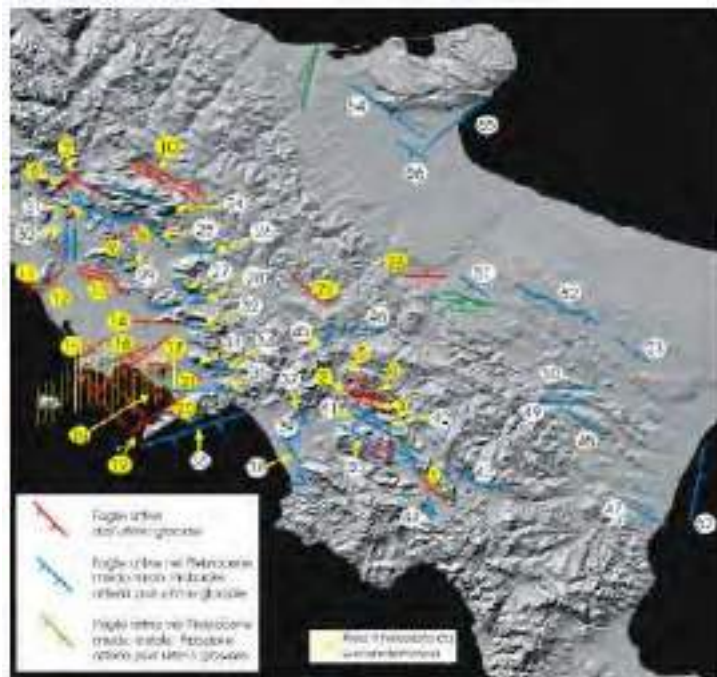
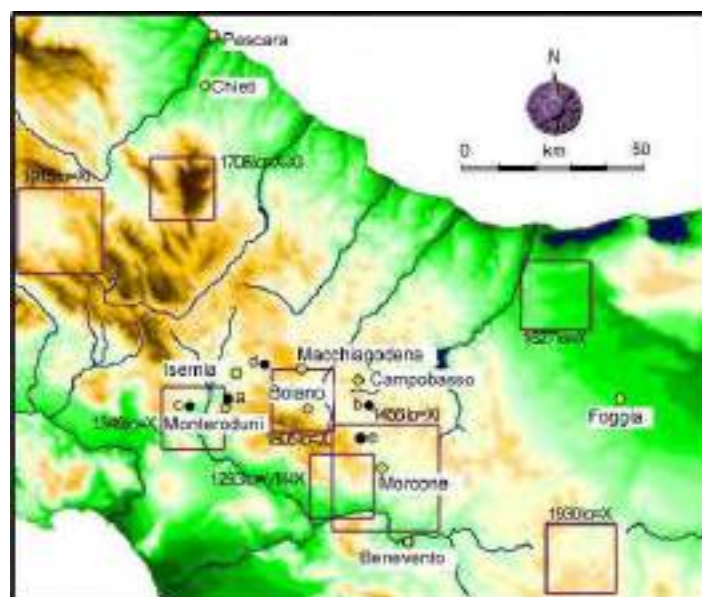


Fig. 1 - In rosso sono rappresentate le faglie la cui attività nel corso dell'ultimo Glaciale è documentata (allineati 50 da circa il rinvio "verità" in quanto testimoniano della distorsione di forme dei depositi alluviali). Date le finalità della ricerca, sono state aggiunte anche faglie che hanno avuto attività certa nel Pleistocene medio e superiore e che rappresentano anche zone di faglie di attività interglaciale ("freschezza" di sviluppo in forme recenti di distorsione e frantumazione di faglie già appartenenti a precedenti epoche non più antiche di 30.000 anni fa). Le strutture aggiunte corrispondono a: a) faglie o a sistemi di faglie subparallelle che, per motivi di scala, non potevano essere rappresentate singolarmente; b) casi del secondo tipo è stata indicata la faglia che, all'interno dello settore, ha prodotto i riparti maggiori o/o che presenta maggiore continuità e lunghezza; infine, sono rappresentate con simboli simbolici le faglie che hanno prodotto riparti di tipo o almeno equivalenti di scarti, sia faglie con riparti ma il sistema di fagliazione, entrambi entro



Il territorio comunale di Tufara, come anche l'intera provincia di Campobasso, fa parte di una vasta area mesosismica Appenninica, tettonicamente attiva. Da studi e ricerche svolte sulla distribuzione spaziale degli epicentri dei terremoti e sui meccanismi focali che li generano, avvenuti nella penisola italiana, si è messo in evidenza come essi si distribuiscono in modo semiellittico con asse maggiore orientato in direzione Appenninica ed abbiano tutti una profondità compresa nella crosta terrestre. Pertanto, l'origine dei sismi è da collegare principalmente alle faglie attive con orientazione appenninica che si concentrano nelle aree intere dell'Appennino meridionale. Il comune di Tufara in epoche storiche è stato più volte colpito da eventi sismici di notevole importanza, come si può dedurre da una raccolta di dati effettuati dallo scrivente in merito alla sismicità storica dell'area in esame e delle aree limitrofe. L'importanza di tali evidenze storiche è stata esposta in vari studi svolti da enti, come il servizio sismico nazionale e l'istituto di geofisica e vulcanologia, i quali hanno elaborato in varie riprese carte e metodi che potessero definire nel modo più reale possibile lo stato di pericolosità sismica di un'area. Nelle pagine seguenti sono stati raccolti i dati relativi ai terremoti storici avvenuti nell'area in esame.

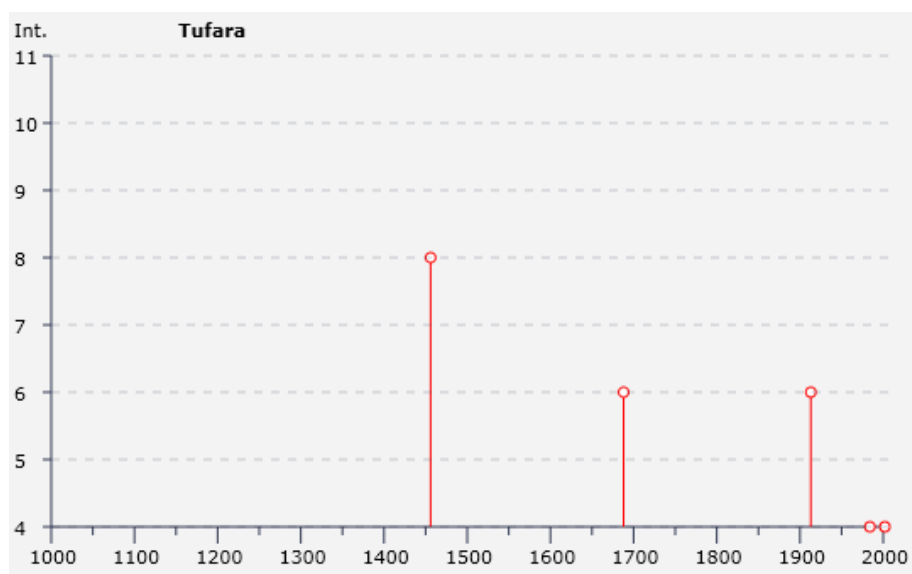
Storia sismica di Tufara [41.481, 14.948]

Numero di eventi: 17

Effetti

In occasione del terremoto del:

I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
8	1456 12 05	MOLISE	199	11	7.22 ±0.13
6	1688 06 05 15:30	Sannio	216	11	6.98 ±0.12
6	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8	5.37 ±0.11
4	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8	5.89 ±0.09
NF	1991 05 26 12:26	Potentino	597	7	5.11 ±0.09
NF	1996 04 03 13:04	Irpinia	557	6	4.93 ±0.09
NF	1997 03 19 23:10	Matese	284	6	4.55 ±0.09
NF	1997 10 14 15:23	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8	5.65 ±0.09
4	2002 11 01 15:09	Subapp. Dauno	645		5.72 ±0.09



Inoltre, si danno indicazioni circa la nuova normativa sismica Nazionale D.M. 14/01/2018, la quale in coerenza anche con l'Eurocodice 8 ha definito un nuovo grado di sismicità con riferimento ai valori delle accelerazioni al suolo. Alla luce della seguente Ordinanza il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone, definite dai valori delle accelerazioni di picco del suolo, con probabilità di superamento del 10% in un tempo di ritorno di 50 anni (vedi schema sotto)

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

Il Comune di Tufara rientra in zona sismica di 2° categoria a cui corrisponde un'accelerazione sismica orizzontale 0,15 ≤ a_g < 0,25g. Le classificazioni previste nell'O.P.C.M. 3274/2003 sono state riprese nel D.M. 159/2005, nel D.M. 14/01/2008 e nell'ultimo D.M. 17/01/2018.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, V_{S,eq} (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- V_{S,i} velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse. 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 VS30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Arene sabbiose affinate o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati e terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati e terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa solamente addensati e di terreni a grana fina solamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nello specifico di tale stima, la pericolosità di base di una generica area è definita come riferita al substrato rigido affiorante (sottosuolo sismico tipo A) senza considerare amplificazioni topografiche e/o dovute a particolari assetti geometrici in sottosuolo. Per l'area microzonata l'interpolazione della maglia dei valori di pericolosità stimati e definiti dalla normativa, sono riferiti ad un punto ritenuto baricentrico per l'area oggetto avente le seguenti coordinate (Coordinate ED50 e in **WGS84** in parentesi) e riguardante le seguenti tipologie costruttive:

latitudine: 41,487515 - (**41.486535**)

longitudine: 14,921375 - (**14.920509**)

Classe: C Affollamento significativo. Assenza di funzioni pubbliche e edifici ordinari.

Vita nominale: 50

e avente i seguenti parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1 (privo di amplificazione topografica) Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1,5

Parametri sismici

	Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
Probabilità di superamento (%)	81	63	10	5
Tr: (anni)	45	75	712	1462
ag: (g)	0.066	0.084	0.207	0.267
Fo	2.420	2.464	2.532	2.532
T_c^*: (s)	0.320	0.336	0.407	0.407

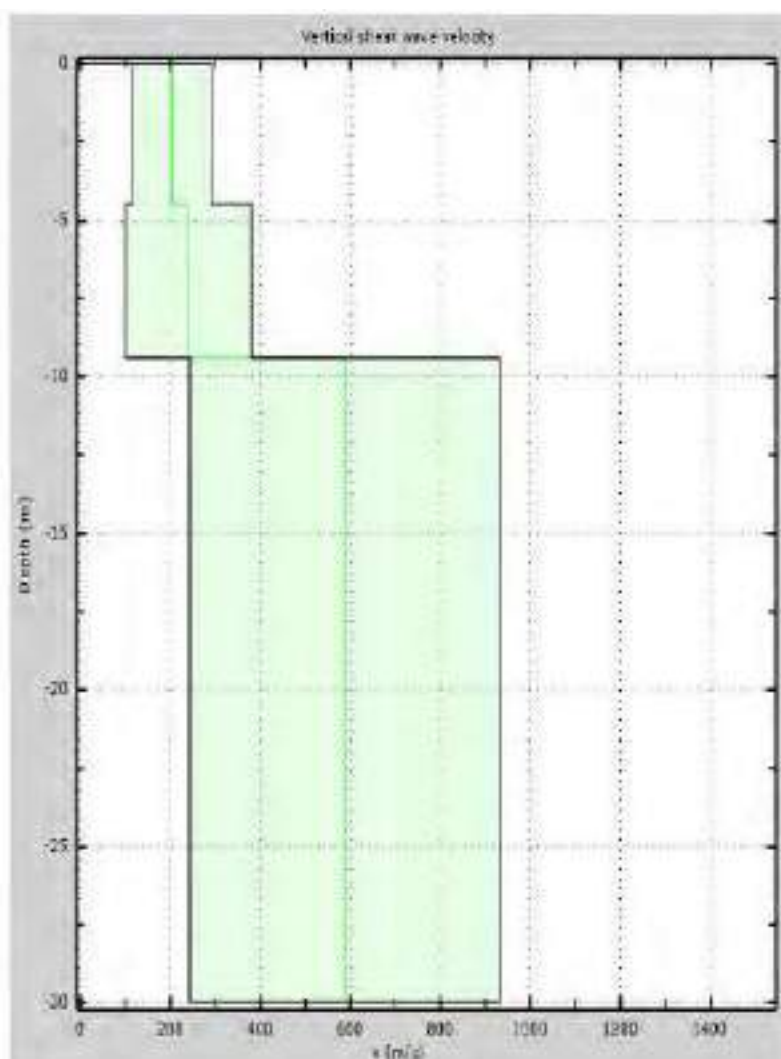
Coefficienti sismici

	Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
SS	1,2	1,20	1,19	1,130
Cc	1,380	1,37	1,32	1,310
St	1,0	1,0	1,0	1,0
Kh	0,014	0,018	0,076	0,093
Kv	0.007	0.009	0,038	0,047
Amax	0,771	0,989	2,415	2,954
Beta	0,180	0,180	0,310	0,310

