PROPONENTE Repower Renewable Spa Via Lavaredo, 44 30174 Mestre (VE)

PROJECT MANAGER : Dott.Giuseppe Caricato

PROGETTAZIONE



sinergospa.com - info@sinergospa.com Numero di commessa interno progettazione:

20041

Progettista : Ing. Filippo Bittante

TENPROJECT

REPOWER

L'energia che ti serve.

Tenproject Srl -via De Gasperi 61 82018 S.Giorgio del Sannio (BN) t +39 0824 337144 - f +39 0824 49315 tenproject.it - info@tenproject.it

Nʻ	• COMMESS/ 1416								
El	LABORATO	STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOL	STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA						
00 REV.	30/11/2020 P DATA D	PRIMA EMISSIONE DESCRIZIONE REVISIONE	Ing. Filippo Bittante						
 	30/11/2020 P DATA D	PRIMA EMISSIONE ESCRIZIONE REVISIONE	Geol. G. Nichilo REDATTO	Geom. E. Cossalter VERIFICA	NOME FILE 1416-PD_A_0.11_RE				



INDICE

1. INTRODUZIONE	4
1.1. Sito di impianto	5
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO e GEOMORFOLOGICO	7
2.1. Geologia	7
2.2. Tettonica	10
2.3. Geomorfologia	12
3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO	14
3.1. Idrografia	14
3.2. Idrogeologia	14
3.3. Rischio Idrogeologico	16
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE	17
4.1. Indagini svolte	17
4.2. Sondaggi geognostici e piezometri	17
4.3. Prove penetrometriche dinamiche	21
4.3.1. Prove penetrometriche dinamiche SPT	21
4.3.2. Sondaggi penetrometrici DPSH	26
4.4. Prove geotecniche di laboratorio	32
4.5. MASW	33
4.6. Tomografie elettriche	37
5. MODELLO GEOLOGICO	41
6. MODELLO GEOTECNICO	41
7. VINCOLISTICA E FATTIBILITA'	43
8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	44
8.1. Sismicità storica	44
8.2. Azione sismica	45
8.3. Pericolosità sismica	46
8.4. Stati limite	49
8.5. Categoria del sottosuolo	49
9. STABILITA' DEL PENDIO	51
9.1. Criteri di verifica	51
9.2. Condizioni di analisi	52

Redatto GN

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO



9.3. Parametri di progetto	52
9.4. Programmi di calcolo	53
9.5. Sezione 1	54
9.6. Sezione 2	56
9.7. Sezione 3	57
10. LIQUEFAZIONE	59
10.1. Esclusione della verifica a liquefazione	59
11. CONCLUSIONI	61

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI"

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO





RELAZIONE GEOLOGICA

1. INTRODUZIONE

L'intervento in oggetto riguarda la possibilità di realizzazione da parte di Repower S.p.a. di un impianto eolico in località San Leucio - Alvanella all'interno del territorio comunale di Serracapriola, in provincia di Foggia. Il layout progettuale prevede l'installazione di 9 aerogeneratori di grande taglia, tipo Vestas V150, con diametro del rotore fino a 150 metri ed altezza al mozzo di 125 metri. In totale, si prevede una potenza installata di 50,4 MW. La stazione SSE è invece prevista nel territorio comunale di Rotello, in provincia di Campobasso, alla quale il parco eolico sarà collegato da un cavidotto MT di lunghezza pari a circa 17 km.

La presente relazione si pone in continuità con la relazione geologica (1416-PD_A_0.2.0_REL_r00), nella quale sono state trattate le tematiche geologiche di inquadramento generale dell'area. Quindi, riprendendo parte di quanto trattato nella relazione precedentemente citata, il presente documento ha l'obiettivo di studiare l'effettiva compatibilità geologica e geotecnica del progetto, partendo dall'analisi delle indagini geognostiche eseguite, fino alle verifiche geotecniche finalizzate alla stabilità del sito.

Nelle seguenti figure è rappresentato dapprima l'intero territorio comunale di Serracapriola su ortofoto, con indicata l'area di interesse, la quale è successivamente riprodotta in dettaglio.



Figura 1 - Inquadramento area di progetto - Ortofoto





Figura 2 - Planimetria generale di progetto parco eolico-cavidotto-SSE

1.1. Sito di impianto

Il parco eolico oggetto della presente relazione geologica è ubicato ad est dei centri abitati di Serracapriola e Chieuti, dai quali gli aerogeneratori più vicini distano circa 2.5 km. L'area è coperta dai fogli catastali 19, 20, 29, 30 e 40 del comune di Serracapriola. Il sito si inserisce in un ambito agricolo a prevalenza di seminativi, con alternanza a formazioni arboree nella zona più in quota del crinale. La valenza ecologica dell'area è ritenuta medio-bassa.

Dal punto di vista morfologico, l'area d'impianto si configura come un leggero declivio che dalle colline sommitali su cui sorgono gli abitati di Serracapriola e Chieuti digrada verso il Fiume Fortore. Dalla lieve altura su cui sorgono gli abitati discende una fitta ma poco incisa rete scolante, composta da piccoli canali e fossi, in alcuni casi regimentati, e che afferiscono in ultima analisi al fiume Fortore. Di seguito si riportano delle immagini panoramiche dell'area, estratte dalla relazione "Studio di Fattibilità di un Impianto Eolico nel comune di Serracapriola" redatta dalla società Tenproject nel febbraio 2020.





Figura 3 - Immagini panoramiche dell'area di progetto



2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

2.1. Geologia

Il territorio comunale di Serracapriola rientra nel distretto geologico del Subappennino dauno e del Tavoliere di Puglia, rispetto al quale si trova nell'estrema porzione nord-occidentale. Il Tavoliere rappresenta un'estesa pianura alluvionale solcata da numerosi corsi d'acqua a carattere torrentizio, limitata a nord dal Fiume Fortore ed a sud dal Fiume Ofanto. Dal punto di vista morfologico, è caratterizzato da strette ed allungate colline a tetto piatto cui si interpongono larghe valli solcate da numerosi corsi d'acqua che scorrono da ovest verso est, con tracciati paralleli fra loro. Anche la forma dei bacini imbriferi è stretta ed allungata, con linee di spartiacque anch'esse subparallele, isorientate rispetto agli assi dei corsi d'acqua.

Dal punto di vista geologico, il Tavoliere di Puglia rappresenta il settore più settentrionale della Fossa Bradanica, limitato ad ovest dal Subappennino dauno e ad est dal Promontorio del Gargano.

La regione, nel corso del Pliocene e del Quaternario, è stata interessata da diverse fasi evolutive:

- Mesozoico Paleogene: formazione della Piattaforma Carbonatica Apula.
- Successivamente al Miocene: frammentazione della Piattaforma e susseguente individuazione dell'Avanfossa.
- Pliocene Pleistocene inferiore: marcata subsidenza, connessa alla subsidenza del margine interno della piattaforma apula.
 In questa fase si è avuta la sedimentazione della Formazione della Calcarenite di Gravina, la quale passa verso l'alto e lateralmente alle Argille subappennine, una spessa successione siltoso-argilloso-sabbiosa.
- Pleistocene inferiore Pleistocene medio-superiore: sollevamento, legato o ad un riassestamento isostatico post-orogenico (Ricchetti et al., 1988) o ad un fenomeno di buckling dell'avampaese per resistenza alla subduzione (Doglioni et al., 1994). Questo stadio è segnato da depositi regressivi e da depositi terrazzati.

Il basamento pre-pliocenico del Tavoliere è composto da un potente pacco di rocce carbonatiche mesozoiche di facies di piattaforma, che localmente possono presentarsi trasgressive coi depositi paleogenici delle 'Calcareniti di Peschici'. Dal Miocene, durante l'intensa fase di tettogenesi appenninica, si sono formati l'horst del Gargano (avampaese) ed il semigraben del Tavoliere (avanfossa). In seguito, si è avuto il riempimento dell'Avanfossa con sedimenti prevalentemente pelitici e sabbiosi provenienti dalla catena sita a nord-ovest sotto forma di flussi torbiditici (facies bacinale o distale). Tale fase è accompagnata da una tettonica prevalentemente compressiva e da una tendenza alla subsidenza dell'Avanfossa, favorita dal peso del crescente pacco sedimentario.

A partire dal Pliocene superiore si ha la suddivisione dell'Avanfossa in più bacini sedimentari ed il completamento del riempimento sedimentario, con terreni riconducibili alla regressione marina del Plio-Pleistocene. Dal Quaternario, invece, si registra un innalzamento tettonico, affiancato da una variazione glacio-eustatica del livello del mare, con terrazzi marini ancora oggi a quote di 400 metri sul livello del mare. In seguito si sono registrate fasi di regressione marina che hanno comportato sedimentazione continentale di facies fluvio-lacustre, spesso disposta fino a quattro ordini di terrazzi, rispetto al fondovalle attuale dei corsi d'acqua. Ogni terrazzo vede la sua superficie di base inclinata verso est con angoli compresi tra 0.5 e 2.5°, con valori sempre più bassi andando verso valle.

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO



Per quanto concerne l'area di interesse, di seguito si riporta uno stralcio della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100'000, foglio 155 San Severo.



Figura 4 - Stralcio carta geologica d'Italia e legenda litologica - foglio 155 San Severo (fonte: ISPRA)

Nell'area affiorano prevalentemente terreni di età Pliocenica e Pleistocenica. La successione stratigrafica prevista dalla Carta Geologica d'Italia, dal basso verso l'alto, è la seguente:

• <u>Argille di Montesecco</u> (Pliocene Superiore – Pleistocene Inferiore)

Argille marnose e siltoso-sabbiose di colore grigio-azzurro, di genesi marina. In superficie possono presentarsi alterate dagli agenti meteorici, di colore giallastro. Presentano intercalazioni sabbiose che procedendo verso l'alto diventano più frequenti, per poi passare alle sovrastanti Sabbie di Serracapriola. Possono assumere tipiche forme erosive a calanchi.



Da dati di perforazione si è ottenuto che lo spessore della formazione potrebbe essere dell'ordine di 500 metri nell'area di interesse. Nel territorio comunale di Serracapriola, tali argille affiorano diffusamente nei settori a Nord e ad Ovest ed in corrispondenza di alcuni corsi d'acqua.

• Sabbie di Serracapriola (Pliocene Superiore – Pleistocene Inferiore)

Dalle argille sottostanti si passa gradualmente a delle sabbie, più o meno cementate, a grana più o meno grossolana con lenti di conglomerati ed argille. Sono giallastre, quarzose, in grossi banchi ed a luoghi sono presenti intercalazioni di arenarie ben cementate o di argille biancastre o verdognole o di livelli conglomeratici. Poggiano in discordanza sulle Argille di Montesecco ed il limite è convenzionalmente posto alla base dei banchi di sabbia. La formazione ha spessore di circa 30 metri ed affiora diffusamente in corrispondenza del centro abitato di Serracapriola.

• Conglomerati di Campomarino (Pleistocene medio)

Ghiaie e conglomerati di facies marina al letto della formazione e continentale al top della stessa. Si compongono di lenti e letti di ghiaie, più o meno cementate, talvolta con livelli di conglomerati compatti, mentre a luoghi sono presenti sabbie a stratificazione incrociata ed intercalazioni di argille verdastre. I conglomerati presentano clasti arrotondati ed appiattiti. Il passaggio dalle Sabbie di Serracapriola ai Conglomerati di Campomarino è concordante e graduale, con cenni di discordanza solo nelle aree più pendenti interne. In prossimità della linea di costa lo spessore della formazione è di circa 20 metri. Questa formazione chiude la successione di facies marina ed in transizione si passa alla facies continentale-alluvionale. Si rileva nei settori nord-orientali del territorio comunale.

• Coperture Fluvio-Lacustri dei Pianalti e del Iº Ordine dei Terrazzi (Pleistocene Medio)

Depositi di origine continentale, composti da ghiaie poco cementate, livelli lentiformi di travertino, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi ricoperti in genere da 'terre nere' ad alto tenore humico. La genesi dei depositi è evidentemente fluviale e/o lacustre, con alternanza di facies fluviale, deltizia e lacustre. Il l° Ordine di Terrazzi affiora soprattutto nel settore orientale del territorio comunale, parallelamente al Fiume Fortore, a quote di circa 100 metri sul livello del mare.

• <u>Coperture Fluviali del II° Ordine dei Terrazzi</u> (Pleistocene Medio - Olocene)

Da un punto di vista litologico, i sedimenti di questo ordine di terrazzi sono molto simili a quelli dell'ordine precedente, ma sono posti a quote inferiori, generalmente al di sotto dei 100 metri sul livello del mare. La zona di affioramento è la medesima.

• <u>Alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III° Ordine dei Terrazzi</u> (Pleistocene Medio – Olocene)

Comprendono depositi più fini con prevalenza di sabbie e argille con rari livelli ghiaiosi. La zona di affioramento è sempre quella del settore orientale del territorio comunale, parallelamente al corso del Fiume Fortore.

• <u>Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV° Ordine dei Terrazzi</u> (Pleistocene Medio – Olocene)

In questo ordine di terrazzi si ritrovano limi, argille e sabbie provenienti dall'erosione dei sedimenti compresi nei precedenti ordini di terrazzi. Hanno potenza di oltre 10 metri e sono posti ad una quota di 10 metri sul livello del mare, gradualmente



degradante verso la linea di costa. Affiorano lungo il corso attuale e recente del fondovalle del Fiume Fortore. Localmente l'erosione operata da alcuni affluenti dello stesso fiume ha fatto affiorare i terreni sottostanti ascrivibili alle Sabbie di Serracapriola ed Argille di Montesecco.