13. MODELLO SISMICO DEL SOTTOSUOLO

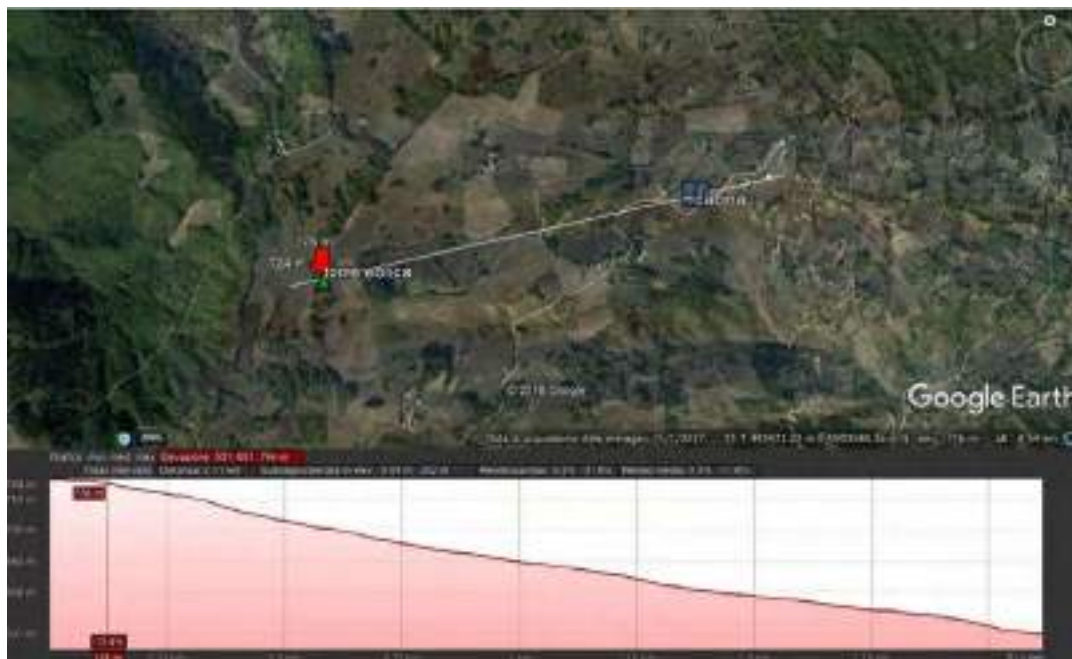
Per la stima delle caratteristiche sismiche dell'area si è fatto esplicito riferimento alla prova di tipo MASW eseguita nella località toppo di Rocco che presenta le medesime caratteristiche stratigrafico e litologiche. Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di

diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Reyleigh, che viaggiano ad una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Reyleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., Aki, K and Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase o di gruppo apparente delle onde di Reyleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi forniscono informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Dalla prova sismica si sono ottenuti i seguenti risultati:



$$V_{Seq} \text{ [m/s]} = 386$$

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto 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 360 m/s e 800 m/s



Sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si è dedotto il fattore topografico ST dalla seguente tabella:

Categoria topografica Ubicazione opera/intervento ST		
T1	Pianura e pendio $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Sommità del pendio $\geq 15^\circ$	1.2
T3	Cresta del rilievo	1.2
T4	Cresta del rilievo	1.4

Il lotto ricade in una zona con pendio $< 15^\circ$, pertanto appartiene alla categoria topografica T1 e avrà un fattore topografico ST pari a 1.0.

14. CONCLUSIONI

In base ai risultati degli studi raccolti, dal rilevamento e dalle indagini eseguite, per l'incarico ricevuto si può affermare che la l'area interessata dalle opere in progetto è caratterizzata da buoni parametri geologici-tecnici; in generale presenta:

- basse pendenze verso est (8°);
- assenza di fenomeni di dissesto in atto;
- litologie all'interno del volume significativo di natura flyschide ricoperti da una esigua coltre di terreno vegetale;
- assenza falde idriche fino a 20,0 m;

Relativamente all'interazione parametri geoambientali – struttura si può affermare che l'impatto delle opere da realizzare con i parametri geoambientali è da considerarsi compatibile con le condizioni a contorno della struttura.

- Va ribadita la necessità di non sovraccaricare il versante con riporti di altezza considerevole,
 - I fronti di scavo e riporto non dovranno avere scarpate sub verticali, onde evitare fenomeni di instabilità dei fronti di scavo e del rilevato.
 - Dall'analisi sismica di tipo MASW si è ottenuta una velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di 386 m/s.
- Pertanto, i suoli ricadono nella classe di suolo B.

Non sono presenti particolari forme geomorfologiche tali da indurre fenomeni di amplificazione sismica locale. La classe topografica è T1,

Si conclude affermando:

- che non esistono preclusioni di ordine geologico-tecnico alla realizzazione del progettando parco eolico e sue opere connesse;
- che tutte le opere in progetto verranno eseguite in ottemperanza della legge n° 64/74, del D.M. 11/03/1988 e successive modifiche e integrazioni, della legge 354 del 21/12/1999 (attuazione della legge Merloni) nonché della recente ordinanza sismica n. 3274 del 20.03.2003 e DM. 14/01/2008;
- che la fondazione dovrà essere impostata su piastra con pali di fondazione per non alterare la stabilità del versante;
- che le acque meteoriche dovranno essere allontanate dalle opere di fondazione tramite l'esecuzione di fossi di guardia.
- che le opere di che trattasi non determinano turbativa all'assetto idrogeologico del suolo, previo le indicazioni progettuali sopra esposte.

Nella fase esecutiva della progettazione e in preliminarmente alla fase di autorizzazione sismica si dovranno predisporre indagini puntuali di tipo geognostico e sismiche corredate da indagini di laboratorio specifiche per l'impianto in progetto che confermano e approfondiscono le indicazioni enunciate nella seguente fase definitiva. Per quanto sopra esposto le opere in progetto sono fattibili, tenendo in ovvia considerazione le indicazioni sopra menzionate e quanto esposto nella normativa sismica vigente.

Tanto dovevasi per incarico ricevuto

Il Tecnico
dott. geol. Giuseppe Piacquadio

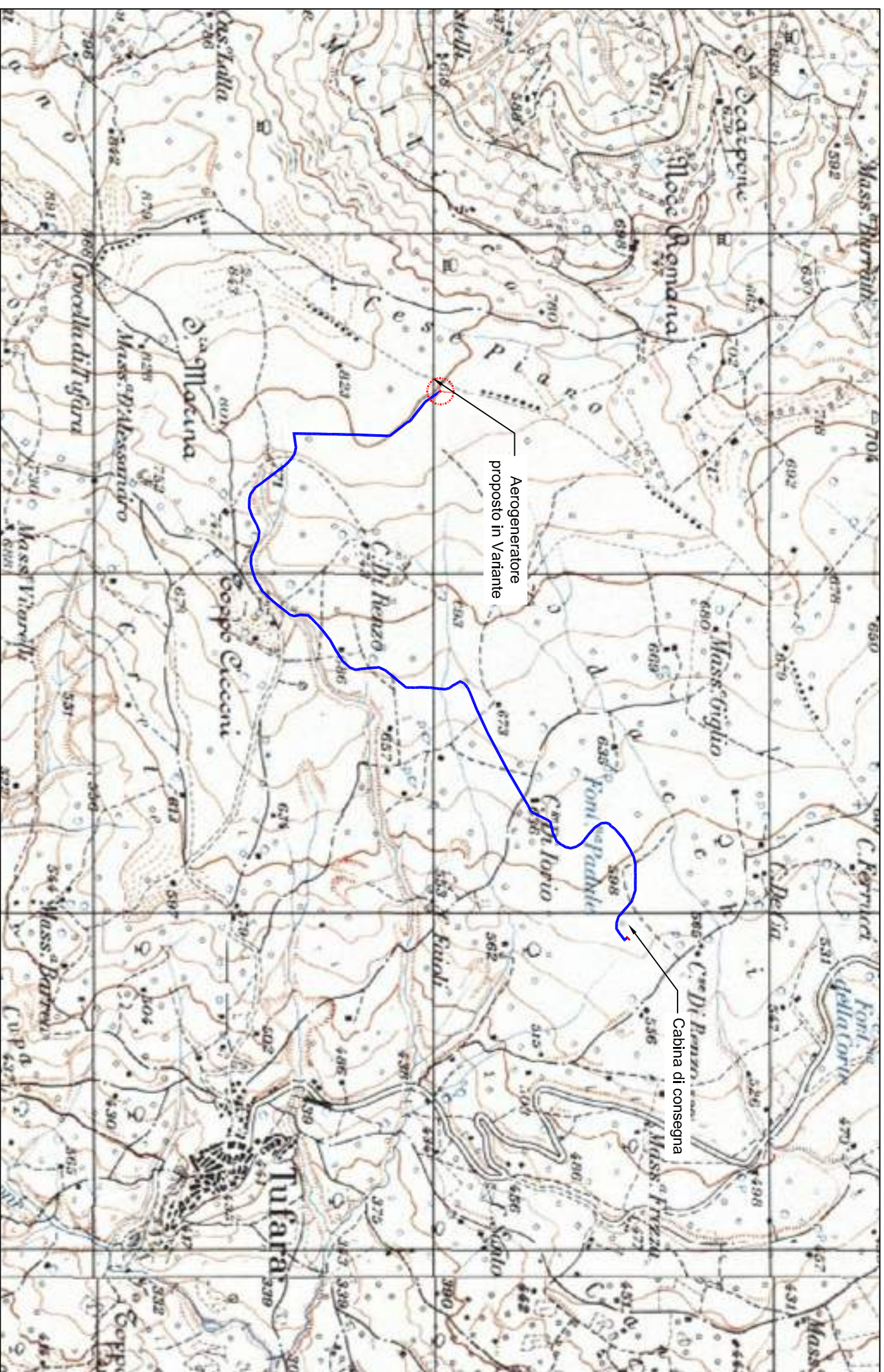


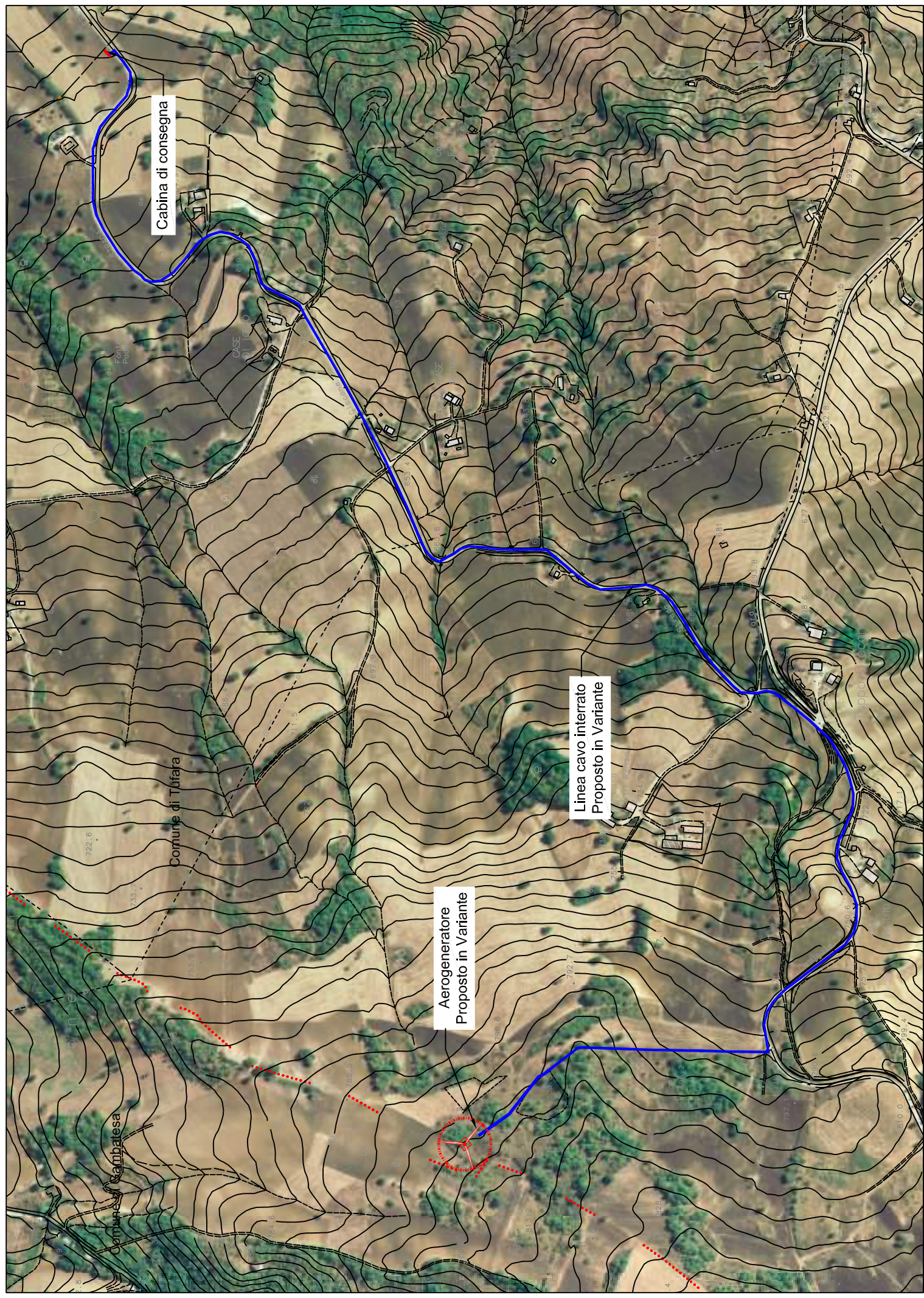
Pietrelcina, luglio 2019

A- quadro sinottico del modello geologico del sondaggio S1 Tufara

Livello	Identificazione campioni				Caratteristiche fisiche				Caratteristiche meccaniche				
	Litologia	spessore (m)	sigla	H prelievo	P n kN/mc	Ps kN/mc	n %	Sr %	ϕ	C' kN/mq	Cu kN/mq	E Mpa	Eed Mpa
1	Terreno Vegetale	0,00 – 0,80	Da lett.	-	16,00	16,40	-	-	14	5	10	-	3,5
2	Argilla limosa normalconsolidata	0,80 – 5,50	S1-C1	3,70	18,77	18,80	46,4	98,4	19,52	20,71	96,89	25,50	10,70
3	Argilla limosa sovracconsolidata scagliosa	5,50 – 20,0	S1-C2	9,30	18,58	19,6	41,6	76,1	22,17	25,04	163,08	46,09	12,50

Profondità falda	Profondità minima fondazione dal p.c.	Categoria zona sismica	Classe suolo	Vs 30	Amplificazione topografica
assente	Piastra di fondazioni su pali	II	B	380	T1 =1.0





Cartografia PAI - Catalogo Frane

scala 1 : 5.000

Comune di Gambatesa

Cabina di consegna

Aerogeneratore
Proposto in Variante

Linea cavo interrato
Proposto in Variante

Comune di Tufara

Legenda - Catalogo Frane
Punti Identificativi
Fenomeni Frane (PIFF)

PIFF - Punti Identificativi dei
fenomeni frane

Legenda - Catalogo Frane
Direzioni

Direzioni

Legenda - Catalogo Frane
Frane poligonali

Frane poligonali

Crollo / ribaltamento
Sviluppo rotazionale traslativo
Espansione
Colamento lento
Colamento rapido
Sprofondamento
Complesso
n.d.

Legenda - Catalogo Frane
Aree a franosità diffusa

Aree soggette a franosità
diffusa

Aree soggette a crolli / ribaltamenti diffusi
Aree soggette a sprofondamenti diffusi
Aree soggette a frane superficiali diffuse

20 giugno 2016

Spett.le dr. geol. Giuseppe PIACQUADIO

Committente: SICOP-EOLICO

PROGETTO PER L'INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DA 995 KW IN LOC. TOPPO DI ROCCO

LOC. TUFARA -CAMPOBASSO

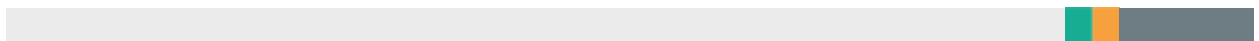
SONDAGGI GEOGNOSTICI - PRELIEVO DI CAMPIONI



Ubicazione coordinate

N: 41.463463

E: 14.958318



1.0 PREMESSA

Nella presente relazione vengono illustrate le metodologie d'indagini e le attrezzature utilizzate per la campagna di indagini geognostiche in sito, eseguita nell'ambito della PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DA 995 KW IN LOCALITÀ TOPPA DI ROCCA IN AGRO DI TUFARA (CB)

Le modalità adottate per l'esecuzione delle prove hanno fatto riferimento alle seguenti norme e capitoli:

- DM 11 Marzo 1988 n. 47 LL PP "Norme Tecniche riguardanti le Indagini sui terreni e sulle rocce";
- Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche dell'Associazione Geotecnica Italiana 1977.
- Istruzioni impartite dalla D.L.

Le quantità eseguite hanno rispettato quanto previsto dal programma lavori.

I punti d'indagine sono stati eseguiti nella loro originaria posizione. L'ubicazione esatta è riportata sulla ortofoto allegata.

2.0 Sondaggio a carotaggio continuo

La perforazione è stata eseguita con sonda cingolata, a rotazione, **CMV 900 M**. La rotazione è fornita da mandrino montato nella parte superiore dell'antenna, il tiro e la spinta sono assicurati da un motore oleodinamico con trasmissione a catena; la morsa è di tipo doppio con sistema di controllo oleodinamico. Il controllo della verticalità è

assicurato tramite quattro stabilizzatori a pistone, con controllo tramite livella a bolla posta nella parte posteriore.

Il materiale prelevato durante le perforazioni è stato depositato, in modo continuo ed ordinato, in apposite cassette catalogatrici in PVC (capacità 5,0 m), siglate ognuna con l'identificativo del sondaggio.

Gli utensili utilizzati per l'avanzamento della perforazione ed il prelievo dei campioni in continuo, sono stati dei carotieri semplici, costituiti da un tubo metallico cilindrico aventi diametri esterni di 101 mm e lunghezza pari a 1,50 m, munito all'estremità inferiore di una corona con inserti in Carburo di Tungsteno e provvisto, nella parte sommitale, di un dispositivo (valvola di ritenzione) che impedisce la perdita dei campioni di terreno prelevati. Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. con campionatore Raymond a punta aperta (la granulometria del materiale consentiva l'utilizzo del campionatore a punta aperta). I terreni terebrati sono stati attentamente esaminati dal geologo presente in cantiere che ha provveduto a redigere le tabelle stratigrafiche di dettaglio. In corso di sondaggio, in corrispondenza dei terreni coesivi, sono stati prelevati campioni indisturbati, con campionatore Shelby, utilizzando fustelle di acciaio inox a pareti sottili, del diametro di 83 mm e lunghezza 50 cm. I campioni prelevati sono stati sigillati in sito ed etichettati riportando le informazioni relative a data di prelievo, numero sondaggio, numero campione, profondità di inizio e fine prelievo, ecc.. Le prove S.P.T. (Standard Penetration Test) sono state eseguite in avanzamento all'interno dei fori di sondaggio, con la porzione di foro sovrastante opportunamente rivestita, utilizzando attrezzature conformi a quanto stabilito nella normativa di riferimento ASTM D.1586/67 - 74. Il foro di sondaggio è stato chiuso e sigillato con lo stesso materiale di scavo.



Postazione S1



Tabella prelievo campioni

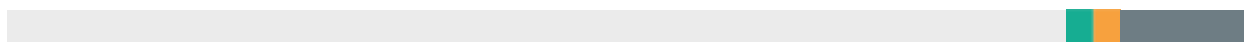
CAMPIONE	PROFONDITÀ INIZIO	PROFONDITÀ FINE	CAMPIONATORE
S1-C1	3.70	4.20	Pareti sottili
S1-C2	9.30	9.80	Pareti sottili

Tabella prove SPT

profondità	N1	N1/N2	Nspt (N2+N3)
4.20	8	12/14	26
9.80	12	21/26	47



Il Responsabile di sito



Soil Project s.a.s

Viale Europa sna, loc. Cubante, 82018 Calvi (BN)
Tel: 0824 1816668; Info: www.soilprojectsas.it;
email: info@soilprojectsas.it; P.I. 01515280624

Codice Qualità : 0040/16/L del 07/06/2016

Numero Accettazione : 040/16 del 07/06/2016

Committente:

Sicop s.r.l.