Figura 5 - Stralcio carta geologica d'Italia - dettaglio dell'area di progetto (fonte: ISPRA)

La successione sopra esposta riprende il contesto generale caratterizzato da una fase di progressiva regressione marina, accompagnata da innalzamento tettonico, dimostrato dal fatto che i Conglomerati di Campomarino si rinvengono solo su alcuni alti topografici, a causa della loro erosione o mancata deposizione in aree a quote inferiori. Con la regressione marina si sviluppa il reticolo idrico superficiale, testimoniato dalla presenza di depositi fluviali o lacustri in larghi affioramenti, con i primi disposti su quattro ordini di terrazzi. Infine, sulla fascia costiera si ha la deposizione di depositi tipici di ambiente intermedio marino-continentale. Il modello geologico e geotecnico locale, ricavato a seguito delle indagini in situ e di laboratorio eseguite, è esplicitato nel relativo paragrafo della presente relazione.

2.2. Tettonica

Dal punto di vista tettonico, in superficie l'assetto è molto semplice, con i sedimenti che dolcemente immergono verso NE ed E. Nell'area di Avanfossa le deformazioni appaiono meno evidenti rispetto al settore di Avampaese, ma sono comunque definibili alcuni elementi strutturali caratteristici del settore settentrionale del Tavoliere di Puglia, dai dintorni di San Severo a Serracapriola.

L'area di Avanfossa registra la tettonica attiva nel Plio-Pleistocene. Come anticipato, l'intero Avampaese apulo è interessato da una marcata subsidenza, connessa alla subduzione appenninica, e da un sollevamento, tuttora attivo, interpretato come aggiustamento isostatico successivo all'orogenesi o come resistenza dello *slab* litosferico e *buckling* dell'avampaese. Infatti, nel periodo compreso tra il Pliocene inferiore-medio ed il Pleistocene inferiore, estese aree dell'Avampaese apulo subiscono una intensa subsidenza ed evolvono ad avanfossa, con la contemporanea sedimentazione della Calcarenite di Gravina e delle Argille Subappennine. In questa fase si sono sviluppate faglie dirette ad attività sinsedimentaria, a formare dei semigraben. Tale attività è testimoniata da un aumento di spessore dei sedimenti in corrispondenza delle faglie stesse. Dal Pleistocene medio, l'Avampaese apulo è soggetto ad intenso



sollevamento, testimoniato a livello regionale dai depositi regressivi della Fossa bradanica e dai depositi marini e continentali terrazzati, i quali segnano la graduale riemersione dell'area. Durante questa fase l'attività tettonica è difficilmente documentabile a causa della mancanza di affioramenti estesi di depositi medio e suprapleistocenici. Evidenze tettoniche indirette sono riferite all'evoluzione recente di alcune conoidi alluvionali.

Sulla base di dati di profondità, si ritiene che la riattivazione della Faglia di Mattinata, importante lineamento tettonico che attraversa l'intero Promontorio del Gargano da est ad ovest, durante il Pliocene superiore, unitamente ad altre strutture sepolte dalle coperture plio-pleistoceniche, avrebbe determinato la formazione del Bacino di Serracapriola e delle strutture ad esso associate, come la faglia di Apricena (Patacca e Scandone, 2004). Di seguito si riporta stralcio della Carta Geologico-Strutturale Tavola 1 allegata alla "Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. XCII", rappresentante nell'area di interesse i principali lineamenti tettonici.



Figura 6 - Stralcio carta morfologico-strutturale

Infine, dalla consultazione del Catalogo delle faglie capaci (ITHACA), l'area ad ovest del Fiume Fortore risulta attraversata da diverse faglie capaci, definite tali in quanto ritenute in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione o dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa. Nel dettaglio, le faglie più prossime alla zona interessata dal progetto del parco eolico sono la faglia normale di Apricena, lunga circa 26 km ed immergente a SW, per la quale è stata registrata una sismicità di tipo storico, e la faglia di Serracapriola, lunga circa 9 km, anch'essa normale e facente parte del medesimo sistema.





Figura 7 - Faglie capaci (Progetto ITHACA)

2.3. Geomorfologia

Il paesaggio del comune di Serracapriola è rappresentato dalla tipica conformazione di bassa collina che degrada dolcemente verso il mare, partendo dalla quota massima di 269 metri sul livello del mare nei pressi dell'alto morfologico su cui si trova il centro storico del paese. Come anticipato, da un punto di vista litologico nel territorio comunale affiorano terreni pelitici-argillosi e terreni sabbiosoconglomeratici, i quali danno vita rispettivamente a forme addolcite o ad importanti salti di pendenza, differenze morfologiche dovute alla diversa erodibilità dei materiali. L'aspetto morfologico probabilmente più presente nel territorio di Serracapriola è quello legato al fenomeno del terrazzamento dei depositi alluvionali: andando da quote maggiori verso quote minori si passa da terrazzi antichi, smussati ed erosi, a terrazzi di ordine maggiore, più recenti. I più antichi appaiono asimmetrici rispetto all'asse fluviale. Infine, i movimenti gravitativi sono limitati agli affioramenti argillosi.

Di seguito si riporta un estratto della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia – Foglio 382 "Serracapriola", redatto dall'Autorità di Bacino competente. Dall'analisi di tale carta risulta evidente come le forme più comuni siano rappresentate da corsi d'acqua episodici, aventi direzione di flusso da NW a SE, perpendicolarmente al corso del Fiume Fortore, e dalle relative ripe di erosione. Sono presenti anche assi di creste smussati, a conferma dell'andamento ondulato della topografia, tipico delle aree in esame.



REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO



Figura 8 – Estratto Carta Idrogeomorfologica Regione Puglia

Partendo dal modello digitale del terreno messo a disposizione dalla Regione Puglia sul sito del SIT regionale, è stato possibile ricavare mediante elaborazioni in ambiente GIS la carta topografica, riportante le curve di livello per ogni 5,0 metri di quota, e la carta clivometrica del sito di progetto, riportante la pendenza della superficie in percentuale. Dall'analisi dell'andamento delle curve di livello si evince che la topografia dell'area non mostra brusche variazioni, digradando in direzione ESE verso la valle del Fiume Fortore, con quote comprese tra 135 e 60 metri sul livello del mare. La mancanza di aree a forte pendenza in prossimità delle possibili aree di installazione delle torri eoliche è confermata dalla carta clivometrica: tutte le torri risultano posizionate in area con pendenza inferiore al 5%, mentre solo una rientra in aree con pendenza tra il 5 ed il 10%. Nella zona nord-occidentale del parco sono invece presenti aree circoscritte a maggiore pendenza, legata alla presenza di elementi idrografici.

esinèrgo

3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

3.1. Idrografia

Il settore di Tavoliere in cui ricade il comune di Serracapriola è interessato da affioramenti di terreni con diverse granulometrie, dai terreni argillosi a quelli sabbiosi e conglomeratici. Tali caratteristiche litologiche e granulometriche influiscono sulla permeabilità dei terreni: la densità di drenaggio è generalmente bassa in corrispondenza dei terreni argillosi e alta in presenza di depositi sabbiosi. I fiumi Saccione, ad Ovest, e Fortore, ad Est, sono i principali corsi d'acqua che incidono il territorio con andamento SW-NE subparallelo tra loro, con il centro abitato che sorge sullo spartiacque tra i due bacini imbriferi. Nei terreni argillosi l'andamento dei corsi d'acqua è di tipo dendritico, per diventare parallelo nei terreni sabbiosi ed infine meandriforme in prossimità della foce.

I corsi d'acqua secondari sono numerosi: hanno portata tipicamente stagionale e durante la stagione secca possono completamente prosciugarsi, per poi avere, invece, importanti portate idriche e solide durante la stagione piovosa.

Di seguito si riporta un estratto cartografico del Piano di Tutela della Acque della Regione Puglia, in cui è riportato il reticolo idrografico dell'area nord-occidentale del Tavoliere su ortofoto dell'area in esame. Si nota come l'idrografia di superficie sia piuttosto sviluppata, seppure la gran parte dei corsi d'acqua riportati abbia natura episodica.



Figura 9 – Estratto reticolo idrografico (Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia)

3.2. Idrogeologia

La particolare conformazione strutturale e stratigrafica del Tavoliere definisce tre unità acquifere principali, situate a differenti profondità (Maggiore et al., 1996):

• Acquifero fessurato-carsico profondo, costituito da calcari fratturati e carsificati del substrato pre-pliocenico dell'Avanfossa appenninica. Il corpo idrico è molto esteso ed è collegato lateralmente alle falde idriche del Gargano e delle Murge. La circolazione all'interno dell'acquifero è regolata soprattutto dagli elementi strutturali che determinano le direttrici di flusso



preferenziali. Fenomeno importante è quello dell'intrusione salina, la quale causa un forte aumento della salinità della falda all'aumentare della profondità del substrato carbonatico. Tale azione nella zona in esame è contrastata dallo spessore di terreni impermeabili dell'Avanfossa appenninica.

- Acquifero poroso profondo, rappresentato dagli interstrati di sabbie limose e subordinatamente di ghiaie, presenti a diverse altezze all'interno della successione argillosa plio-pleistocenica. La geometria di tale acquifero è poco nota, così come la sua distribuzione spaziale. Si hanno pochi dati anche circa le modalità di alimentazione e deflusso dell'acquifero e relativamente alla connessione idraulica tra i diversi livelli e le altre falde del Tavoliere. I livelli acquiferi sono costituiti da corpi discontinui di forma lenticolare, localizzati a profondità variabili tra i 150 m e i 500 m dal piano campagna ed il loro spessore non supera le poche decine di metri. La falda è ovunque in pressione e presenta quasi sempre caratteri di artesianità.
- Acquifero poroso superficiale, rinvenuto nei depositi quaternari che ricoprono con notevole continuità laterale la sottostante formazione delle Argille subappennine. Si evidenzia l'esistenza di una successione di terreni sabbioso-ghiaiosociottolosi, permeabili ed acquiferi, intercalati da livelli limo-argillosi, a luoghi sabbiosi, a minore permeabilità. I diversi livelli in cui l'acqua fluisce non costituiscono orizzonti separati ma idraulicamente interconnessi, dando luogo ad un unico sistema acquifero. Procedendo verso costa si fanno sempre più frequenti e di spessore maggiore le intercalazioni limososabbiose, che svolgono il ruolo di acquitardo. Ne risulta che l'acqua circola in condizioni freatiche nella fascia pedemontana ed in pressione nella zona medio-bassa.



Figura 10 - Sezione idrogeologica (Maggiore et al., 2004)

Per quanto concerne l'area del comune di Serracapriola, come è possibile evincere dalla precedente sezione idrogeologica, l'acquifero fessurato-carsico profondo risulta essere presente ad una profondità molto elevata, di circa 700 metri. Per la zona è stato definito il complesso idrogeologico sotterraneo alluvionale del Fortore, come indicato nella relativa cartografia del PTA della Puglia. Infine, per quanto concerne il livello piezometrico, secondo quanto riportato nel Piano Urbanistico Generale comunale, questo risulta attestarsi al di sopra del tetto della Argille di Montesecco, profondo da pochi metri fino a circa 20-30 metri dal piano campagna.

Rev 00



3.3. Rischio Idrogeologico

PROGETTO DEFINITIVO

A conclusione della trattazione delle tematiche geomorfologiche ed idrogeologiche, dall'analisi della cartografia riportata dal portale IdroGEO, messo a punto dall' ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e che include i dati cartografici delle singole Autorità di Bacino locali, per l'area in oggetto non risultano essere riportate problematiche di tipo idrogeologico, come testimoniato dalla seguente figura.



Figura 11 - Rischio idrogeologico (IdroGEO - ISPRA)



4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1. Indagini svolte

Nel mese di ottobre 2020 si è svolta presso l'area in esame la campagna di indagini geognostiche previste per la caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni di fondazione. Tutte le prove in situ sono state eseguite dalla società "GeoService – Servizi Geologici" di Lucera, nella persona del Dott. Geol. Stefano Finamore.

Le indagini svolte sono le seguenti:

- n.2 sondaggi geognostic a carotaggio continuo lunghi 28,50 metri (B1) e 15,00 metri (B2);
- n.4 prove di permeabilità Lefranc in foro;
- n.4 prove penetrometriche SPT in foro e n.3 penetrometriche DPSH fino ad una profondità di 10 metri dal piano campagna;
- n.3 prelievi di campioni indisturbati da sottoporre a test di laboratorio;
- n.2 tomografie elettriche;
- n.2 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), di cui una nei pressi della stazione SSE.

4.2. Sondaggi geognostici e piezometri

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti a rotazione con carotaggio integrale del terreno, secondo le modalità previste dalle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" AGI del 1977. Le percentuali di recupero sono state sempre superiori al 90%. La perforazione, realizzata mediante sonda cingolata CASAGRANDE C6, è stata a secco ed è stata seguita dal rivestimento provvisorio del foro del diametro di 127 mm fino a 13 metri di profondità per entrambe le perforazioni. Di seguito si riporta planimetria delle posizioni di perforazione.



Figura 12 – Posizioni di realizzazione dei sondaggi geognostici

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO



Sondaggio B1

Il sondaggio B1 è stato eseguito nei pressi della posizione prevista per la torre S1 fino ad una profondità di 28,50 metri dal piano campagna ed all'interno del foro sono state eseguite n.2 prove penetrometriche SPT alle profondità di 9,50 m e 18,50 m dal piano campagna, e n.2 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile alle profondità di fondo foro di 8,00 m e 15,00 m. Di seguito si riportano la scheda stratigrafica riassuntiva e le foto delle carote estratte, opportunamente conservate in apposite cassette catalogatrici in PVC.

0	Comn	ittente	Repo	ower f	Renew	able S.p.a.				sc	NDAGO	IO FOGLIO	
0	Cantie	re	Prog	etto D	Definitiv	vo P.E. Serracapriola					S 1		
1	.ocali	tà	Serra	acapri									
Data Inizio		30/10	0/202	0	Data Fine	30/10	/2020	() 	Do	Il geologo Dott. S. Finamore			
	Scala 1:150	Potenza	Profondita"	Falda	Stratigrafia	Descrizione	Piezometro	Rivestimento	Campioni	N° colpi SPT	Prof. SPT	Carotaggio	
	1	0.90	0.90		U.P.	Rilevato stradale, di natura sabbioso ciottolosa avano giallastro.						20 40 60 80	
-	2	1.70	2.60			Terreno Vegetale, di colore grigio ne- rastro, di natura limoso argillosa,							
	4 5		2.00			plastico e compressibile. Limo argilloso, debolmente sabbioso, di colore avano giallastro, con venatu- re grigiastre, talora con livelletti più	1						
	6 7	6.00				sabbiosi giallastri, nella parte alta pre- senza di flocculi farinosi biancastri di alterazione, mediamente plastico e consistente.		13.000	6.00 S1 C1 6.50				
	8												
	9		8.60		7.2	Limo argilloso sabbioso, marnoso. di	-						
	10					colore grigio azzurro, con venature e li- velletti sabbiosi, consistente				13 19	9.50		
	11												
	12												
	13								-				
	14								14.00				
	15								S1 C2 14.50				
	16												
	17												
	18	₽											
	19	19,								11 16	18.50		
	20												
	21												
	22												
	23												
	24												
	25												
	26				There are								
	27												
	2.8		28.00										
	29	0.50	28.50			Sabbia media e grossa, marnosa, di colore grigio azzurra.	1						
	30					/ /	1						

Figura 13 – Sondaggio geognostico S1 – Stratigrafia

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI"

SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO



Sondaggio Geognostico S 1



S1 20.00-25.00 m

S1 25.00-28.510 m





Al fine di determinare le caratteristiche dei terreni, sono stati prelevati n.2 campioni:

- Campione S1-C1: limo argilloso debolmente sabbioso alla profondità 6.00-6.50 m dal piano campagna;
- Campione S1-C2: limo argilloso sabbioso, marnoso alla profondità di 14.00-14.50 m dal piano campagna.

Sondaggio B2

Il sondaggio S2 è stato eseguito nei pressi della prevista posizione della torre S9 fino ad una profondità di 15,00 metri dal piano campagna ed all'interno del foro sono state eseguite n.2 prove penetrometriche SPT alle profondità di 6,50 m e 12,30 m dal piano campagna, e n.2 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile alle profondità di fondo foro di 5,00 m e 10,50 m. Durante la perforazione si è rinvenuta la falda ad una profondità di 12.30 metri dal piano campagna. Al fine di monitorare l'andamento del livello della falda nei mesi a seguire l'esecuzione del sondaggio, per l'intera lunghezza dello stesso è stato installato un piezometro a tubo aperto, con chiusino e lucchetto in superficie. Di seguito si riportano la scheda stratigrafica riassuntiva e le foto delle carote estratte, opportunamente conservate in apposite cassette catalogatrici in PVC.

Commttente Cantiere Località Data Inizio		Den	alle P	Gelst	a B E. Semesentiala				-		~~	
		Prog	etto D	elinitiv	o P.E. Serracapriola				_		S2	
		29/10/2020 Deta Fine 29/10/2020									II geologo Dott. S. Finamor	
Scala 1:75	Potenza	Profondita ⁺	Falda	Stratigrafia	Descrizione	Piezometro	Rivestimento	Camninni		N° colpi SPT	Prof. SPT	Carotaggio
1	1.50	150			Terreno Vegatale, di colcre grigio ne- rastro, di natura limoso argillosa.							1 40 60 60
2	1.00	2.50			Limo argilloso, debolmente sabbioso, di colore avano giallastro scuro, talora con livelletti più sabbiosi e di microghiaietto, da poco plasico a							
3					consistente. Limo argilloso, di colore avano scuro marroncino, verso il bassso di colore grigio verdastro, con inclusicne di							
5	3.20				microghlaetto in dispersione, consistente.			4.3 52 4.7	10 C1 '0			
6	2.10	5.70			Limo argilloso, debolmente sabbioso, di colore grigio verdino, talora con ve- nature più sabbiose giallo rossastre, poco plasticc e consistente.		13.000			9 1 <u>4</u>	6.50	
8		7.80			Sabbia modio o fini, di coloro avano							
9				100000	giallo rossastro, talora grigiastre, con intercalazione di livelli prevalente- mente limoso sabbiose fini di colore grigio verdino, e livelli con ciottoli arro-							
10	4.80			(9)(4)(4) (4)(4)(4)	concati di medie dimensioni.							
11			12.20	9051905								
13	0.40	12.60 13.00	=	100	Limo argilloso, , di colore verdino gri- giastro, con venature sabbiose giallo /			_		99	12.30	
14	2.00				Limo argilloso sabbioso, marnoso, di colore grigic azzurro, con venature sabbiose di colore giallo rossastre nel-							

Figura 15 – Sondaggio geognostico S2 – Stratigrafia



Sondaggio Geognostico S 2



S2 5.00-10.00 m



S2 10.00-15.00 m Figura 16 – Sondaggio geognostico S2 – Foto cassette catalogatrici

Al fine di determinare le caratteristiche dei terreni, è stato prelevato n.1 campione:

• Campione S2-C1: limo argilloso alla profondità 4.30-4.70 m dal piano campagna.

4.3. Prove penetrometriche dinamiche

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni si sono svolte due tipologie di prove penetrometriche dinamiche in situ, sia mediante prove Standard Penetration Test in foro, sia realizzando sondaggi penetrometrici Dynamic Probing Super Heavy.

4.3.1. Prove penetrometriche dinamiche SPT

Le prove penetrometriche dinamiche SPT sono state eseguite secondo standard ASTM a diverse profondità. Con questo tipo di prova in foro si ha l'obiettivo di determinare la resistenza che il terreno oppone alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso nel



terreno a partire dal fondo del foro di sondaggio. La resistenza è funzione delle caratteristiche geomeccaniche e litologiche del terreno.

La prova è consistita nel far cadere un maglio di 63,5 kg da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissa alla sommità di una batteria di aste, alla cui estremità è avvitato il campionatore di dimensioni standardizzate (diametro punta da 51 mm, angolo punta di 60°, area della base della punta conica di 20.43 cm²). Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione del campionatore pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi-statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice di resistenza alla penetrazione (Nspt). Prima dell'esecuzione di ogni singola prova, dal fondo del foro di sondaggio vengono eliminati eventuali sedimenti che potrebbero inficiare l'esito della prova.

Per calcolare il valore di resistenza r_d , si usa la seguente formula:

$$r_d = \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e}$$

dove M è la massa del maglio, g è l'accelerazione gravitazionale, H l'altezza di caduta, A è l'area della sezione trasversale della base della punta conica ed e è la penetrazione media per colpo.

Il numero di colpi registrato affinché si verificasse l'infissione nel terreno del campionatore per 30 cm necessita di alcune normalizzazioni come di seguito esposto.

Normalizzazione rispetto alla pressione del terreno

La resistenza alla penetrazione aumenta in modo lineare con la profondità, dunque, ammettendo che la densità relativa sia costante, all'aumentare della tensione verticale efficace si deve operare una correzione, riportando i valori di N relativi al numero dei colpi, ad una pressione verticale efficace di 1 kg/cm²:

$$N_1 = C_N \cdot N$$

con *N* numero di colpi misurati, N_1 rispettivo valore riferito ad una tensione verticale efficace, $C_N = 1/\sigma'_{\nu 0}{}^{(n)}$, dove *n* è pari a 0.5 (Liao e Whitman, 1985).

Si può utilizzare anche la relazione di Skempton (1986), la quale enfatizza meno i valori di C_N per bassi valori di pressione efficace:

$$C_N = rac{2}{1 + \sigma_{vo}'/100}$$
 per sabbie fini;
 $C_N = rac{3}{2 + \sigma_{vo}'/100}$ per sabbie grossolane;

Normalizzazione rispetto al dispositivo di battitura

Normalmente il rendimento dei dispositivi utilizzati per le prove SPT è pari al 60% dell'energia cinetica nominale (473.4 Joule) della massa di un maglio di 63.5 kg che cade da un'altezza di 760 mm. Nel caso delle prove penetrometriche in oggetto, il rendimento raggiunge valori pari all'80% e quindi si rende indispensabile effettuare una correzione secondo la relazione:

$$N_{60} = \frac{ER_{iM}}{60} \cdot N$$

dove *N*₆₀ è il numero di colpi corretto per riferirlo ad un rendimento del 60%, ed *ER*_{IM} è il rendimento espresso in percentuale.

Normalizzazione rispetto alla lunghezza delle aste



Una possibile causa di dispersione dell'energia può essere legata alla lunghezza delle aste: se questa è superiore ai 10 metri, non si deve applicare alcuna correzione, mentre se la lunghezza è inferiore ai 10 metri, per la sabbia si possono applicare le seguenti correzioni:

Lunghezza aste	>10	6 – 10	4 - 6	3 – 4
Fattore di correzione λ	1.0	0.95	0.85	0.75

Effettuate le normalizzazioni di cui sopra è possibile ricavare i seguenti parametri geotecnici per gli strati interessati dalle prove, sfruttando le numerose correlazioni presenti in letteratura.

<u>Densità relativa (DR)</u>

Ottenuto il valore normalizzato di NSPT è possibile ricavare il valore della densità relativa servendosi della correlazione proposta da Terzaghi e Peck (1948) e da Skempton (1986):

 $(N_1)_{60}/D_r^2 = 60$ per Dr > 35%

Angolo di attrito efficace (q')

Utilizzando il grafico proposto da De Mello (1971), è possibile definire l'angolo di attrito efficace φ ' in relazione al valore di NSPT ed allo sforzo verticale efficace. Tale relazione è valida per sabbie moderatamente compressibili, quarzose, non cementate. Si noti, comunque, che per valori di pressione efficace inferiori a 10 kPa, l'angolo di attrito risulta sopravvalutato, così come per $\varphi'>38^\circ$.



Figura 17 - Correlazione di De Mello (1971)

Di seguito si propone un'ulteriore correlazione (Mitchell 1978) che mette in relazione il valore di N con l'angolo di resistenza al taglio, tenendo conto delle tensioni verticali efficaci.





Figura 18 - Correlazione di Mitchell (1978)

Nel determinare l'angolo di resistenza al taglio, è importante tenere in considerazione i caratteri di deformabilità dei terreni a grana grossa. La resistenza al taglio dei terreni grossolani dipende dall'angolo a volume costante Φ'_{cv} , che è l'angolo di attrito con densità relativa praticamente nulla, dalla componente dovuta al contributo della dilatanza ($\Phi'-\Phi_{CV}$), funzione del mutuo incastro delle particelle e legato direttamente alla densità relativa, dal livello tensionale e dalla cementazione. Il diagramma di Bolton (1986) mostra il legame esistente tra la densità relativa e la componente dilatante dell'angolo di resistenza al taglio; è valido, in particolare, per sabbie quarzose non cementate e recenti, con valori di angolo di resistenza al taglio ricavati in condizioni triassiali e in condizioni di deformazione piana, questi ultimi utilizzati per la maggior parte dei problemi pratici di progettazione.



Figura 19 – Correlazione di Bolton (1986)

In definitiva, una volta calcolato il valore della densità relativa, per stimare l'angolo di resistenza al taglio dei terreni si è utilizzata la correlazione proposta da Schmertmann (1977), per diverse granulometrie.



PROGETTO DEFINITIVO

$\phi'(^{\circ}) = 28 + 0.14 \cdot D_{R}$	Sabbia fine uniforme
$\phi'(^{\circ}) = 31,5 + 0,115 \cdot D_{R}$	Sabbia media uniforme e sabbia fine ben gradata
$\phi'(^{\circ}) = 34,5 + 0,10 \cdot D_{R}$	Sabbia grossa uniforme e sabbia media ben gradata
$\phi'(^{\circ}) = 38 + 0.08 \cdot D_{R}$	Ghiaia media e fine e sabbia e ghiaia poco limosa

Figura 20 - Correlazione di Schmertmann (1977)



Figura 21 – Stima di ¢' da DR per differenti granulometrie secondo Schmertmann (1977)

Di seguito si riporta un sommario delle prove penetrometriche dinamiche SPT realizzate in foro, mentre per i parametri geotecnici ottenuti si rimanda al modello geotecnico, definito nel relativo capitolo della presente relazione.