Opera:

**Progetto per l'istallazione di un impianto eolico da 995
KW in località Toppo di Rocco. Tufara (CB)**



Data Emissione Certificati: 20/06/2016



Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 7255 del 12/09/2013

Soil Project s.a.s

Viale Europa sna, loc. Cubante, 82018 Calvi (BN)
Tel: 0824 1816668; info: www.soilprojectsas.it;
email: info@soilprojectsas.it; P.I. 01515280624

Codice Qualità : 0040/16/L del 07/06/2016

Numero Accettazione : 040/16 del 07/06/2016

Il laboratorio geotecnico prove su terre Soil Project, per conto della Sicop, ha effettuato sui campioni S1C1 e S1C2 le seguenti prove:

- Apertura campione
- Caratteristiche fisico – volumetriche
- Prova di taglio diretto (su tre provini)



**SOIL PROJECT s.a.s.**

Via Europa snc - Loc. Cicerchia, 82018 CALVI (BN)
Tel. 024 181068 - cell. 342 0504913 - 340 0607752, info: www.soilprojectsas.it
email: info@soilprojectsas.it P.I. 01516290204

pag. 1/1

Rev. 1
dat. 07/01/2014**APERTURA CAMPIONE**

MOD L7.05/1c

Data raccolta: 07/06/2016 Cod. Qualità: 0040/16/L del 07/06/16 Data Emissione:
Data apertura: 07/06/2016 N° ACC.: 040/16 del 07/06/16 20/06/2016

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 7255 Del 12/09/2013

DATI GENERALI

Richiedente	Sicop srl
Opera/cant.	Progetto per l'installazione di un impianto solare da 996 KW
Località	Tufara (CB)
Impresa	Sicop srl
Tecnico	Dott. Geol. Giuseppe Piacquadio

RIFERIMENTI E MODALITA' DI PRELIEVO

IN FORO <input checked="" type="checkbox"/>	IN TRINCEA <input type="checkbox"/>	SUPERFICIE <input type="checkbox"/>	Mod. sondaggio:		
			Rotaz. - carotiere		<input checked="" type="checkbox"/>
			Rotaz. doppio carot.		
			Percussione		
			Spirale		
			Campionatore:		<input checked="" type="checkbox"/>
Data Prelievo		06/06/2016	Shelby		
N. Sondaggio		S1	Osterberg		
Prof. Sondaggio (m)			Mazier		
N. Campione		C1	Carotiere rotativo		
Prof. Campione (m)		9,30-9,80	Carotiere doppio rot.		
Diametro campione			Cucchiolo		
Altezza campione			Altro		

PROVE ESEGUITE

N. Cod.	Prova	
A	Apertura campione	<input checked="" type="checkbox"/>
B	Caratteristiche fisico-volumetriche	<input checked="" type="checkbox"/>
C	Analisi granulometrica	
D	Limiti di Atterberg	
E	Prova di permeabilità	
F	Prova edometrica	
G	Prova di taglio diretto	<input checked="" type="checkbox"/>
H	Prova di taglio residuo	
I	Prova triassiale CID	
L	Prova triassiale CIU	
M	Prova triassiale UU	
N	Prova espansione laterale libera	
O	Prova di compattazione	

Classe campione in base al prelievo

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Infissione in foro - in fustella				
Da taglio in superficie in fustella				
Rotazione in fustella				
Sciolti				

IDENTIFICAZIONE VISIVA ALL'ESTRUSIONE

Granulare grosso/ho			Granulare medio			Granulare/coesivo			Coesivo			X	
CONSISTENZA			Colore		Marrone rossastro		Classe campione sfustellato						
X			Struttura		Omogenea		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5		
			Tessitura		Fina								
BUONA MEDIO-BUONA MEDIA MOESTA SCARSA	PRESENZA NAT. ORG.		DISCREGATO	NON DISCREGATO	FESSURAZIONE				ALLUNGAMENTO				
								</					

Note:

Il campione esaminato di presenta come un argilla.
Inoltre si riscontrano inclusi calcarei con dimensioni
variabili da millimetriche a centimetriche.

Documentazione fotografica:

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio

Sebene De Luca

**SOIL PROJECT s.a.s.**

Via Europa 100 - Loc. Cusano, 82018 CALVI (BN)
Tel. 0824 181005, cell. 346 8554913 - 340 6867752, info: www.soilproject.it
www.info@soilproject.it P.I. 01515200634

pag. 1/1

Rev. 1 del 03/01/2013

CARATTERISTICHE FISICO VOLUMETRICHE

(ASTM D2216-D2974-D854-D4372-C128; UNI 8520; BS 1327)

MOD L7.05/26

Data accettazione: 07/06/2016 Cod. Qualità: 004016/L del 07/06/16
Data apertura: 07/06/2016 N° ACC.: 040/16 del 07/06/16

N° Certificato:
2965 del 20/06/16

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 7255 Del 12/09/2013

Richiedente	Sicop srl	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progetto per l'installazione di un impianto solico da 995 KW	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Tufara (CB)	N. Campione	C1
Impresa	Sicop srl	Prof. Campione (m)	9,30-9,80
Tecnico	Dott. Geol. Giuseppe Placquadro	Note	

PESO DI VOLUME γ (BS 1377 T15a)Metodo campione

	Provinc.		
	1	2	3
Peso contenitore (g)	72,72	71,58	53,00
Peso contenitore+campione umido (g)	209,50	210,38	199,65
Peso campione umido (g)	136,78	138,80	146,65
Volume contenitore (cm ³)	72,00	72,00	72,00
Peso di volume γ (kN/m ³)	18,235	18,891	18,614
MEDIA	18,58		

CONTENUTO IN SOLFATI (UNI EN 1744-1:1999)

Determinazioni	1	2	3
Peso campione (g)			
Peso precipitazione (g)			
Peso acqua utilizzata (g)			
Contenuto in solfati (%)			
MEDIA			

PESO SPECIFICO DEI GRANI γ_s (ASTM D854)

	Campione		
	1	2	3
Picnometro	A	B	C
Peso campione secco (g)	26,52	26,45	26,35
Temperatura di prova (°C)	20,00	20,00	20,00
Peso specifico acqua γ_w (kN/m ³)	9,80665	9,80665	9,80665
Peso pic. + acqua + camp. secco (g)	168,26	167,55	167,85
Peso picnometro + acqua (g)	149,5	146,9	134,3
Peso specifico dei grani γ_s (kN/m ³)	26,62	26,58	26,37
MEDIA	26,52		

DETERMINAZIONE PESO DI VOLUME γ (ASTM D1556)

Metodo volumetrico	Provinc.		
	1	2	3
Volumetro			
Peso volumetro + acqua (g)			
Peso campione umido (g)			
Peso volumetro + camp. umido (g)			
Differenza volume volumetro (cm ³)			
Peso di volume γ (kN/m ³)			
MEDIA			

DETERMINAZIONE CONTENUTO D'ACQUA W (ASTM D2216)

	Provinc.		
	1	2	3
Contenitori n°	A	B	C
Peso contenitore (g)	55,55	47,75	55,96
Peso cont. + peso camp. umido (g)	170,60	141,99	155,62
Peso cont. + peso camp. secco (g)	151,22	129,24	138,22
Peso campione secco (g)	95,66	78,48	82,26
Contenuto d'acqua w (%)	20,20	19,65	19,94
MEDIA	19,95		

DETERMINAZIONE CONTENUTO IN CaCO₃ (ASTM D4372)

	Provinc.	
	1	2
Pressione atmosferica (bar)		
Temperatura atmosferica (°C)		
Quantità campione secco (g)		
Svolgimento reazione (cm ³)		
Assorbimento reazione (cm ³)		
Contenuto carbonato di calcio (%)		
MEDIA		

Note

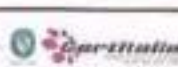
PARAMETRI DI STATO DERIVATI

Peso vol. secco γ_d (kN/m ³)	18,5
Indice dei vuoti e	0,71
Porosità n (%)	41,0
Grado di saturazione (Sr) %	78,8
$\gamma_{sat} = \gamma_d + \gamma_w n$	
Peso volume saturo γ_{sat} (kN/m ³)	19,8
$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$	
Peso volume immerso γ' (kN/m ³)	9,3

CONTENUTO SOSTANZE ORGANICHE (UNI EN 8520/14)

	Provinc.	
	1	2
Determinazioni n.		
Peso tara (g)		
Peso campione (g)		
Peso campione calcinato + tara (g)		
Contenuto in sostanze organiche (%)		
MEDIA		

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio

Sabrina De Luca



SOIL PROJECT s.a.s.

Via Europa 40 - Loc. Oleggio, 10019 CALVI (BN)
Tel. 0824 181000 - Cell. 340 8004913 - 340 002702 - Info: www.soilproject.it
Email: info@soilproject.it P.I. 01510280624

pag. 1/3

Fila 1
del 07/01/2017

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D3080)

MOD L7.05/6C

Data accettazione:	07/05/2016	Col. Qualità:	0040/16/L del 07/05/16	N° Certificato
Data apertura:	07/05/2016	N° ACC.:	040/16 del 07/05/16	2968 del 20/06/16

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n° 7265 Del 12/09/2013

Richiedente	Sicop srl	N. Sondaggio	S1
Operai/cant.	Progetto per l'istallazione di un impianto solico da 996 KW	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Tufara (CB)	N. Campione	C1
Impresa	Sicop srl	Prof. Campione (m)	9,30-9,80
Tecnico	Dott. Geol. Giuseppe Piacquadio	Note	

Caratteristiche scatola di taglio

Lunghezza scatola (mm)	60,00	Sezione scatola A (cm²)	36,00	Altezza scatola H (mm)	22,00	Volume scatola V (cm³)	79,20
------------------------	-------	-------------------------	-------	------------------------	-------	------------------------	-------

Consolidazione

	Carico verticale
Provino 1	98,07 kN/m²
Provino 2	196,14 kN/m²
Provino 3	294,21 kN/m²

Curva di consolidazione di Taylor

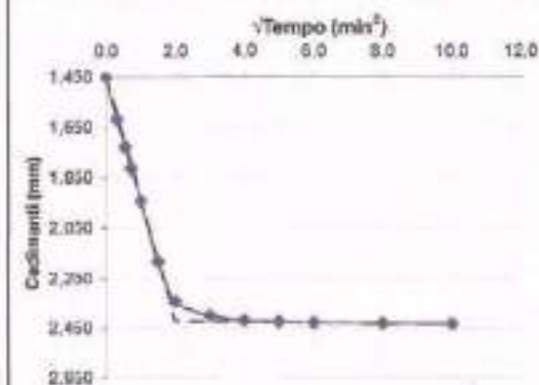
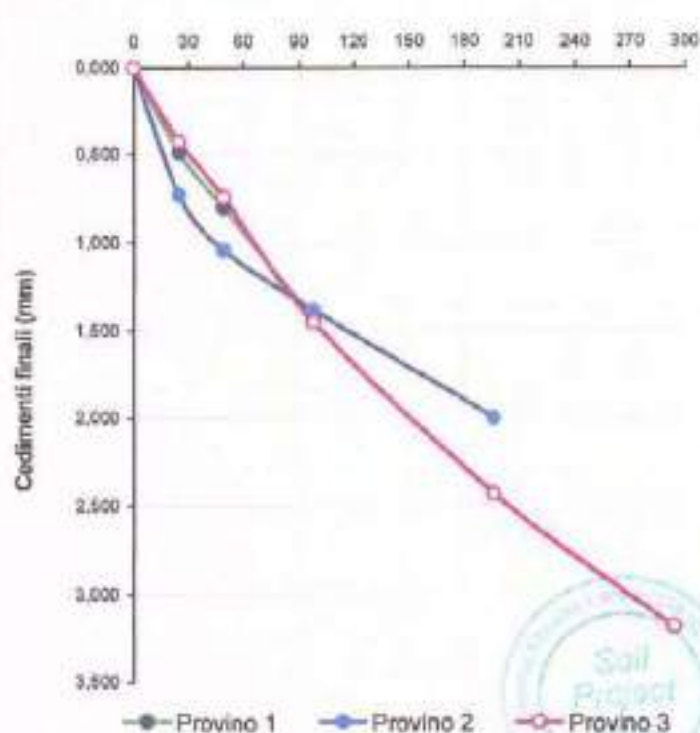
Determinata per provino n. 3

Gradino di carico verticale da 98,07 kN/m² a 196,13 kN/m²

Cedimento mm	Tempo min	$\sqrt{\text{Tempo}} \text{ min}^2$	$v_{100} \text{ min}^2$
1,450	0,00	0,00	1,99
1,619	0,10	0,32	
1,728	0,30	0,55	
1,813	0,50	0,71	
1,942	1,00	1,00	
2,183	2,25	1,50	
2,342	4,00	2,00	
2,399	9,00	3,00	
2,421	16,00	4,00	
2,424	25,00	5,00	
2,427	36,00	6,00	
2,429	64,00	8,00	
2,430	100,00	10,00	

Carico verticale kN/m²	Provino 1	Provino 2	Provino 3
	Cedim. Fin. mm	Cedim. Fin. mm	Cedim. Fin. mm
0,00	0,000	0,000	0,000
24,52	0,488	0,725	0,425
49,03	0,800	1,040	0,740
98,07	1,440	1,380	1,450
196,13		2,000	2,430
294,21			3,180

Carico verticale (kN/m²)



Velocità di avanz. MAX 0,10 mm/min

Lo Sperimentatore

Sei Pelli



Il Direttore del laboratorio

Sabrina De Luca

**SOIL PROJECT s.a.s.**

Viale Europa 110 - Loc. Cubellis, 42018 CALVI (BN)
Tel: 0824 1815555 - Fax: 0824 9541212 - 040 5057732 - info: www.soilproject.it
email: info@soilproject.it P.I. 01515280634

pag 2/3

Rev. 1
del 07/01/2013**PROVA DI TAGLIO**
(ASTM D3080)

MOD L7.05/6C

Data accettazione: 07/06/2016 Cod. Qualità: 0040/16/L del 07/05/16
Data apertura: 07/06/2016 N° ACC.: 040/16 del 07/05/16

N° Certificato
2957 del 20/06/16

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n° 7255 Del 12/09/2013

Richiedente	Sicop srl	N. Sondaggio	51
Opera/cant.	Progetto per l'installazione di un impianto eolico da 995 KW	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Tufara (CB)	N. Campione	C1
Impresa	Sicop srl	Prof. Campione (m)	9,30-9,80
Tecnico	Dott. Geol. Giuseppe Placquadro	Note	

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Avanzamento	Def. Vert.	Sforzo di taglio	Avanzamento	Def. Vert.	Sforzo di taglio	Avanzamento	Def. Vert.	Sforzo di taglio
(mm)	(mm)	(kN/m ²)	(mm)	(mm)	(kN/m ²)	(mm)	(mm)	(kN/m ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.02	3.87	0.03	0.05	7.78	0.03	0.05	5.70
0.05	0.05	6.97	0.05	0.08	13.89	0.05	0.08	13.48
0.08	0.07	12.38	0.08	0.11	19.44	0.08	0.13	24.37
0.10	0.09	17.03	0.10	0.14	23.89	0.10	0.15	34.23
0.13	0.10	22.45	0.13	0.18	29.17	0.13	0.18	46.82
0.15	0.12	27.09	0.15	0.19	34.72	0.15	0.20	55.98
0.18	0.13	30.95	0.18	0.21	39.44	0.18	0.21	63.77
0.20	0.15	34.83	0.20	0.24	43.89	0.20	0.23	70.51
0.23	0.16	38.70	0.23	0.27	48.06	0.23	0.25	77.25
0.25	0.18	42.57	0.25	0.30	52.78	0.25	0.27	83.47
0.28	0.19	45.98	0.28	0.32	56.40	0.28	0.28	87.62
0.30	0.19	47.99	0.30	0.35	60.66	0.30	0.29	91.70
0.33	0.20	49.53	0.33	0.38	63.81	0.33	0.31	96.95
0.35	0.20	51.85	0.35	0.40	67.04	0.35	0.33	101.61
0.38	0.20	52.63	0.38	0.42	69.72	0.38	0.34	105.76
0.40	0.20	54.18	0.40	0.44	72.67	0.40	0.35	109.39
0.43	0.21	55.73	0.43	0.46	75.56	0.43	0.36	113.54
0.45	0.21	56.82	0.45	0.48	77.78	0.45	0.38	118.65
0.48	0.22	60.37	0.48	0.50	79.90	0.48	0.39	123.80
0.50	0.22	61.14	0.50	0.51	81.94	0.50	0.40	129.87
0.53	0.23	61.92	0.53	0.53	84.72	0.53	0.41	125.46
0.55	0.23	63.47	0.55	0.55	86.94	0.55	0.42	128.57
0.58	0.23	63.47	0.58	0.58	90.28	0.58	0.43	130.88
0.60	0.23	63.47	0.60	0.57	82.78	0.60	0.44	132.72
0.63	0.24	64.24	0.63	0.58	99.11	0.63	0.45	134.28
0.65	0.24	60.47	0.65	0.60	88.06	0.65	0.46	131.83
0.68	0.24	63.47	0.68	0.61	100.83	0.68	0.47	137.30
			0.70	0.62	103.33	0.70	0.47	143.50
			0.73	0.63	106.00	0.73	0.48	141.02
			0.75	0.64	106.42	0.75	0.48	142.57
			0.78	0.65	106.42	0.78	0.49	143.09
			0.80	0.65	106.42	0.80	0.50	143.61
			0.82	0.67	106.42	0.83	0.51	144.13
			0.85	0.68	105.35	0.85	0.52	144.13
			0.87	0.69	104.29	0.89	0.53	144.13
						0.90	0.54	143.61

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio

Soil
Project
S.p.A.

**SOIL PROJECT s.a.s.**

Viale Europa 100 - Loc. Cusanto, 80018 CALVI (RN)
Tel. 0924 1010000, cell. 340 6554915 - 340 0057752, info: info@soilproject.it
email: info@soilproject.it P.I. 01516260224

pag 3/3

REV 1 del 07/01/2013

PROVA DI TAGLIO

(ASTM D3080)

MOD L7.05/6C

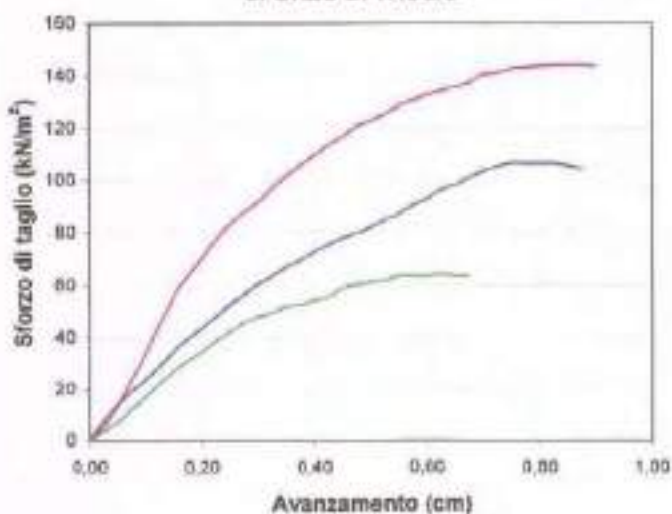
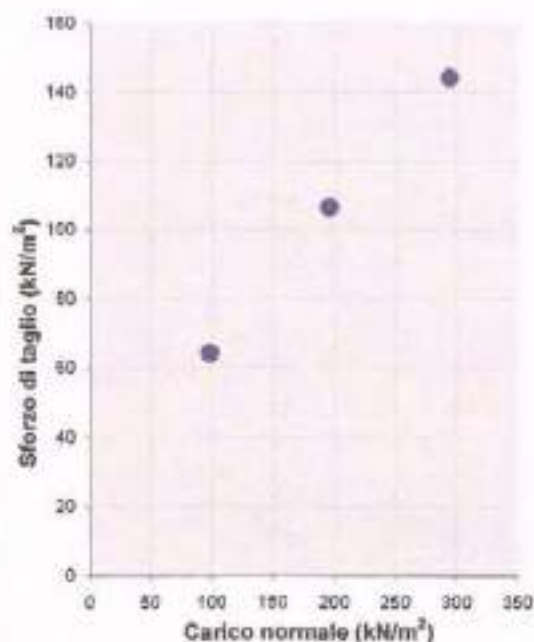
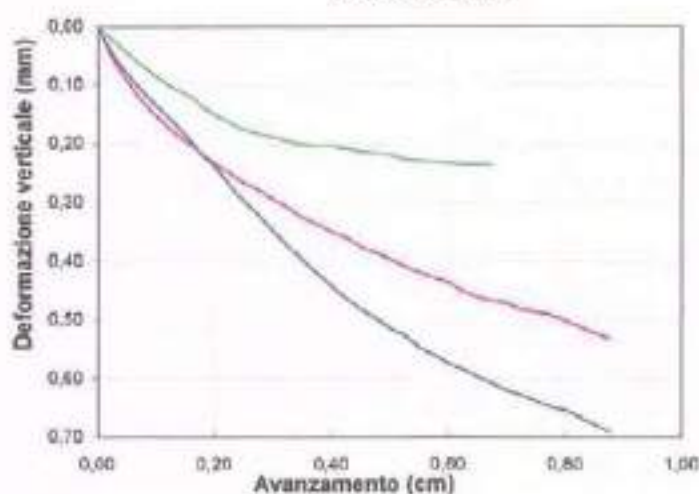
Data accettazione:	07/06/2016	Cod. Qualità:	0040/16/L del 07/06/16	N° Certificato
Data apertura:	07/06/2016	N° ACC.:	040/16 del 07/06/16	2966 del 20/06/16

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n° 7255 Del 12/09/2013

Richiedente	Sicop srl	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progetto per l'installazione di un impianto solico da 995 KW	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Tufara (CB)	N. Campione	C1
Imprese	Sicop srl	Prof. Campione (m)	9,30-9,80
Tecnico	Dott. Geol. Giuseppe Piacquadio	Note	

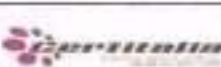
Contenuto d'acqua naturale (%)	19,95
Peso di volume naturale (kN/m ³)	18,88
Peso di volume secco (kN/m ³)	15,49
Indice dei vuoti	0,71
Porosità (%)	41,59
Peso specifico (kN/m ³)	26,52
Grado di saturazione (%)	78
Sezione scatola di taglio (cm ²)	56
Velocità di avanzamento (mm/min)	0,025

		Carico verticale
Provino 1		98,07 kN/m ²
Provino 2		196,14 kN/m ²
Provino 3		294,21 kN/m ²

SFORZO DI TAGLIO**DEFORMAZIONE**

Parametri di regressione lineare	Intercetta (kN/m ²)	25,04
	Valore angolare (°)	22,17

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio



**SOIL PROJECT s.a.s.**

Viale Europa snc - Loc. Cubere, 82015 CALVI (BN)
Tel 0824 1816258, cell. 345 8554213 - 343 6867762, info: www.soilproject.it
email: info@soilproject.it P.I. 04015060624

pag. 1/1

Rev. 1
del 07/01/2012**APERTURA CAMPIONE**

MOD L7.05/1c

Data accettazione: 07/06/2016 Cod. Qualità: 0040/16/L del 07/06/16 Data Emissione:
Data apertura: 07/06/2016 N° ACC.: 040/16 del 07/06/16 26/06/2016

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n° 7255 Del 12/09/2013

DATI GENERALI

Richiedente	Sicop srl
Opera/cant.	Progetto per l'installazione di un impianto eolico da 996 KW
Località	Tufara (CB)
Impresa	Sicop srl
Tecnico	Dott. Geol. Giuseppe Placquadro