Sondaggio B1:

SPT1/1

Profondità: 9,50 – 9,95 m da piano campagna

Numero colpi: 10/13/15

SPT1/2

Profondità: 18,50 – 18,95 m da piano campagna Numero colpi: 8/11/16

Sondaggio B2:

SPT2/1

Profondità: 6,50 – 6,95 m da piano campagna Numero colpi: 4/9/12

sinèrgo

SPT2/2

PROGETTO DEFINITIVO

Profondità: 18,50 – 18,95 m da piano campagna Numero colpi: rifiuto per presenza di trovante di grandi dimensioni

4.3.2. Sondaggi penetrometrici DPSH

I sondaggi penetrometrici Dynamic Probing Super Heavy DPSH rappresentano dei sistemi di indagine molto rapidi ed utili, seppure forniscano informazioni solo puntuali circa il sottosuolo. La prova ha svolgimento analogo a quanto descritto per le prove SPT e consiste nell'infissione nel terreno di una punta metallica conica, avente caratteristiche standardizzate, quali superficie di 20 cm², angolo di 90°, mediante la caduta di un maglio dal peso di 63,5 kg da una altezza fissa di 750 mm. Si registra, quindi, il numero di colpi necessario ad infiggere la punta per 20 cm.

Di seguito si riportano la planimetria dei punti di indagine ed i risultati delle prove DPSH eseguite.



Figura 22 - Posizioni di realizzazione delle prove penetrometriche pesanti DPSH

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO





Figura 23 – Risultati prova penetrometrica DPSH n.1

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO





Figura 24 – Risultati prova penetrometrica DPSH n.2

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 3 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy) DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd



Figura 25 - Risultati prova penetrometrica DPSH n.3

Per l'interpretazione della prova DPSH vi sono due possibilità. Un primo metodo prevede di mettere in relazione il numero di colpi della prova non standard (N_{DP}) con il relativo numero di colpi per prova penetrometrica standard (N_{SPT}) secondo la seguente formulazione di LaCroix e Horn (1973), la quale permette di considerare le diverse energie prodotte da ogni sistema di prova anche in virtù del tipo di attrezzatura utilizzata:

$$N_{SPT} = \left(\frac{W \cdot H}{6.2 \cdot D^2 \cdot L}\right) N$$

con W il peso del maglio in kg, H l'altezza di caduta in cm, D il diametro del cono in cm², L la penetrazione standard in cm, N il numero di colpi misurato nella prova non standard.

Un secondo metodo prevede che, calcolando dalla prova DP la resistenza dinamica r_d o q_d , si possa risalire alla resistenza statica alla punta $q_c(eq)$, propria della prova penetrometrica statica CPT, in modo da poter applicare le relative correlazioni.



$q_c(eq) = \propto r_d$

Dunque, dagli istogrammi affondamento punta/numero di colpi si risale alla litologia, mentre utilizzando il peso del maglio e l'altezza di caduta, mediante *Formula degli Olandesi*, si ricava la resistenza statica dinamica alla punta Rd:

Resistenza dinamica alla punta (per prove eseguite con rivestimento):

Resistenza dinamica alla punta (per prove eseguite senza rivestimento):

$$r_{d} = \frac{M \cdot H}{e \cdot A}$$
$$q_{d} = \frac{M^{2} \cdot H}{(e \cdot A)(M + Q)}$$

dove *M* è il peso del maglio in kg, *H* l'altezza di caduta in cm, *A* l'area della base del cono in cm², *Q* il peso totale della testa di battuta e della batteria di aste in kg, *e* la penetrazione standard in cm.

Il valore del coefficiente α , invece, dipende dalla litologia attraversata, secondo la classificazione USCS.

Una volta ricavato mediante correlazioni il valore della resistenza statica alla punta $q_c(eq)$, propria della prova CPT, è possibile caratterizzare gli strati identificati mediante i seguenti parametri e le relative formulazioni.

<u>Modulo di Poisson</u>

Il modulo di Poisson è l'unico parametro geotecnico non calcolato partendo dalla resistenza alla punta registrata durante la prova penetrometrica. Infatti, esso è stato ottenuto mediante prove geofisiche MASW, per i risultati delle quali si rimanda agli allegati della relazione geologica.

<u>Modulo elastico</u>

Il modulo elastico è stato calcolato mediante la formula di Schmertmann, ponendo α pari a 2,5:

 $E = \alpha q_c$

Come si nota, tale formulazione del modulo elastico mette in diretta correlazione il modulo di Young con la resistenza alla punta misurata in situ.

Modulo elastico non drenato

Per il calcolo del modulo elastico non drenato vi è una prima possibilità che permette di calcolarlo mediante la correlazione di Stroud (1989), valida per tutti i tipi di suolo, in funzione del numero di colpi N_{spt}:

$$E_u = (6,3/10,4) \cdot N_{spt}$$

Un'altra possibilità prevede di calcolare il modulo elastico non drenato partendo dal modulo elastico E e conoscendo il modulo di Poisson del suolo:

$$E_u = \frac{3 \cdot E'}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

Modulo edometrico

Per il calcolo del modulo edometrico si è utilizzata la formulazione di Mitchell e Gardner, con le pressioni misurate in kg/m²:

 $M = \alpha q_c$

con α = 5 se $q_c < 7.1371$, α = 3,5 se 7.1371 $\leq q_c \leq 20.394$ e α = 1,7 per $q_c \geq 20.394$.

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO



Un'altra possibilità è quella di calcolare il modulo edometrico partendo dal modulo elastico di Young e conoscendo il modulo di Poisson del singolo strato, come di seguito riportato.

$$M = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

con E modulo elastico e ν modulo di Poisson.

Modulo di taglio

Il modulo di taglio è stato calcolato secondo la teoria dell'elasticità. In questo modo si può ricavare il modulo di taglio considerando il modulo elastico E ed il coefficiente di Poisson v, secondo la seguente formula:

 $G = E/2(1-\nu)$

Coesione non drenata

Per il calcolo della coesione non drenata la resistenza alla punta q_c deve essere corretta per tener conto della pressione interstiziale dell'acqua u_2 . Inoltre, si deve considerare anche il rapporto *a* fra l'area della parte di cono che agisce direttamente sulla cella di carico e l'area della proiezione inferiore del cono ($a = A_n/A_c$), ed il fattore di cono Nk, considerato pari a 14:

$$C_u = \frac{q_t - q_c}{N_k}$$

con $q_t = q_c + (1 - a)u_2$

Angolo fi resistenza al taglio

Per la stima dell'angolo di resistenza al taglio di picco si sono utilizzate quattro diverse teorie, qui esplicitate.

Durgunoglu e Mitchell

 $\phi' = 14.4 + 4.8 * \ln q_c - 4.5 * \ln \sigma'_{v}$

<u>Caquot</u>

 $\phi' = 9.8 + 4.96 * \ln\left(\frac{q_c}{\sigma'_v}\right)$

<u>Koppejan</u>

$$\phi' = 5.8 + 5.21 * \ln\left(\frac{q_c}{\sigma'_v}\right)$$

<u>De Beer</u>

$$\phi' = 5.9 + 4.76 * \ln\left(\frac{q_c}{\sigma'_v}\right)$$

dove q_c rappresenta il valore di resistenza alla punta misurato ad una data profondità durante l'esecuzione delle prove penetrometriche, mentre σ'_v è la tensione efficace alla stessa profondità.



Una volta calcolato l'angolo di resistenza al taglio con le quattro formulazioni, per la definizione della capacità portante si è scelto il valore minimo tra quelli ottenuti, in modo da considerare il valore più cautelativo.

4.4. Prove geotecniche di laboratorio

Durante le operazioni di realizzazione dei sondaggi geognostici sono stati prelevati n.3 campioni indisturbati, due dal sondaggio B1, alle profondità di 6,00-6,50 e 14,00-14,50 metri dal piano campagna, ed un dal sondaggio B2 ad una profondità di 4,30-4,70 metri dal piano campagna. Le prove di laboratorio sono state eseguite da "Soil Project s.a.s." sita in Calvi in provincia di Benevento. Di seguito si riepilogano le prove eseguite per ogni campione prelevato:

- Campione C1 Sondaggio B1
 - Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione;
 - o Definizione caratteristiche fisico-volumetriche;
 - o Definizione dei Limiti di Atterberg;
 - Prova di taglio diretto;
 - o Taglio residuo;
 - Prova di compressione a espansione laterale libera.
- Campione C2 Sondaggio B1
 - Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione;
 - o Definizione caratteristiche fisico-volumetriche;
 - Definizione dei Limiti di Atterberg;
 - Prova di taglio diretto;
 - o Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata.
- Campione C1 Sondaggio B2
 - Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione;
 - o Definizione caratteristiche fisico-volumetriche;
 - Definizione dei Limiti di Atterberg;
 - Prova di taglio diretto;
 - Prova di compressione a espansione laterale libera.

I risultati delle prove di laboratorio eseguite, allegati alla presente relazione, sono stati utilizzati per la definizione del modello geotecnico di riferimento. Di seguito si riporta un sommario dei suddetti risultati.

Campione	Peso di volume (kN/m³)	Peso specifico grani (kN/m³)	Contenuto d'acqua		Analisi gran	ulometrich	e	Lim	iti di Atterl	berg	Taglio	diretto	Compressione a espansione latrale libera	Taglio	residuo	Triassiale UU
		(((()))))	(,0)	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	C' (kN/m²)	φ' (°)	Cu (kPa)	C' (kN/m²)	φ' (°)	Cu (kN/m²)
C1-B1	20,48	26,30	20,33	4	14	64	18	44	24	20	25,25	26,47	210,06	6,04	11,41	-
C2-B1	20,93	26,43	17,47	0	0	29	71	54	19	35	29,96	20,54	-	-	-	226,00
C1-B2	19,12	26,33	28,76	0	3	54	43	44	15	29	26,30	23,88	190,51	-	-	-

Figura 26 – Sommario risultati prove di laboratorio



4.5. MASW

Ai fini della determinazione della categoria di suolo, in ottemperanza delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, sono state svolte n.2 indagini geofisiche per la definizione delle caratteristiche sismo-stratigrafiche dei terreni. Mediante un profilo di sismica a rifrazione con tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), si è proceduto quindi a ricavare il parametro VS equivalente (Vs_{eq}) sia nell'area del parco eolico a Serracapriola che nella zona della futura sottostazione, nel territorio comunale di Rotello (CB). La procedura MASW rappresenta un sistema d'indagine indiretta, non invasiva, del sottosuolo. Essa si basa sulla determinazione delle onde di superficie mediante un profilo sismico: sul terreno vengono disposti dei geofoni ad intervallo costante, collegati ad un sismografo, i quali registrano l'impulso causato da una vibrazione generata artificialmente. Il contributo maggiore è dato dalle onde di Rayleigh, la cui velocità di trasmissione è legata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato come qualsiasi sottosuolo investigato, si verifica la dispersione, secondo cui le onde con diversa lunghezza d'onda si propagano con diverse velocità di fase e di gruppo.

L'elaborazione dei dati acquisiti mediante MASW si riconduce a quattro fasi:

- trasformazione delle serie temporali registrate nel dominio frequenza (f) numero d'onda (k), mediante trasformata di Fourier;
- individuazione delle coppie f-k cui corrispondono i massimi spettrali di energia, in modo da risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh;
- calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs, andando a modificare opportunamente i valori di spessore, densità di massa e velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp degli strati costituenti il sottosuolo investigato;

• modifica della curva teorica fino al raggiungimento del fit ottimale tra la curva di dispersione teorica e quella sperimentale. La MASW è stata realizzata utilizzando 24 geofoni con frequenza propria di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2.0 metri, definendo uno stendimento di 46 metri. Di seguito si riportano la planimetria delle indagini MASW eseguite ed i risultati ottenuti.

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO



MASW 1 – Parco Eolico Serracapriola



Figura 27 – Posizione MASW1 PE Serracapriola



Figura 28 – MASW1 PE Serracapriola: profilo di velocità delle onde S

I parametri dinamici del terreno ed il modello di velocità delle onde S per il sito in esame sono i seguenti:


STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO

Strato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Vp stimata (m/s)	Stima densità (gr/cm3)	Stima mod. Poisson (-)	Stima modulo taglio (MPa)	Stima modulo compressione (MPa)	Stima modulo Young (MPa)	Stima modulo Lamè (MPa)
1	227	4,5	506	1,89	0,37	97	354	268	289
2	251	12,5	554	1,91	0,37	120	426	330	346
3	424	16,2	1186	2,10	0,43	377	2445	1075	2194
4	600	Inf.	1641	2,17	0,42	783	4811	2227	4289

Figura 29 – MASW1 PE Serracapriola: parametri dinamici del terreno

Strato	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	506	227	4,5
2	554	251	12,5
3	1186	424	16,2
4	1641	600	Inf.

Figura 30 – MASW1 PE Serracapriola: modello di velocità delle onde S

Alla luce dei risultati sopra esposti e di quanto definito nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17/01/18), per il sito ricadente all'interno dell'area del parco eolico si ha la seguente classificazione:

$V_{\text{s,eq}}=299~\text{m/s}$

Categoria di sottosuolo: C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori della velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."

Categoria topografia: T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤15°"

MASW 2 - SSE Rotello



Figura 31 - Posizione MASW2 SSE Rotello

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO





Figura 32 – MASW2 SSE Rotello: profilo di velocità delle onde S

I parametri dinamici del terreno ed il modello di velocità delle onde S per il sito in esame sono i seguenti:

Strato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Vp stimata (m/s)	Stima densità (gr/cm3)	Stima mod. Poisson (-)	Stima modulo taglio (MPa)	Stima modulo compressione (MPa)	Stima modulo Young (MPa)	Stima modulo Lamè (MPa)
1	351	5,7	757	1,99	0,36	245	812	667	649
2	289	16,3	641	1,95	0,37	163	583	446	475
3	469	13,3	1039	2,06	0,37	454	1622	1245	1320
4	646	Inf.	1738	2,19	0,42	913	5392	2593	4784

Figura 33 - MASW2 SSE Rotello: parametri dinamici del terreno

Strato	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	757	351	5,7
2	641	289	16,3
3	1039	469	13,3
4	1738	646	Inf.