RIFERIMENTI E MODALITA' DI PRELIEVO

IN FORO <input checked="" type="checkbox"/>	IN TRINCEA <input type="checkbox"/>	SUPERFICIE <input type="checkbox"/>	Mod. sondaggio:	
			Rotaz. - carotiere	<input checked="" type="checkbox"/>
			Rotaz. doppio carot.	
			Percussione	
			Spirale	
			Campionatore:	<input checked="" type="checkbox"/>
Data Prelievo			06/06/2016	Shelby
N. Sondaggio			S1	Osterberg
Prof. Sondaggio (m)				Mazier
N. Campione			C1	Carotiere rotativo
Prof. Campione (m)			3,70-4,20	Carotiere doppio rot.
Diametro campione				Cucchiaio
Altezza campione				Altro

PROVE ESEGUITE

N. Cod.	Prova	
A	Apertura campione	<input checked="" type="checkbox"/>
B	Caratteristiche fisico-volumetriche	<input checked="" type="checkbox"/>
C	Analisi granulometrica	
D	Limiti di Atterberg	
E	Prova di permeabilità	
F	Prova edometrica	
G	Prova di taglio diretto	<input checked="" type="checkbox"/>
H	Prova di taglio residuo	
I	Prova triassiale CID	
L	Prova triassiale CIU	
M	Prova triassiale UU	
N	Prova espansione laterale libera	
O	Prova di compattazione	

Classe campione in base al prelievo

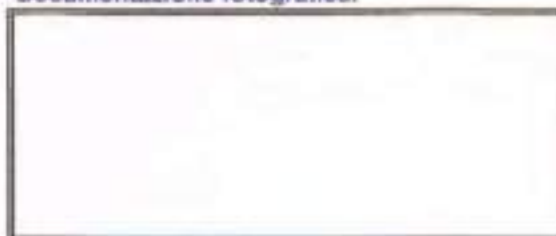
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Infilazione in foro in fustella				
Da taglio in superficie in fustella				
Rotazione in fustella				
Sciolti				

IDENTIFICAZIONE VISIVA ALL'ESTRUSIONE

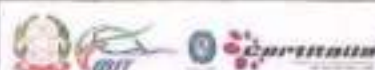
Granulare grosso/ho				Granulare medio				Granulare/coesivo				Coesivo				X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
CONSISTENZA				Colore				Grigio				Classe campione sfustellato																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
X				Struttura				Omogenea				Q1	Q2	Q3	Q4	Q5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				Tessitura				Fina																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
BUONA	MEDIO-BUONA	MEDIA	MODESTA	SCARSA	PRESENZA MAT. ORG.				DISCREGATO	NON DISCREGATO	FESSURAZIONE				ALLUNGAMENTO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
								X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

Note:

Il campione esaminato di presenta come un argilla

Documentazione fotografica:

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio

Sabrina De Luca

**SOIL PROJECT s.a.s.**

Viale Europa 60 - Loc. Gubris, 80018 CALVI (IN)
Tel. 0324 181649; cell. 346 8256913 - 340 8957752; info: www.soilproject.it
email: info@soilproject.it P.I. 0155250024

pag. 1/1

Rev. 1 del 07/01/2013

CARATTERISTICHE FISICO VOLUMETRICHE

(ASTM D2216-D2974-D854-D4372-C138; UNI 9529; BS 1327)

MOD L7.05/2c

Data accettazione: 07/06/2016 Cod. Qualità: 0040/16/L del 07/06/16
Data apertura: 07/06/2016 N° ACC.: 040/16 del 07/06/16

N° Certificato:
2981 del 20/06/16

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n° 7256 Del 12/09/2013

Richiedente	Sicop srl	N. Sondaggio	S1
Opera/cant	Progetto per l'installazione di un impianto solare da 996 KW	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Tufara (CB)	N. Campione	C1
Impresa	Sicop srl	Prof. Campione (m)	3,70-4,20
Tecnico	Dott. Geol. Giuseppe Piacquadio	Note	

PESO DI VOLUME γ (BS 1327 T134)Metodo campione

	Provinci		
	1	2	3
Peso contenitore (g)	72,72	71,88	53,00
Peso contenitore+campione umido (g)	208,82	210,08	190,98
Peso campione umido (g)	137,1	138,4	138,0
Volume contenitore (cm ³)	72,00	72,00	72,00
Peso di volume γ (kN/m ³)	18,873	18,851	18,793
MEDIA	18,77		

CONTENUTO IN SOLFATI (UNI EN 1744-1:1999)

Determinazioni	1	2	3
Peso campione (g)			
Peso precipitazione (g)			
Peso acqua utilizzata (g)			
Contenuto in solfati (%)			
MEDIA			

PESO SPECIFICO DEI GRANI γ_s (ASTM D854)

	Campione		
	1	2	3
Picnometro	A	B	C
Peso campione secco (g)	26,15	26,75	26,42
Temperatura di prova (°C)	20,00	20,00	20,00
Peso specifico acqua γ_w (kN/m ³)	0,80605	0,80605	0,80605
Peso pic. + acqua + camp. secco (g)	167,00	156,12	161,10
Peso picnometro + acqua (g)	150,5	142,2	144,3
Peso specifico dei grani γ_s (kN/m ³)	26,52	28,83	26,82
MEDIA	28,66		

DETERMINAZIONE PESO DI VOLUME γ (ASTM D1556)

<u>Metodo volumetrico</u>	Provinci		
	1	2	3
Volumetro			
Peso volumetro + acqua (g)			
Peso campione umido (g)			
Peso volumetro + camp. umido (g)			
Differenza volume volumetro (cm ³)			
Peso di volume γ (kN/m ³)			
MEDIA			

DETERMINAZIONE CONTENUTO D'ACQUA W (ASTM D2216)

	Provinci		
	1	2	3
Contenitore n°	A	B	C
Peso contenitore (g)	48,38	49,14	48,32
Peso cont. + peso camp. umido (g)	134,90	131,14	105,02
Peso cont. + peso camp. secco (g)	114,60	111,80	90,02
Peso campione secco (g)	66,24	62,66	40,70
Contenuto d'acqua w (%)	31,12	30,86	31,94
MEDIA	31,31		

PARAMETRI DI STATO DERIVATI

Peso vol. secco γ_s (kN/m ³)	14,3
Indice dei vuoti e	0,66
Porosità n (%)	46,4
Grado di saturazione (Sr) %	98,4
$T_{sat} = \gamma_s + \gamma_w n$	
Peso volume saturo γ_{sat} (kN/m ³)	18,8
$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$	
Peso volume immerso γ (kN/m ³)	9,9

DETERMINAZIONE CONTENUTO IN CaCO₃ (ASTM D4373)

	Provinci	
	1	2
Pressione atmosferica (bar)		
Temperatura atmosferica (°C)		
Quantità campione secco (g)		
Svolgimento reazione (cm ³)		
Absorbimento reazione (cm ³)		
Contenuto carbonato di calcio (%)		
MEDIA		

CONTENUTO SOSTANZE ORGANICHE (UNI EN 9529/14)

	Provinci	
	1	2
Determinazioni		
Peso tara (g)		
Peso campione (g)		
Peso campione calcinato + tara (g)		
Contenuto in sostanze organiche (%)		
MEDIA		

Note

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio

Sabina De Luca

**SOIL PROJECT s.a.s.**

Viale Europa 100 - Loc. Culeria - 82010 CALVI (BN)
Tel. 0824 181555 - cell. 345 5514213 - 340 5807762 - mfr. www.soilproject.it
email: info@soilproject.it P.I. 0151223624

pag. 1/3

Rev. 1
del 07/01/2013

MOD L7.05/8C

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D3080)

Data esecuzione:	07/06/2016	Cod. Qualità:	0040/16/L del 07/06/16	N° Certificato
Data apertura:	07/06/2016	N° ACC.:	040/16 del 07/06/16	2952 del 20/06/16

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n. 7255 Del 12/09/2013

Richiedente	Sicop srl	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progetto per l'installazione di un impianto eolico da 595 KW	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Tufara (CB)	N. Campione	C1
Impresa	Sicop srl	Prof. Campione (m)	3,70-4,30
Tecnico	Dott. Geol. Giuseppe Piacquadio	Note	

Caratteristiche scatola di taglio

Lunghezza scatola (mm)	60,00	Sezione scatola A (cm ²)	36,00	Altezza scatola H (mm)	22,00	Volume scatola V (cm ³)	79,20
------------------------	-------	--------------------------------------	-------	------------------------	-------	-------------------------------------	-------

Consolidazione

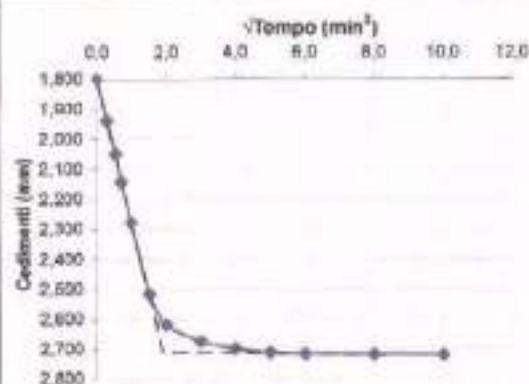
	Carico verticale
Provino 1	98,07 kN/m ²
Provino 2	196,14 kN/m ²
Provino 3	294,21 kN/m ²

Curva di consolidazione di Taylor

Determinata per provino n. 3

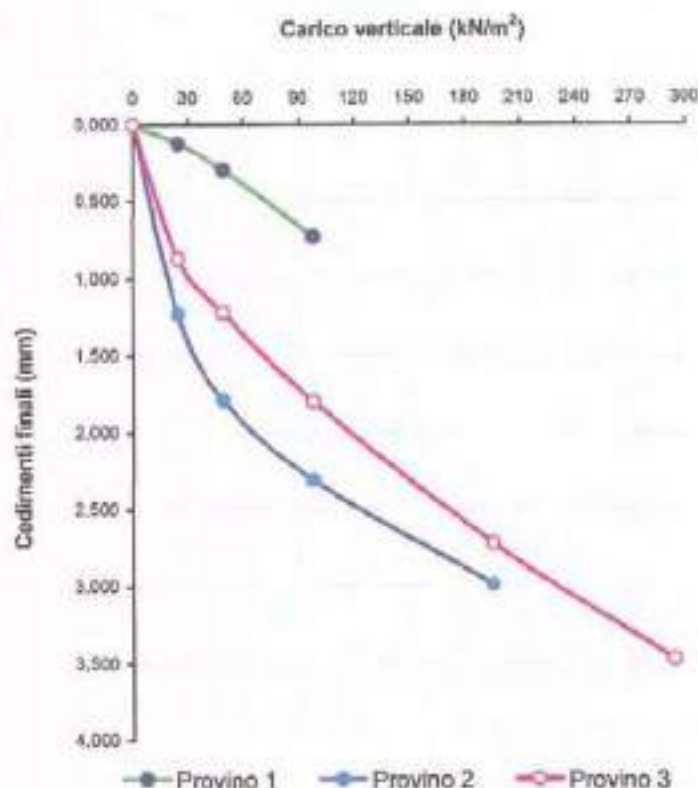
Gradino di carico verticale da 98,07 kN/m² a 196,13 kN/m²

Cedimento mm	Tempo min	$\sqrt{\text{Tempo}}$ min ^{1/2}	$\sqrt{t_{100}}$ min ^{1/2}
1,800	0,00	0,00	1,89
1,940	0,10	0,32	
2,050	0,30	0,55	
2,144	0,50	0,71	
2,279	1,00	1,00	
2,517	2,25	1,50	
2,619	4,00	2,00	
2,676	6,00	2,45	
2,701	16,00	4,00	
2,713	25,00	5,00	
2,717	36,00	6,00	
2,719	64,00	8,00	
2,720	100,00	10,00	