Figura 34 - MASW2 SSE Rotello: modello di velocità delle onde S

$V_{s,eq} = 335 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori della velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."

Categoria topografia: T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤15°"



4.6. Tomografie elettriche

Dopo una prima campagna di ricognizione geologica in sito si sono notate le evidenze di piccoli smottamenti del terreno lungo il vialetto di campagna sito nelle vicinanze della torre S1, all'estremità settentrionale del parco eolico. Per investigare tale fenomeno in maggiore dettaglio, in modo da scongiurare l'eventuale presenza di superfici di scivolamento nel sottosuolo, si è deciso di realizzare n.2 tomografie geoelettriche nell'area, come di seguito rappresentato (in verde la tomografia elettrica n.1, in arancione la tomografia elettrica n.2).



Figura 35 – Planimetria tomografie elettriche realizzate

Il metodo geoelettrico prevede l'energizzazione del terreno con corrente continua o alternata ed una misura diretta sulla superficie del suolo della differenza di potenziale. Il sottosuolo non è omogeneo ed isotropo, quindi quello che si ottiene è un modello di resistività apparente del sottosuolo, definita come la resistività di un semispazio elettricamente omogeneo ed isotropo che presenti gli stessi rapporti misurati tra la corrente applicata e la differenza di potenziale per una data disposizione e spaziatura degli elettrodi. Dal modello di resistività apparente si ottiene, per inversione, il modello di resistività reale.

Per la realizzazione delle misure si utilizzano degli elettrodi conduttivi (convenzionalmente A e B), energizzanti, che permettono l'immissione nel terreno della corrente elettrica, ed a distanza nota, degli elettrodi di misura (convenzionalmente M ed N): tale configurazione è detta quadripolo. REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO





Figura 36 - Schema tipo prospezione geoelettrica

Le cariche nel passare da A a B percorrono linee di corrente a profondità diverse, e maggiore è la distanza tra i due elettrodi di corrente, maggiore è la diffusione nel terreno, e minore la differenza di potenziale registrata in superficie agli elettrodi di potenziale. Allargando dopo ogni misura i quattro elettrodi, ma mantenendo invariato il centro del quadripolo, si ottiene un sondaggio elettrico verticale (SEV), mentre per ottenere un profilo di resistività è necessario spostare i quattro elettrodi lungo un allineamento orizzontale, mantenendo così costante la profondità di indagine. Avendo realizzato in superficie uno stendimento di numerosi elettrodi è possibile, variando ripetutamente la scelta degli elettrodi di corrente e di quelli di potenziale, ottenere una pseudosezione, nonché una sezione 2D di resistività apparente. Mediante processi di inversione è possibile ottenere un modello 2D di resistività del sottosuolo, chiamato tomografia elettrica.

La resistività elettrica fornisce numerose informazioni circa lo stato delle rocce o terreni nel sottosuolo, ma va ricordato che come per tutti i metodi geofisici, non è possibile effettuare una ricostruzione univoca del sottosuolo. Infatti, la resistività dipende da numerosi fattori quali porosità, presenza di fluidi, composizione mineralogica, grado di fratturazione, grado di saturazione ed eventuale presenza di sostanze organiche, dunque si ha una grande variabilità anche all'interno della stessa litologia. Generalmente i sedimenti non consolidati hanno resistività inferiore rispetto alle circostanti rocce sedimentarie, ed i terreni argillosi hanno minore resistività di quelli sabbiosi.



Figura 37 – Tipici intervalli di resistività per litologia

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO



Le prospezioni geoelettriche realizzate hanno visto l'utilizzo di apparecchiature a corrente alternata a bassa frequenza (60-120 Hz), eliminando così la necessità di utilizzare elettrodi non polarizzabili. Tale corrente alternata viene accoppiata in modo capacitivo nel terreno ad una frequenza specifica (16.5 Hz) da un voltaggio alternato applicato dal trasmettitore: la misura viene effettuata sul risultante voltaggio accoppiato al ricevitore, il quale sarà proporzionale alla resistività del terreno che separa i due dipoli ed alla corrente emessa dal trasmettitore. Il trasmettitore ed il ricevitore sono disposti secondo la configurazione dipolo-dipolo, in cui entrambi sono posizionati lungo un allineamento e separati da interi o frazioni della lunghezza del dipolo stesso

Lo strumento utilizzato, sfruttando il metodo dipolo-dipolo, non utilizza picchetti metallici, acquisisce in continuo e permette di ottenere sezioni ad alta risoluzione sino a circa 30 metri di profondità. Per ottenere una ricostruzione tomografica della sezione verticale del profilo del terreno, tramite elaborazioni agli elementi finiti (FEM), si è effettuata in sito una tomografia geoelettrica capacitiva con il metodo move-out in array dipolo-dipolo, come spiegato dalla seguente figura.



Figura 38 – Configurazione tomografia geoelettrica

All'interno dell'area del parco eolico di Serracapriola si sono osservati piccoli fenomeni di dissesto nell'area a nord della torre eolica S1. Per tale ragione, si è deciso di investigare la zona mediante n.2 tomografie geoelettriche:

- Tomografia geoelettrica n1: realizzata sull'area in dissesto, perpendicolarmente alla linea di massima pendenza del pendio;
- Tomografia geoelettrica n.2: realizzata sull'area in dissesto, lungo la linea di massima pendenza del pendio, partendo approssimativamente dall'area in cui è prevista la realizzazione della torre S1.

Di seguito si riportano i modelli di resistività ottenuti dai dati misurati in sito, mediante utilizzo del software Res2DInv. Per i dettagli relativi alle indagini ed ai risultati si rimanda agli allegati.





REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO





Figura 40 – Modello 2D di resistività (Tomografia geoelettrica n.2)

Visti i risultati sopra rappresentati, si è confermata la natura strettamente superficiale del disturbo, probabilmente legato ad una compattazione del terreno o ad un effetto causato dalle acque di circolazione nel primo strato di sottosuolo e superficiale, ritenuta disordinata a causa di una mancanza di canalizzazione delle stesse. Tale situazione ha fatto sì che le acque, scorrendo in superficie ed infiltrandosi, abbiano causato una compattazione del materiale limoso ed argilloso (caratterizzato come "argille inorganiche a media plasticità" dalla carta di plasticità di Casagrande, come riportato nell'allegato relativo alle prove di laboratorio). Tale situazione è stata appesantita anche dalla presenza di un tratturo abbastanza trafficato, il cui basamento è stato realizzato direttamente sul terreno. Dunque, alla luce di quanto esposto, si ritiene che il fenomeno sia circoscritto e non rappresenti pericolo alcuno per il progetto.



5. MODELLO GEOLOGICO

Data l'estensione areale del parco eolico, sono stati eseguiti n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, uno ricadente nell'area settentrionale del parco, alle quote topografiche maggiori, ed uno nella zona meridionale, alle minori quote. Partendo dai risultati dei suddetti sondaggi geognostici si sono definiti rispettivamente due diversi modelli geologici, nei quali l'assetto litostratigrafico è stato definito anche col supporto dei risultati ottenuti dalle prove penetrometriche DPSH eseguite.

Come si ha modo di osservare, entrambi i modelli presentano dei limi argillosi a vario contenuto di componente sabbiosa e di strati o livelli di sabbie medie e fini a diverse profondità.

Nello specifico, si riportano le stratigrafie ricavate, con indicazione dei diversi litotipi e relative profondità.

Profondità (m)		Spessore (m)	Descrizione
0,0 0,9 0,9		0,9	Rilevato stradale
0,9	2,6	1,7	Terreno vegetale
2,6	2,6 8,6 6		Limo argilloso debolmente sabbioso
8,6	28,5	19,9	Limo argilloso sabbioso
28,5	30,0	1,5	Sabbie medie e fini

Figura 41 – Profilo litostratigrafico sondaggio S1

Profondità (m)		Spessore (m)	Descrizione
0,0	1,5	1,5	Terreno vegetale
1,5	2,5	1	Limo argilloso debolmente sabbioso
2,5	5,7	3,2	Limo argilloso
5,7	7,8	2,1	Limo argilloso debolmente sabbioso
7,8	12,6	4,8	Sabbie medie e fini
12,6	13,0	0,4 Limo argilloso	
13,0	15,0	2	Limo argilloso sabbioso

Figura 42 – Profilo litostratigrafico sondaggio S2

I modelli stratigrafici indicati in questa fase progettuale rappresentano un'indicazione di massima della stratigrafia attesa. Si sottolinea come, nell'eventualità di un progetto esecutivo, rimane la necessità di procedere alla definizione di un accurato modello litostratigrafico per ogni torre eolica che si andrà a realizzare.

6. MODELLO GEOTECNICO

Seguendo lo stesso approccio spiegato precedentemente nella definizione di due diversi modelli geologici, si sono definiti due diversi modelli geotecnici, nei quali si sono accorpati livelli e strati appartenenti a litologie dalle caratteristiche granulometriche e geotecniche simili. Nello specifico, per la definizione dei caratteri geotecnici dei diversi strati, si sono utilizzati:

- risultati delle prove di laboratorio per i parametri quali peso specifico (γ), coesione (C'), coesione non drenata (Cu) ed angolo d'attrito (φ');
- risultati delle MASW per il modulo di Poisson (v);



• risultati delle prove penetrometriche mediante le correlazioni precedentemente riportate per la definizione dei moduli elastico (E), modulo elastico non drenato (Eu), modulo edometrico (Ed) e modulo di taglio (G).

Di seguito si riportano i modelli definiti: il modello geotecnico n.1 si riferisce al sondaggio B1, mentre il modello geotecnico deriva dal sondaggio B2.

Profo (I	ondità m)	Spessore (m)	Descrizione	Poisson (-)	γ (kN/m³)	Cu (kPa)	C' (kPa)	ф' (°)	E (MPa)	Eu (MPa)	Ed (MPa)	G (MPa)
0,0	1,0	1,0	Rilevato stradale/Terreno vegetale	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	7,8	6,8	Limo argilloso debolmente sabbioso	0,37	20,48	210	25,25	26	3,48	7,15	6,15	1,10
7,8	28,5	20,7	Limo argilloso sabbioso consistente o molto consistente	0,42	20,93	226	29,96	21	13,75	29,29	35,10	3,99

Figura 43 - Modello geotecnico n.1

Profo (r	ondità n)	Spessore (m)	Descrizione	Poisson (-)	γ (kN/m³)	Cu (kPa)	C' (kPa)	Φ' (°)	E (MPa)	Eu (MPa)	Ed (MPa)	G (MPa)
0,0	1,5	1,5	Coltre alterata	0,37	19,10	25	-	20	2,26	4,64	4,00	0,71
1,5	7,8	6,3	Limo argilloso debolmente sabbioso	0,37	19,12	190	26,30	24	10,50	21,58	18,57	3,31
7,8	12,6	4,8	Sabbie medie e fini molto addensate	0,37	25,00	-	-	43	115,22	236,78	203,79	36,29
12,6	15,0	2,4	Limo argilloso sabbioso	0,42	19,12	190	26,30	24	10,50	22,37	26,80	3,05

Figura 44 – Modello geotecnico n.2



7. VINCOLISTICA E FATTIBILITA'

Per conto di Repower S.p.a., la società Tenproject ha redatto a febbraio 2020 uno Studio di Fattibilità Tecnico-Economica (Relazione Generale – Studio di fattibilità di un impianto eolico nel comune di Serracapriola (FG)).

Per completezza, di seguito si riporta una sintesi relativa agli aspetti vincolistici e di fattibilità trattati nel suddetto documento.

- Dagli strumenti di pianificazione del territorio non sono emersi vincoli ostativi per la realizzazione dell'impianto eolico. Si evidenzia, tuttavia, che il sito risulta prossimo al corso del Fiume Fortore e quindi dalle aree naturali ad esso correlate, in particolare il Parco regionale del Medio Fortore.
- Nell'area di studio sono presenti recettori rispetto ai quali è necessario effettuare una valutazione di impatto acustico ed una valutazione del rischio di incidenti/danni in caso di rottura di una pala del rotore. Si evidenzia che le distanze degli aerogeneratori dai recettori sono tali per cui non si ravvisano rischi per tali aspetti.
- Nelle vicinanze dell'area di sviluppo sono presenti impianti eolici esistenti, autorizzati o in iter autorizzativo, sia di grande che di piccola taglia. Le distanze da tali impianti sono sempre superiori a 9 volte in diametro del rotore, per cui non si ravvisano problematiche di "effetto selva".
- Le caratteristiche morfologiche e di accessibilità dell'area ben si prestano alla realizzazione dell'opera, anche in relazione alle possibilità di accesso alle postazioni degli aerogeneratori con i mezzi di trasporto eccezionale. Ovviamente saranno necessari diversi interventi alla viabilità pubblica esistente.
- Dall'analisi cartografica e dalla ricognizione in sito, sono emerse possibili criticità relative alle interferenze con infrastrutture a rete interrate, in particolare acquedotti e condotte irrigue.



8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

8.1. Sismicità storica

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2015 ha prodotto il Database Macrosismico Italiano (*Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). Database Macrosismico Italiano (DBMI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <u>https://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15</u>), il quale fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale dall'anno 1000 al 2014, aventi intensità massima \geq 5.*



Figura 45 – Distribuzione delle intensità massime osservate sul territorio italiano (fonte: DBMI15)

Riducendo la ricerca al solo comune di Serracapriola si ha che lo stesso è stato interessato da 48 eventi sismici, dal 1627 al 2006, dei quali il più forte è stato il terremoto della Marsica del 1915, avente Mw pari a 7.08.

Serra	capriola			20	Şл.	4			
PlaceID Coordina Comune Provincia	te (lat, lon) 4 (ISTAT 2015) 5	IT_6224 41.806, Serracap Foggia	5 15.160 riola			1			
Regione	di eventi rinortati d	Puglia 48					3	🛃 1956 09 22 03 19 3 Gargano 57	6 4.64
							5-6	@ 1962 08 21 18 19 Irpinia 562	9 6.15
Effett:	C -		In occasione del terremoto del				NF	🚱 1970 01 21 18 36 2 Gargano 14	5 4.34
Int.	Anno Me Gi Ho I	Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	4	🛃 1971 05 06 03 45 0 Irpinia 68	6 4.83
9-10	₽ 1627 07 30 1	10 50	Capitanata	64	10	6.66	4-5	🚱 1972 02 29 20 54 1 Gargano 21	6 4.71
9		16 40	Capitanata	5	9	6.03	6	🔗 1980 11 23 18 34 5 Irpinia-Basilicata 1394	10 6.81
8-9	₽ 1646 05 31		Gargano	35	10	6.72	4	🛃 1984 05 07 17 50 Monti della Meta 912	8 5.86
6-7		12 30	Gargano	5	7-8	5.69	4	🚱 1984 05 11 10 41 4 Monti della Meta 342	7 5.47
HF	₽ 1731 03 20 0	03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33	4	🛃 1989 03 11 21 05 Gargano 61	5 4.34
6	₽ 1805 07 26 2	21	Molise	220	10	6.68	NF	🔗 1990 02 01 06 24 1 Isole Tremiti 27	4.43
6	₽ 1851 08 14 1	13 20	Vulture	103	10	6.52	3-4	🚱 1990 05 05 07 21 2 Potentino 1375	5.77
4-5	₽ 1852 12 09 2	21 15	Gargano	12	5	4.31	NF	🔗 1991 05 26 12 25 5 Potentino 597	7 5.08
2	₫ 1882 06 06 0	05 40	Isernino	50	7	5.20	NF	🚱 1992 11 05 13 34 2 Gargano 32	5 4.34
4-5	₽ 1889 12 08		Gargano	122	7	5.47	5	🛃 1995 09 30 10 14 3 Gargano 145	6 5.15
NF	d 1893 08 10 2	20 52	Gargano	69	8	5.39	5	🚱 1996 11 10 23 23 1 Tavoliere delle Puglie 55	5-6 4.35
5	₫ 1894 03 25		Gargano	27	6-7	4.90	4-5	🛃 2001 07 02 10 04 4 Tavoliere delle Puglie 60	5 4.26
2-3	₫ 1905 11 26		Irpinia	122	7-8	5.18	5	🔗 2002 10 31 10 32 5 Molise 51	7-8 5.74
NF	₽ 1908 01 08 2	21 41	Isole Tremiti	3	5	4.16	5	🚱 2002 11 01 15 09 0 Molise 638	7 5.72
4-5	₽ 1910 06 07 0	02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76	5	🔗 2002 11 12 09 27 4 Molise 174	5-6 4.57
3	♣ 1912 07 02 0	07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55	3	🖉 2003 01 27 04 03 4 Molise 60	5 3.84
5	₽ 1913 10 04 1	18 26	Molise	205	7-8	5.35	4-5	₽ 2003 06 01 15 45 1 Molise 501	5 4.44
4	₽ 1915 01 13 0	06 52 4	Marsica	1041	11	7.08	4-5	₽ 2003 12 30 05 31 3 Molise 326	4-5 4.53
5	₽ 1919 10 21 0	00 24	Gargano	2.4	5-6	5.03	NF	₽ 2005 03 01 05 41 3 Molise 136	4 3.68
6	₽ 1930 07 23 0	80 00	Irpinia	547	10	6.67	5	🚰 2006 05 29 02 20 0 Gargano 384	4.64
6	🛃 1937 07 17 1	17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96	NF	2006 10 04 17 34 2 Adriatico centrale 98	4-5 4.30
4	₽ 1951 01 16 0	01 11	Gargano	73	7	5.22	3.		4.48

Figura 46 – Estratto storia sismica comune di Serracapriola (fonte: DBMI15)

Redatto GN



STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO

Altra importante fonte per definire la sismicità di una determinata zona è la Zonazione Sismogenetica ZS9, la quale utilizzando modelli geodinamici e sismotettonici, oltre ad un aggiornato catalogo sismico, individua le aree sismogenetiche del territorio italiano. Come si evince da tale zonazione, il comune di Serracapriola, così come gran parte della provincia di Foggia, rientra all'interno della zona sismogenetica 924, denominata "Molise-Gargano", la quale fa parte delle zone-sorgente dell'Appennino meridionale, settore compreso tra la Majella ed il Pollino.



Figura 47 – Zonazione Sismogenetica ZS9 del territorio italiano (fonte: INGV)

La zona sismogenetica 924 si trova sul confine tra la catena appenninica e la Puglia, dove si hanno le aree di avanfossa e dell'avampaese apulo. È orientata in direzione E-W, è dotata di cinematica trascorrente destra ed include la faglia di Mattinata, generalmente ritenuta attiva con cinematica simile a quella del terremoto del Molise del 2002. Le caratteristiche sismogenetiche della piattaforma apula fanno ipotizzare che le zone di rottura E-W siano tipiche anche delle zone sismogenetiche 925 e 926, interessanti il territorio pugliese centrale, e che quindi non siano limitate alla sola area garganica.

Alla zona sismogenetica 924 è associata una magnitudo massima Mw pari a 6.83.

8.2. Azione sismica

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa (ag) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente ($S_e(T)$), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel



periodo di riferimento V_R. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

8.3. Pericolosità sismica

L'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 ha pubblicato una classificazione sismica dei comuni del territorio italiano, con la novità dell'eliminazione della categoria "non classificato" e l'inserimento di tutti i comuni in quattro diverse zone. Il comune di Serracapriola, secondo l'aggiornamento al 31 gennaio 2019 della stessa classificazione, risulta essere inserito nella zona sismica 2, zona in cui terremoti definiti forti sono possibili. Tale classificazione è stata recepita dalla Regione Puglia con Delibera del Consiglio Regionale n.153 del 2 marzo 2004.

L'aggiornamento del 28 aprile 2006 dell'OPCM ha introdotto degli intervalli di accelerazione (ag) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni:

- Zona 1 ag > 0.25
- Zona 2 $0.15 < ag \le 0.25 g$
- Zona 3 $0.05 < ag \le 0.15 g$
- Zona 4 $ag \le 0.05 g$

Le Norme Tecniche per le Costruzioni hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali. Si è quindi redatta una mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.08.2005).



Figura 48 – Carta stralcio pericolosità sismica Puglia con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV)



In considerazione della mappa di pericolosità sismica del territorio italiano, il comune di Serracapriola ricade in un'area per la quale si deve considerare un'accelerazione compresa tra 0.200 e 0.225 g, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.



Figura 49 - Pericolosità sismica comune di Serracapriola con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV)

Di seguito si riportano inoltre i risultati delle analisi di disaggregazione. La disaggregazione della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito, la cui forma più comune è quella bidimensionale relazionata alla magnitudo M ed alla distanza R, che permette di valutare il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Tale processo di disaggregazione fornisce dunque il terremoto dominante lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Da questa analisi bidimensionale è possibile passare ad una tridimensionale mediante il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R. Il Gruppo di Lavoro MPS 2004 ha condotto l'analisi di disaggregazione per oltre 16 mila siti corrispondenti ai nodi della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale.

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO





Figura 50 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (1/2)

		Disa	ggregazi	i one del (Coordii	valore d i nate del p	i a(g) co ounto lat:	n probab 41.8228,	lon: 15.	eccedenz 1677, ID:	za del 10 28774)	% in 50	anni
Distanza in	km					M	lagnitud	o				
	3.5	-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0	0-10 0	.000	11.900	26.000	18.400	11.000	5.620	2.510	0.000	0.000	0.000	0.000
10	-20 0	.000	0.657	3.130	4.600	4.730	3.820	2.500	0.000	0.000	0.000	0.000
20	-30 0	.000	0.000	0.014	0.357	0.897	1.160	1.100	0.000	0.000	0.000	0.000
30	-40 0	.000	0.000	0.000	0.001	0.111	0.298	0.387	0.000	0.000	0.000	0.000
40	-50 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.058	0.124	0.000	0.000	0.000	0.000
50)-60 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.073	0.055	0.000	0.000	0.000
60)-70 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.092	0.167	0.000	0.000	0.000
70	0-80	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.117	0.000	0.000	0.000
80	-90 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.048	0.000	0.000	0.000
90-	100 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
100-	110 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-	120 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-	130 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-	140 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-	150 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-	160 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-	170 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-	180 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-	190 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-	200 0	.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Va	lori med	li										
Magnitudo	Distanz	aE	psilon									
5.290	7.950		0.877									

Figura 51 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (2/2)

Dall'analisi dei risultati della disaggregazione di a(g) per il nodo della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio italiano più prossimo al sito di interesse, risulta che il terremoto di scenario ha magnitudo momento da 4.0 a 7.0, distanza compresa tra 0 e 30 km, mentre i valori medi sono rispettivamente di Mw 5.29, distanza 7.95 km e deviazione standard di 0.877.



8.4. Stati limite

Riguardo le prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti, sono individuati, nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU):

- <u>Stati limite di esercizio (SLE)</u>:
 - \circ <u>Stato Limite di Operatività (SLO)</u>: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R dell'81%.
 - <u>Stato Limite di Danno (SLD)</u>: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R del 63%.

• Stati limite ultimi (SLU):

- <u>Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)</u>: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R del 10%.
- <u>Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)</u>: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R del 5%.

8.5. Categoria del sottosuolo

Le Norme Tecniche per le Costruzioni indicano le modalità di esecuzione delle analisi specifiche per definire l'azione sismica di progetto. In alternativa, viene stabilito un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s), qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie di seguito descritte.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde
А	di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteri-
	stiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consi-
В	stenti, 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.
	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consi-
C	stenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento del-
C	le proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra
	180 m/s e 360 m/s.
	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consi-
D	stenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento del-
D	le 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 catego-
E	rie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 52 – Categorie di sottosuolo per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018)



Si nota, dunque, che i valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo. I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove e 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 avente VS non inferiore a 800 m/s.

Altro parametro fondamentale nella definizione della risposta sismica locale è dato dalle condizioni topografiche. Le NTC indicano quattro categorie differenti, così definite:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i $\leq 15^{\circ}$
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \le i \le 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Figura 53 – Condizioni topografiche per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018)

Per il sito in esame, alla luce delle indagini geognostiche eseguite, è stato possibile classificare il sottosuolo alla categoria C sia l'area del parco eolico che quella della sottostazione. In entrambi i casi la superficie topografica è ricaduta nella classe T1.



9. STABILITA' DEL PENDIO

Dato che l'area di progetto del parco eolico ricade in un territorio collinare costituito da materiale argilloso/limoso, e che la morfologia dell'area risulta caratterizzata da diverse incisioni del reticolo idrografico, si è deciso di procedere alla verifica della stabilità dei pendii interessati dal progetto. Nello specifico, si sono scelte le aree più prossime alle zone caratterizzate dalle maggiori pendenze.

9.1. Criteri di verifica

I metodi di analisi della stabilità dei pendii più diffusi ed utilizzati nella pratica professionale sono metodi all'equilibrio limite, che ipotizzano per il terreno un comportamento rigido-perfettamente plastico. Si immagina quindi che il terreno non si deformi fino al raggiungimento della condizione di rottura, e che, in tali condizioni, la resistenza al taglio si mantenga costante e indipendente dalle deformazioni accumulate. Da tale ipotesi, fortemente semplificativa, consegue che:

- la rottura si manifesta lungo una superficie netta di separazione tra la massa in frana e il terreno stabile;
- la massa in frana è un blocco indeformato in moto di roto-traslazione rigida;
- la resistenza mobilitata lungo la superficie di scorrimento in condizioni di equilibrio limite è costante nel tempo, indipendentemente dalle deformazioni e, quindi, dai movimenti della frana, nonché ovunque pari alla resistenza a taglio;
- non è possibile determinare né le deformazioni precedenti la rottura, né l'entità dei movimenti del blocco in frana, né la velocità del fenomeno.