Velocità di avanz. MAX 0,11 mm/min

Carico verticale kN/m ²	Provino 1	Provino 2	Provino 3
	Cedim. Fin. mm	Cedim. Fin. mm	Cedim. Fin. mm
0,00	0,000	0,000	0,000
24,52	0,125	1,230	0,869
49,03	0,300	1,790	1,220
98,07	0,730	2,310	1,800
196,13		2,990	2,720
294,21			3,470



Lo Sperimentatore

Il Direttore del laboratorio

Prova
2016

**SOIL PROJECT s.a.s.**

Via E. Mattei 100 - Loc. Gubiana, 02018 GALLI (BN)
Tel. 0824 1810005, fax 0824 8554915 - 340 6667732, info, www.soilproject.it
email: info@soilproject.it P.I. 01515200624

pag 3/3

REV 1 del 07/01/2013

PROVA DI TAGLIO

(ASTM D3080)

MOD L7.05/6C

Data accettazione: 07/06/2016 Cod. Qualità: 004016/L del 07/06/16
Data apertura: 07/06/2016 N° ACC.: 04016 del 07/06/16

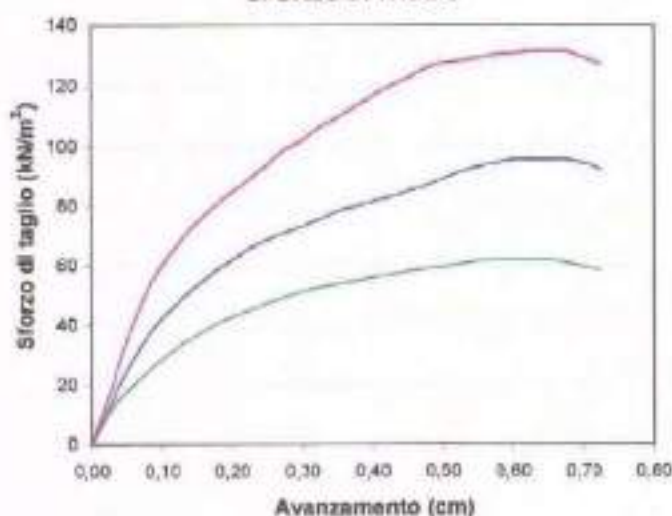
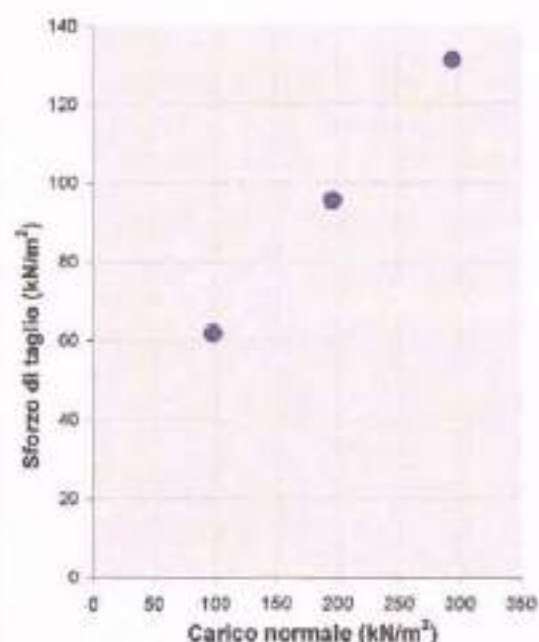
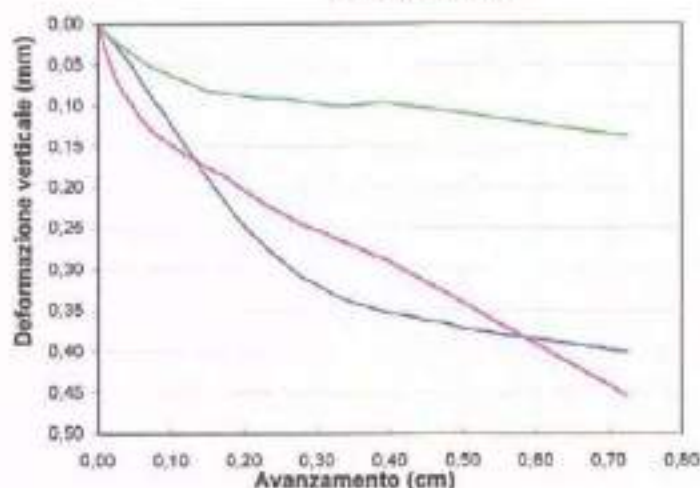
N° Certificato
2964 del 20/06/16

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n° 7255 Del 12/09/2013

Richiedente	Sicop srl	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progetto per l'installazione di un impianto eolico da 995 KW	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Tufara (CB)	N. Campione	C1
Impresa	Sicop srl	Prof. Campione (m)	3,70-4,20
Tecnico	Dott. Geol. Giuseppe Piacquadio	Note	

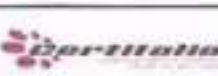
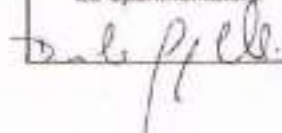
Contenuto d'acqua naturale (%)	31,31
Peso di volume naturale (kN/m ³)	18,77
Peso di volume secco (kN/m ³)	14,30
Indice dei vuoti	0,86
Porosità (%)	46,37
Peso specifico (kN/m ³)	26,66
Grado di saturazione (%)	98
Sezione scatola di taglio (cm ²)	38
Velocità di avanzamento (mm/min)	0,025

		Carico verticale
Provino 1		98,07 kN/m ²
Provino 2		196,14 kN/m ²
Provino 3		294,21 kN/m ²

SFORZO DI TAGLIO**DEFORMAZIONE**

Parametri di regressione lineare	Intercetta (kN/m ²)	26,71
	Valore angolare (°)	19,52

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio





SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN)

cell: 346 8554913 - 340 6867752 - 347 1324351

email: info@soilprojectsas.it

P.I.:01515280624

INDAGINE SISMICA
TIPO:

Multichannel Analysis of Surfaces Waves
MASW

OGGETTO:

Progetto per l'installazione di un impianto eolico da 995 kW –
in località Toppo di Rocco

PROVA:

MASW-1

LOCALITA':

Comune di Tufara (CB)
Loc.tà Toppo di Rocco

COMMITTENTE:

SICOP srl - Unipersonale

DITTA:

SICOP srl - Unipersonale

DATA:

20 Giugno 2016

DIRETTORE LAVORI
D'INDAGINE

Geol. Piacquadio Giuseppe

MAPPA
UBICAZIONE
INDAGINE:



Il Tecnico Progettista:

Il Direttore dei Lavori d'Indagine:

INTRODUZIONE

Le indagini geofisiche basate su misure di propagazione delle onde elastiche hanno lo scopo di definire, tramite differenti metodiche e metodologie di analisi, modelli stratigrafici del sottosuolo ad una o più dimensioni spaziali. Nello specifico le sequenze stratigrafiche così prodotte sono caratterizzate dalla variazione dei parametri geo-dinamici (sismostratigrafie) che, data la loro corrispondenza con le proprietà litologiche e litotecniche dei terreni, attribuiscono alle indagini geofisiche un efficace mezzo esplorativo del sottosuolo. Inoltre, la determinazione di sequenze sismo-stratigrafiche basate sulla velocità delle onde di taglio (V_s) ottempera a quanto previsto dall'attuale normativa nazionale riguardante le costruzioni in zona sismica (OPCM 3274 e succ., NTC 2005 e succ. e DM 14 gennaio 2008).

In generale, nella sismica attiva le onde sono prodotte tramite una massa battente o scoppio in un punto sorgente (shot) e registrate da un sismografo, in punti lontani dalla sorgente, tramite rilevatori del moto al suolo (geofoni); la disposizione geometrica dei geofoni e dei punti di shot è definita come linea sismica o array lineare. La sismica passiva, invece, si differenzia per la non generazione diretta di onde ma si avvale del moto vibratorio del terreno comunque presente a causa di sorgenti naturali (moto ondoso, vento ecc.) e prodotte dall'attività antropica.

Le modalità di acquisizione variano a seconda della metodologia utilizzata e in funzione della successiva elaborazione dei dati. Tali metodologie sono caratterizzate da specifiche disposizioni della linea sismica (sia superficiale che in foro), dalla durata dell'acquisizione (finestra temporale). e dal passo di campionamento impiegato.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "ECHO 24/2010" a 24 canali dotato di incremento automatico del segnale con algoritmo di sommatoria e consente la visione in simultanea delle tracce sismiche sullo schermo del computer. Si può, inoltre, manipolare il segnale con appositi filtri sia in ingresso che a posteriori, verificare il livello di rumori generati da sorgenti estranee

(vento, rumori naturali, mezzi meccanici, ecc.) e scegliere l'amplificazione più idonea del segnale in maniera differenziata per ogni canale.



La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario installato su laptop, tramite il quale è possibile gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtri delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione in tempo reale del segnale su tutti i geofoni attivi;
- visualizzazione del accelerogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma di ulteriori accelerogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è utilizzata una mazza del peso di 8 kg ed una piastra di battuta di alluminio.

Il geofoni verticali rivelano la variazione di velocità di oscillazione al suolo (nel caso specifico in direzione verticale) prodotta dal passaggio delle onde sismiche tramite lo spostamento relativo smorzato di una massa inerziale rispetto all'involucro esterno solidale con il terreno. Tale spostamento induce una variazione del campo elettro-magnetico che si traduce in variazione del potenziale elettrico che è la grandezza effettivamente rilevata. Il rapporto tra l'oscillazione reale del suolo e quella della massa inerziale in funzione delle frequenze del moto è definita dalla curva caratteristica del geofono; in tale curva, la frequenza caratteristica definisce il limite inferiore al di sopra del quale il rapporto di oscillazione tra il suolo e la massa inerziale è pari ad 1.

Sono stati utilizzati geofoni (GEO SPACE LT) verticali con frequenza caratteristica di 4.5 Hz e di 10 Hz.



METODOLOGIA

Metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano ad una velocità correlata

alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Reyleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D, Aki, K and Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase o di gruppo apparente delle onde di Reyleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi forniscono informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo consente generalmente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenza compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW elaborato con software MASW 2007 consiste in tre fasi (Roma, 2002):

- calcolo della velocità di fase, o curva di dispersione, apparente sperimentale;
- calcolo della velocità di fase apparente numerica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di compressione V_p , la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale e la velocità di fase numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o automatica o con una combinazione delle due.

Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson ν , la densità di massa ρ e vengono fatti variare lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica (Roma, 2002; Roma, 2001; Joh, 1998) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

In genere, quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compreso tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresenta una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Sperimentatore
SOIL PROJECT s.r.l.
Dott. Daniele Pipicelli

DANIELE PIPICELLI



SOIL PROJECT s.a.s

Viale Europa snc - Loc. Cubante,
82018 - CALVI (BN)

P.IVA: 01515280624

SETTORE GEOFISICA
GF

Località:

Comune di Tufara (CB)

Zona:

loc.tà Toppo di Rocco

Committente:

SICOP srl - Unipersonale

Data di elaborazione:

16/06/2016

Proprietario:

SICOP srl - Unipersonale

Data di acquisizione:

09/06/2016

N. Accettazione

PROSPEZIONE SISMICA - MASW - LINEA SISMICA MASW 1

MASW4

MODALITA' DI ACQUISIZIONE

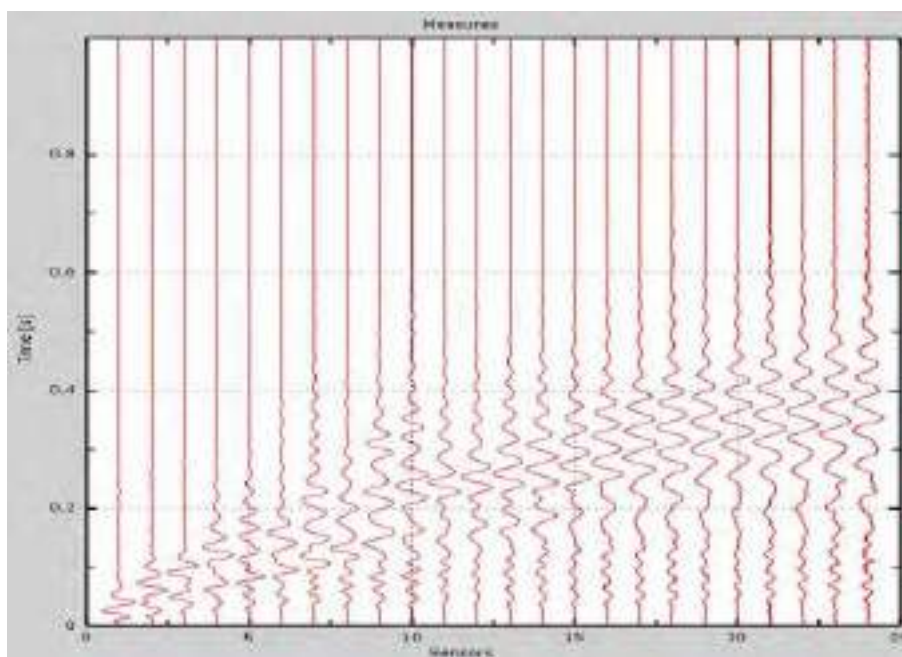
Acquisitore tipo:	Punti di camp. per canale	Ritardo (ms)
ECO 24 CH "AMBROGEO"	13616	0,00
Canali impiegati	Punti di camp. Totali	Energizzatore
24	326787	MECCANICO
Intervallo acquisizione (ms)	Amplificazione	Starter
0,128	DIFFER. PER CANALE	MECCANICO
Tempo di campionamento (ms)	Filtro PB in acq. (Hz)	Sommatorie
1000	NESSUNO	NESSUNA

CARATTERISTICHE DELLO STENDIMENTO

N° Geofoni
24
Punti di energizzazione
2
Distanza intergeof. (m)
2,00
Lungh.stendim. (m)
36,00
Lungh. linea sismica (m)
36,00

MASW4

TRACCE SISMICHE RILEVATE



Intervallo di analisi 2000 ms
N. geofoni utilizzati 24

CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE

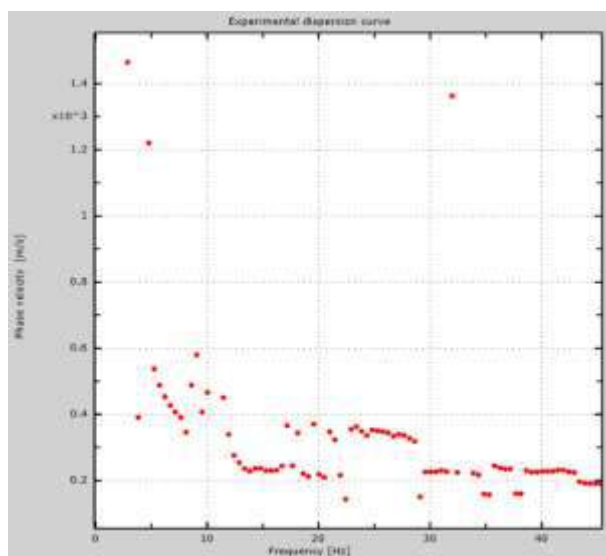
Intervallo di frequenza considerato

Frequenza iniziale

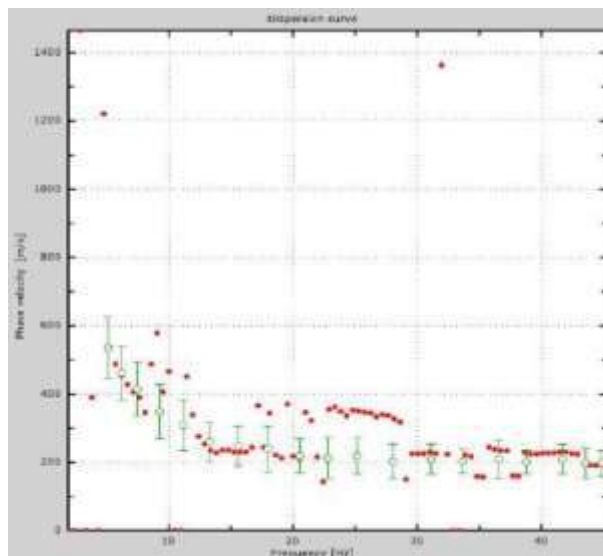
2 Hz

Frequenza finale

45 Hz



DISPERSIONE

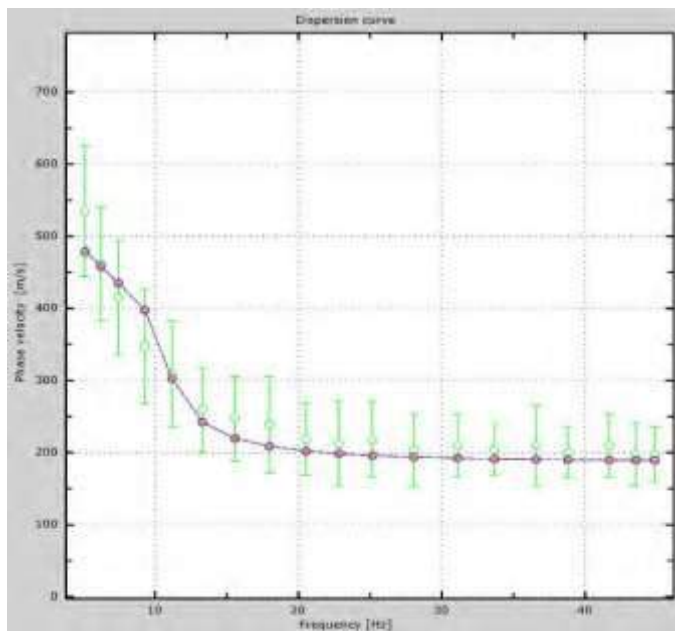


PICKING

VALORI DELLA CURVA DI DISTRIBUZIONE CONSIDERATI

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]	Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
5.11967	534.888	444.01	625.766	41.6827	209.485	165.512	253.459
6.2327	461.599	382.447	540.751	43.5192	197.759	153.786	241.733
7.45704	414.694	335.542	493.846	44.8548	197.759	159.649	235.869
9.29353	347.269	268.117	426.421				
11.1857	309.158	235.869	382.447				
13.3004	259.322	200.691	317.953				
15.5822	247.596	188.965	306.227				
17.9752	238.801	171.375	306.227				
20.5351	218.28	168.444	268.117				
22.8168	212.417	153.786	271.048				
25.1542	218.28	165.512	271.048				
28.0481	203.622	153.786	253.459				
31.1089	209.485	165.512	253.459				
33.6689	203.622	168.444	238.801				
36.5628	209.485	153.786	265.185				
38.7888	200.691	165.512	235.869				

CONFRONTO TRA LE CURVE TEORICA E SPERIMENTALE



PROCEDURA UTILIZZATA: ☐ Automatica ☒ Semiautomatica ☐ Manuale

MASW4

MODELLO TEORICO

Strati* N.	Ricevitori N.	Dist. Ricev. (m)	Modi consid. N.	Modi impiegati N.	Iterazioni N.	Errore (%)
3	24	1,5	1,00	1,00	25	8

* compreso il semispazio rigido

STRATO 1

Spessore (m)	Profondità (m)	Densità (Kg/m ³)	Modulo Poisson	Presenza falda	Valori di Ricerca Vs min Vs max (m/s) (m/s)		Vs (m/s)	Vp (m/s)
4.5	-4.5	1710	0,30	no	109.87	304,00	203	380

STRATO 2

Spessore (m)	Profondità (m)	Densità (Kg/m ³)	Modulo Poisson	Presenza falda	Valori di Ricerca Vs min Vs max (m/s) (m/s)		Vs (m/s)	Vp (m/s)
4.9	-9.4	1830	0,30	no	121.27	360,00	240	449

STRATO 3

Spessore (m)	Profondità (m)	Densità (Kg/m ³)	Modulo Poisson	Presenza falda	Valori di Ricerca Vs min Vs max (m/s) (m/s)		Vs (m/s)	Vp (m/s)
0,00	-oo	1950	0,32	no	297.16	882,00	588	1143

STRATO 4

Spessore (m)	Profondità (m)	Densità (Kg/m ³)	Modulo Poisson	Presenza falda	Valori di Ricerca Vs min Vs max (m/s) (m/s)		Vs (m/s)	Vp (m/s)

STRATO 5

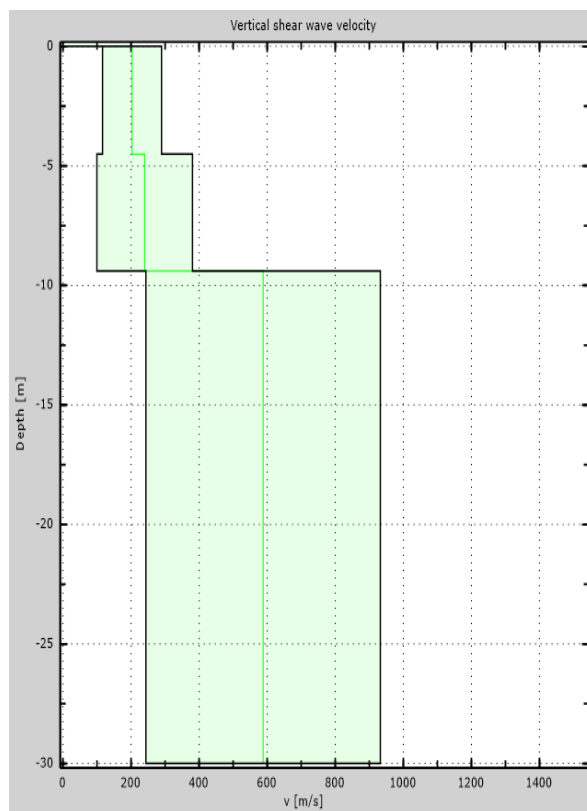
Spessore (m)	Profondità (m)	Densità (Kg/m ³)	Modulo Poisson	Presenza falda	Valori di Ricerca Vs min Vs max (m/s) (m/s)		Vs (m/s)	Vp (m/s)

STRATO 6

Spessore (m)	Profondità (m)	Densità (Kg/m ³)	Modulo Poisson	Presenza falda	Valori di Ricerca Vs min Vs max (m/s) (m/s)		Vs (m/s)	Vp (m/s)

STRATO 7

Spessore (m)	Profondità (m)	Densità (Kg/m ³)	Modulo Poisson	Presenza falda	Valori di Ricerca Vs min Vs max (m/s) (m/s)		Vs (m/s)	Vp (m/s)



Valori riferiti al Piano Campagna

VS30 = 386 m/s +/- 31 m/s

SOTTOSUOLO TIPO: B

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Sperimentale
SOIL PROJECT s.r.l.
Dott. Daniele Pipicelli
DANIELE PIPICELLI