L'affidabilità dei risultati dipende quasi esclusivamente dalla corretta schematizzazione del fenomeno e della scelta dei parametri di progetto, che devono essere fissati con grande attenzione e consapevolezza. Le analisi sono sviluppate in accordo con le NTC 2018, le quali indicano che le verifiche consistono nel soddisfacimento della seguente condizione:

$E_d \leq R_d$

dove E_d rappresenta il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione mentre R_d costituisce il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche devono essere condotte secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2: A2+M2+R2 in cui:

- A2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali γ_F da applicare alle azioni o all'effetto delle azioni;
- M2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali γ_M da applicare ai parametri del terreno;
- R2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali γ_R per le verifiche di sicurezza.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G1	Favorevole	YGI	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G2(1)	Favorevole	γ ₆₂	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	Yoi	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Figura 54 – Coefficienti parziali per le azioni o l'effetto delle azioni (tabella 6.2.I – DM 17/01/2018)

Redatto GN

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI"

SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	$\begin{array}{c} \text{Coefficiente} \\ \text{parziale} \gamma_M \end{array}$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resi- stenza al taglio	$\tan {\phi'_k}$	Υφ΄	1,0	1,25
Coesione efficace	c' _k	Ye	1,0	1,25
Resistenza non drenata	Cuk	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γγ	Υ _γ	1,0	1,0

Figura 55 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno - (tabella 6.2.II - DM 17/01/2018)

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_{\rm R}$	1,1

Figura 56 – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo – (tabella 6.8.I – DM 17/01/2018)

9.2. Condizioni di analisi

Le verifiche rispetto al raggiungimento della condizione di stato limite ultimo sono sviluppate considerando le seguenti condizioni di analisi:

- Condizione statica drenata;
- Condizione statica non drenata;
- Condizione SISMA + : accelerazione sismica orizzontale, accelerazione sismica verticale diretta verso il basso;
- Condizione SISMA : accelerazione sismica orizzontale, accelerazione sismica verticale diretta verso l'alto.

Per la stabilità in condizioni sismiche è stato utilizzato il metodo pseudostatico che consente di rappresentare l'azione sismica mediante un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile.

Nelle verifiche di Stato Limite Ultimo le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \cdot W$$
$$F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$
$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove β_s rappresenta il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ed è pari, nel nostro caso, a 0,28 ed a_{max} rappresenta l'accelerazione massima orizzontale attesa al sito, ed è uguale ad a_0 moltiplicato per l'amplificazione di sito nelle sue componenti stratigrafica e topografica.

Nelle verifiche di sicurezza si controlla che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.I] NTC) impiegando lo stesso approccio di cui al §6.8.2 delle NTC. Si pongono pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici, mentre si impiegano le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma R = 1.2$.

9.3. Parametri di progetto

Parametri geotecnici dei materiali

Redatto GN





Campione	Peso di volume (kN/m³)	Peso specifico grani (kN/m³)	Contenuto d'acqua (%)		Analisi granulometriche			Limiti di Atterberg Taglio diretto		Compressione a espansione latrale libera	Taglio	residuo	Triassiale UU			
		(111)	(70)	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	C' (kN/m²)	φ' (°)	Cu (kPa)	C' (kN/m²)	φ' (°)	Cu (kN/m²)
C1-B1	20,48	26,30	20,33	4	14	64	18	44	24	20	25,25	26,47	210,06	6,04	11,41	-
C2-B1	20,93	26,43	17,47	0	0	29	71	54	19	35	29,96	20,54	-	-	-	226,00
C1-B2	19,12	26,33	28,76	0	3	54	43	44	15	29	26,30	23,88	190,51	-	-	-

Parametri sismici

Le analisi di stabilità del pendio sono state svolte in termini di tensioni efficaci (lungo termine) utilizzando i coefficienti sismici previsti dal D.M. 17/01/2018 per la zona di studio, pari a:

Kh = 0,0097;

Kv = 0,0049;

<u>Falda</u>

È stata considerata una falda profonda 12 metri dal piano campagna, come osservato nel sondaggio B2 durante le operazioni di perforazione.

9.4. Programmi di calcolo

Le verifiche di stabilità dei rilevati sono state svolte con un software che implementa il metodo dell'equilibrio limite (LEM). Tale programma consente un'analisi di stabilità all'equilibrio limite tenendo conto di terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalle pressioni idrostatiche, di sollecitazioni sismiche mediante un'analisi di tipo pseudostatica, di tiranti di ancoraggio e di eventuali altri elementi di rinforzo. Inoltre, esso è in grado di fornire una soluzione generale al problema bidimensionale di stabilità ricavandone il coefficiente di sicurezza (FS) come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di possibile scorrimento e quella effettivamente mobilitata dal volume di terreno coinvolto nel movimento. I criteri di rottura adottati sono quello di Mohr-Coulomb e quello in condizioni non drenate.

La valutazione del coefficiente di sicurezza è effettuata per tentativi, generando un elevato numero di superfici mediante un algoritmo pseudo-causale, mentre le verifiche di stabilità forniscono il coefficiente di sicurezza secondo differenti teorie presenti in letteratura e riconosciute a livello tecnico e scientifico:

- teoria di Bishop;
- teoria di Janbu
- teoria di Morgenstern-Price (GLE).

Nello specifico, si sono analizzate n.3 sezioni adiacenti alle aree per le quali l'analisi del modello digitale del terreno ha messo in evidenza una maggiore pendenza nella topografia. Si riporta la carta clivometrica precedentemente allegata, su cui sono indicate le tre sezioni di analisi: Sezione 1 (in magenta), Sezione 2 (in arancio) e Sezione 3 (in verde).

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO





Figura 57 – Carta clivometrica e sezioni di analisi di stabilità del pendio

Di seguito si riportano, per ogni sezione, i valori di sicurezza ottenuti mediante ciascuno dei tre metodi precedentemente menzionati, oltre che una rappresentazione grafica dei risultati ottenuti.

9.5. Sezione 1

SEZIONE 1						
Criterio di resistenza	Condizioni	Bishop	Janbu	GLE		
	CN	1,527	1,463	1,531		
Mohr - Coulomb	S+	1,465	1,403	1,469		
	S-	1,470	1,408	1,474		
	CN	3,036	2,833	3,036		
Non drenate	S+	2,888	2,692	2,887		
	S-	2,915	2,717	2,914		

Figura 58 – Sommario risultati analisi stabilità del pendio – Sezione 1

Come si può notare, tutte le verifiche risultano soddisfatte, con valori sempre molto superiori ai limiti fissati da normativa (FS>1,1 in condizioni statiche, FS>1,2 in condizioni dinamiche). Si riportano i risultati più cautelativi, quindi relativi al criterio di Mohr-Coulomb mediante teoria di Janbu. REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO





Figura 59 - Sezione 1: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni statiche)



Figura 60 – Sezione 1: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso il basso)



Figura 61 – Sezione 1: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso l'alto)



9.6. Sezione 2

PROGETTO DEFINITIVO

SEZIONE 2						
Criterio di resistenza	Condizioni	Bishop	Janbu	GLE		
	CN	2,610	2,455	2,608		
Mohr - Coulomb	S+	2,430	2,287	2,427		
	S-	2,421	2,277	2,418		
	CN	2,584	2,500	2,587		
Non drenate	S+	2,376	2,297	2,378		
	S-	2,397	2,318	2,400		

Figura 62 – Sommario risultati analisi stabilità del pendio – Sezione 2

Come si può notare, tutte le verifiche risultano soddisfatte, con valori sempre molto superiori ai limiti fissati da normativa (FS>1,1 in condizioni statiche, FS>1,2 in condizioni dinamiche). Si riportano i risultati più cautelativi, quindi relativi al criterio di Mohr-Coulomb mediante teoria di Janbu.



Figura 63 - Sezione 2: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni statiche)



Figura 64 – Sezione 2: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso il basso)

Redatto GN



4 0.0097



Figura 65 – Sezione 2: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso l'alto)

9.7. Sezione 3

SEZIONE 3							
Criterio di resistenza	Condizioni	Bishop	Janbu	GLE			
	CN	1,345	1,221	1,343			
Mohr - Coulomb	S+	1,242	1,127	1,240			
	S-	1,253	1,137	1,252			
	CN	1,345	1,231	1,345			
Non drenate	S+	1,255	1,150	1,256			
	S-	1,251	1,145	1,251			

Figura 66 – Sommario risultati analisi stabilità del pendio – Sezione 3

Come si evince dalla tabella allegata, le analisi di stabilità sono verificate in tutti i casi riguardanti le condizioni statiche, sia con il criterio Mohr-Coulomb che con quello non drenato, per tutte le teorie considerate. Invece, per quanto concerne le condizioni dinamiche, per entrambi i criteri, con la teoria di Janbu il fattore di sicurezza risulta essere inferiore a 1,2. Nonostante tali risultati, si ritiene che il pendio considerato possa essere considerato stabile in virtù di diversi fattori: in prima battuta in quanto la teoria di Janbu risulta essere spesso eccessivamente conservativa, anche alla luce dei risultati delle ulteriori due teorie utilizzate che forniscono valori superiori a 1,2; in secondo luogo, si crede che la superficie di rottura individuata dalla teoria di Janbu sia poco realistica, con uno sviluppo lineare del corpo di frana lungo oltre 400 metri, in un ambiente in cui attualmente non vi sono evidenti tracce di frane o smottamenti di dimensioni tali o paragonabili, presenti o passati. Alla luce di quanto esposto, si ritiene verificata l'analisi anche per la sezione 3. Ad ogni modo, per completezza di informazione, si riportano i risultati grafici delle verifiche non soddisfatte.

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO





Figura 67 – Sezione 3: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni statiche)



Figura 68 - Sezione 3: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso il basso)



Figura 69 – Sezione 3: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso l'alto)



10. LIQUEFAZIONE

In fase di progettazione e di verifiche sismiche di un edificio o di un qualsiasi manufatto, è necessario che si riscontri la stabilità dello stesso alla liquefazione. La stessa definisce quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

10.1. Esclusione della verifica a liquefazione

Nel caso si manifesti almeno una delle circostanze indicate dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, la verifica a liquefazione può essere omessa. Di seguito sono indicate le condizioni di riferimento:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g.

<u>Per il calcolo dell'accelerazione massima vanno considerate l'accelerazione di base a_a e l'amplificazione S, data dal prodotto tra l'amplificazione stratigrafica S_s e quella topografica S_t :</u>

$$a_{max} = a_g * S = a_g * S_s * S_t$$

Dagli studi di pericolosità sismica l'accelerazione al suolo è pari a 0,258 g, i quali vengono ad essere moltiplicati per Ss e per St. il sottosuolo appartiene alla categoria C, quindi il fattore di amplificazione stratigrafica Ss sarà pari a 1,323 mentre St sarà pari ad 1,0 essendo in categoria T1. Così, il valore di di agmax assumerebbe valore pari a 0,341 g, quindi superiore al limite definito. Dunque questa circostanza risulta non verificata.

2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.

<u>Circostanza non verificata in quanto a seguito delle operazioni di realizzazione del sondaggio B2 si è riscontrata la presenza</u> <u>della falda ad una profondità di circa 12 metri dal piano campagna.</u>

3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N₁)60 > 30 oppure q_{c1N} > 180 dove (N₁)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.

<u>La circostanza non risulta verificata in quanto, verificando il valore della resistenza normalizzato (N_1)60 non risulta essere sempre maggiore del valore soglia di 30 indicato.</u>

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 e nella figura seguente (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.







Figura 70 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (fonte: NTC2018)

Come descritto, una delle quattro circostanze definite dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 risulta essere verificata. Dunque, allo stato attuale della progettazione, non è richiesta la verifica a liquefazione per l'area di progetto.



11. CONCLUSIONI

La società Repower S.p.a. ha avviato l'iter autorizzativo per la realizzazione di un impianto eolico composto da 9 aerogeneratori di grande taglia, per una potenza installata prevista di 50,4 MW, nel territorio comunale di Serracapriola, in provincia di Foggia, in località San Leucio – Alvanella.

L'area rientra nell' dell'ambito della costa settentrionale del Gargano, dell'Alto Tavoliere di Puglia e dell'ambito del Sub-Appennino Dauno, definita dal PPTR della Regione Puglia nell'ambito "Subappennino dauno" e, più in particolare, della "bassa Valle del Fortore e il sistema dunale".

Il distretto <u>geologico</u> del Tavoliere di Puglia rappresenta il settore più settentrionale della Fossa Bradanica, limitato ad ovest dal Subappennino dauno e ad est dal Promontorio del Gargano. L'area di studio è caratterizzata da terreni di età Pliocenica e Pleistocenica, con una successione stratigrafica che dal basso verso l'alto vede la presenza delle Argille di Montesecco, delle Sabbie di Serracapriola, i Conglomerati di Campomarino. Al di sopra di questa successione si ritrovano le coperture fluvio-lacustri ed i depositi dei quattro diversi ordini di terrazzi, formatisi durante la fase di regressione marina.

Focalizzando l'attenzione sul sito interessato dal parco eolico, la successione stratigrafica prevista è la seguente:

- <u>Depositi dei terrazzi</u>: coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del primo ordine dei terrazzi o del secondo ordine dei terrazzi, costituiti da ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose;
- <u>Sabbie di Serracapriola</u>: sabbie a grana più o meno grossa, più o meno cementate, con intercalazioni di lenti di conglomerati grossolani e di argille;
- <u>Argille di Montesecco</u>: argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre.

Dalla campagna di indagini eseguita, si è avuta conferma di quanto previsto dalla Carta Geologica d'Italia. Infatti, si è riscontrata la presenza di argille e limi, a diverso contenuto sabbioso, tipici dell'area in esame.

La <u>tettonica</u> dell'area risulta fortemente influenzata dalle diverse fasi evolutive registratesi nella regione. A causa della subsidenza dell'Avampaese apulo durante il Pliocene inferiore-medio ed il Pleistocene inferiore, con relativa evoluzione ad Avanfossa, si ha lo sviluppo di un sistema di faglie dirette ad attività sin-sedimentaria. Dal Pleistocene medio l'Avampaese apulo è soggetto ad intenso sollevamento, testimoniato a livello regionale dai depositi regressivi della Fossa bradanica e dai depositi marini e continentali terrazzati, i quali segnano la graduale riemersione dell'area. Consultando il Catalogo delle faglie capaci ITHACA è possibile osservare come l'area di studio sia interessata da due faglie ritenute in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa, la faglia di Apricena e quella di Serracapriola.

A seguito dell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274, il comune di Serracapriola è stato classificato in zona sismica 2, per il quale si deve considerare un'accelerazione compresa tra 0.200 e 0.225 g, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Inoltre, l'area prescelta ricade interamente nella zona sismogenetica 924, definita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Ne risulta che il <u>rischio sismico</u> nella zona risulta essere moderatamente elevato. Da indagini di sismica MASW l'area risulta classificata nella categoria di sottosuolo C, con condizioni topografiche T1.



Dal punto di vista <u>geomorfologico</u> l'area d'impianto si configura come un leggero declivio che dalle colline sommitali su cui sorgono gli abitati di Serracapriola e Chieuti digrada verso il Fiume Fortore. Dalla lieve altura su cui sorgono gli abitati discende una fitta ma poco incisa rete scolante, composta da piccoli canali e fossi, in alcuni casi regimentati, e che afferiscono in ultima analisi al fiume Fortore.

La natura terrigena delle unità litologiche affioranti nell'area influenza enormemente le <u>condizioni idrogeologiche</u> della stessa, la quale risulta interessata principalmente da un acquifero poroso superficiale, rappresentato da una successione di terreni sabbiosoghiaioso-ciottolosi, permeabili ed acquiferi, intercalati da livelli limo-argillosi, a luoghi sabbiosi, a minore permeabilità, all'interno del quale i diversi livelli d'acqua non costituiscono orizzonti separati ma idraulicamente interconnessi, dando luogo ad un unico sistema acquifero. Per la zona è stato definito il complesso idrogeologico sotterraneo alluvionale del Fortore, come indicato nella relativa cartografia del PTA della Puglia. Invece, a grande profondità (circa 700 metri dal piano campagna) si rinviene l'acquifero fessuratocarsico profondo, ospitato all'interno delle unità carbonatiche mesozoiche. L'area interessata dall'impianto eolico vede una soggiacenza generale del livello di falda ad una profondità che può andare da pochi metri a circa 20-30 metri dal piano campagna. Tale circostanza è stata confermata durante le operazioni di perforazione dei sondaggi a carotaggio continuo, durante le quali si è rinvenuta la falda a circa 12 metri di profondità (sondaggio B2). Per quanto concerne la permeabilità k dei terreni, il PUG indica nell'area la presenza di terreni a permeabilità media per porosità, con valori di k compresi tra 10⁻⁴ ed 1 cm/s, mentre da prove di permeabilità Lefranc eseguite in sito, si sono ottenuti valori compresi tra 1,59E-06 m/s a 8,00E-05 m/s.

Per quanto concerne il <u>rischio idrogeologico</u>, in base alla cartografia del portale IdroGEO dell'ISPRA, l'area risulta esente da particolari rischi legati al verificarsi di frane o di alluvioni per eventi di piena dei corsi d'acqua. Nonostante ciò, durante la progettazione si prescrive di prestare la massima attenzione ai corsi d'acqua superficiali, data la vicinanza al Fiume Fortore e la presenza di numerosi corsi d'acqua che, seppur minori, durante gli eventi di piena possono raggiungere elevate portate idriche e solide e quindi avere un rilevante potenziale erosivo. Inoltre, sono state effettuate della analisi di stabilità del pendio preliminari: dai risultati delle stesse, si ritiene che l'area non presenti problemi legati alla stabilità, perlomeno lungo le sezioni analizzate.

Alla luce di quanto esposto nel presente documento ed in questo capitolo conclusivo riassunto, l'area prescelta per la realizzazione di un parco eolico composto da 9 aerogeneratori non presenta problematiche tali da rendere l'area non idonea a tale finalità. Nonostante ciò, in fase di progettazione devono essere tenuti in conto i rischi inerenti all'attività sismica dell'area. Da non trascurare, invece, le problematiche relativa alla pericolosità idraulica del sito, seppur bassissima, data da una intensa rete idrografica.



INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Inquadramento area di progetto - Ortofoto	4
Figura 2 – Planimetria generale di progetto parco eolico-cavidotto-SSE	5
Figura 3 – Immagini panoramiche dell'area di progetto	6
Figura 4 – Stralcio carta geologica d'Italia e legenda litologica – foglio 155 San Severo (fonte: ISPRA)	8
Figura 5 – Stralcio carta geologica d'Italia – dettaglio dell'area di progetto (fonte: ISPRA)	
Figura 6 – Stralcio carta morfologico-strutturale	11
Figura 7 – Faglie capaci (Progetto ITHACA)	
Figura 8 – Estratto Carta Idrogeomorfologica Regione Puglia	13
Figura 9 – Estratto reticolo idrografico (Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia)	14
Figura 10 – Sezione idrogeologica (Maggiore et al., 2004)	15
Figura 11 – Rischio idrogeologico (IdroGEO - ISPRA)	
Figura 12 – Posizioni di realizzazione dei sondaggi geognostici	17
Figura 13 – Sondaggio geognostico S1 – Stratigrafia	
Figura 14 – Sondaggio geognostico S1 – Foto cassette catalogatrici	19
Figura 15 – Sondaggio geognostico S2 – Stratigrafia	
Figura 16 – Sondaggio geognostico S2 – Foto cassette catalogatrici	21
Figura 17 – Correlazione di De Mello (1971)	23
Figura 18 – Correlazione di Mitchell (1978)	
Figura 19 – Correlazione di Bolton (1986)	
Figura 20 – Correlazione di Schmertmann (1977)	
Figura 21 – Stima di φ' da DR per differenti granulometrie secondo Schmertmann (1977)	
Figura 22 – Posizioni di realizzazione delle prove penetrometriche pesanti DPSH	
Figura 23 – Risultati prova penetrometrica DPSH n.1	27
Figura 24 – Risultati prova penetrometrica DPSH n.2	
Figura 25 – Risultati prova penetrometrica DPSH n.3	
Figura 26 – Sommario risultati prove di laboratorio	
Figura 27 – Posizione MASW1 PE Serracapriola	
Figura 28 – MASW1 PE Serracapriola: profilo di velocità delle onde S	
Figura 29 – MASW1 PE Serracapriola: parametri dinamici del terreno	
Figura 30 – MASW1 PE Serracapriola: modello di velocità delle onde S	
Figura 31 – Posizione MASW2 SSE Rotello	
Figura 32 – MASW2 SSE Rotello: profilo di velocità delle onde S	
Figura 33 – MASW2 SSE Rotello: parametri dinamici del terreno	
Figura 34 – MASW2 SSE Rotello: modello di velocità delle onde S	
Figura 35 – Planimetria tomografie elettriche realizzate	
Figura 36 – Schema tipo prospezione geoelettrica	
Figura 37 – Tipici intervalli di resistività per litologia	
Figura 38 – Configurazione tomografia geoelettrica	

Redatto GN

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI"

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO



Figura 39 – Modello 2D di resistività (Tomografia geoelettrica n.1)	
Figura 40 – Modello 2D di resistività (Tomografia geoelettrica n.2)	40
Figura 41 – Profilo litostratigrafico sondaggio S1	41
Figura 42 – Profilo litostratigrafico sondaggio S2	41
Figura 43 – Modello geotecnico n.1	42
Figura 44 – Modello geotecnico n.2	42
Figura 45 – Distribuzione delle intensità massime osservate sul territorio italiano (fonte: DBMI15)	44
Figura 46 – Estratto storia sismica comune di Serracapriola (fonte: DBMI15)	44
Figura 47 – Zonazione Sismogenetica ZS9 del territorio italiano (fonte: INGV)	45
Figura 48 – Carta stralcio pericolosità sismica Puglia con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV)	46
Figura 49 – Pericolosità sismica comune di Serracapriola con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV)	47
Figura 50 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (1/2)	48
Figura 51 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (2/2)	48
Figura 52 – Categorie di sottosuolo per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018)	49
Figura 53 – Condizioni topografiche per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018)	50
Figura 54 – Coefficienti parziali per le azioni o l'effetto delle azioni (tabella 6.2.I – DM 17/01/2018)	51
Figura 55 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno – (tabella 6.2.II – DM 17/01/2018)	52
Figura 56 - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo - (tabella 6.8.I - DM 17	'/01/2018)
	52
Figura 57 – Carta clivometrica e sezioni di analisi di stabilità del pendio	54
Figura 58 – Sommario risultati analisi stabilità del pendio – Sezione 1	54
Figura 59 – Sezione 1: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni statiche)	55
Figura 60 – Sezione 1: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso il basso)	55
Figura 61 – Sezione 1: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso l'alto)	55
Figura 62 – Sommario risultati analisi stabilità del pendio – Sezione 2	56
Figura 63 – Sezione 2: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni statiche)	56
Figura 64 – Sezione 2: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso il basso)	56
Figura 65 – Sezione 2: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso l'alto)	57
Figura 66 – Sommario risultati analisi stabilità del pendio – Sezione 3	57
Figura 67 – Sezione 3: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni statiche)	58
Figura 68 – Sezione 3: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso il basso)	58
Figura 69 – Sezione 3: analisi stabilità criterio Mohr-Coulomb, teoria di Janbu (condizioni sisma verso l'alto)	58
Figura 70 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (fonte: NTC2018)	60

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "ALVANELLA-PETULLI" SERRACAPRIOLA (FG) PROGETTO DEFINITIVO



ALLEGATI



GEOFISICA, GEOELETTRICA, GEOTECNICA E PENETROMETRIA

LUCERA (FG) Via Kennedy 36 tel. 0881 500025 tel. cell. 328/7178199

PROGETTO: PROGETTO DEFINITIVO DI UN PARCO EOLICO, IN AGRO DEL COMUNE DI SERRACAPRIOLA (FG)

SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

Il Responsabile Tecnico Dott. S. Finamore

LUCERA, OTTOBRE 2020

IL COMMITTENTE

REPOWER RENOWABLE S.P.A.



SONDAGGI GEOGNOSTICI

Le perforazioni sono state eseguite con una sonda cingolata CASAGRANDE C6, ed è stato utilizzato un carotiere semplice del diametro di 101 mm.

Sondaggio B1 (S1)

Profondità massima del sondaggio - 28.50 metri dal p.c..

Rivestimento $\emptyset = 127$ mm, fino alla profondità di 13.00 metri.

Esecuzione di n. 2 prove SPT in foro.

Esecuzione di n. 2 prove di permeabilità Le Franc a carico variabile.

Data	30/10/2020
Profondità dal p.c.	Non Effettuato/Assente
	Fine Sondaggio

Misura della falda

Prove in Foro SPT

Prova	Profondità dal p.c.	Numero colpi	NSPT	Addensamento
SPT1/1	9.50-9.95 m.	10/13/15	28	Molto Consistente
SPT1/2	18.50-18.95 m.	8/11/16	27	Molto Consistente

Prove di permeabilità

Profondità 5.35-8.00 m	Coefficiente di permeabilità K =	8.00E-05 m/sec
Profondità 13.00-15.00 m	Coefficiente di permeabilità K =	1.15E-05 m/sec



Sondaggio B2 (S2)

Profondità massima del sondaggio – 15.00 metri dal p.c..

Rivestimento $\emptyset = 127$ mm, fino alla profondità di 13.00 metri.

Esecuzione di n. 2 prove SPT in foro.

Esecuzione di n. 2 prove di permeabilità Le Franc a carico variabile.

Misura	della	falda

Data	29/10/2020	30/10/2020
Profondità dal p.c.	11.75 m	12.20 m
	Fine Sondaggio	

Prove in Foro SPT

Prova	Profondità dal p.c.	Numero colpi	NSPT	Addensamento
SPT2/1	6.50-6.95 m.	4/9/12	21	Molto Consistente
*SPT2/1	12.30-12.75 m.	Rifiuto	>60	-

* Presenza di un trovante di grandi dimensioni

Prove di permeabilità

Profondità 2.70-5.00 m	Coefficiente di permeabilità K =	1.59E-06 m/sec
Profondità 7.80-10.50 m	Coefficiente di permeabilità K =	5.55E-05 m/sec

	Comm	ittente	Repower Renewable S.p.a.							sc	NDAG	SIO	FOGLIO
	Cantie	re	Prog	etto D	efinitiv	vo P.E. Serracapriola					<u>S1</u>		
1	_ocalit	à	Serra	acapri	ola (F0	G)					01		
	Data I	nizio	30/10	0/2020)	Data Fine	30/10	/2020			Il geologo		
L											ott. S.	Fir	namore
	Scala 1:150	Potenza	Profondita'	Falda	Stratigrafia	Descrizione	Piezometro	Rivestimento	Campioni	N° colpi SPT	Prof. SPT	20	⁶ ⁸ ⁸
	1	06.0	0.90		00	Rilevato stradale, di natura sabbioso ciottolosa avano giallastro.							
	2	1.70	2.60			Terreno Vegetale, di colore grigio ne- rastro, di natura limoso argillosa,							
	4 5 6 7 8	6.00				Limo argilloso, debolmente sabbioso, di colore avano giallastro, con venatu- re grigiastre, talora con livelletti più sabbiosi giallastri, nella parte alta pre- senza di flocculi farinosi biancastri di alterazione, mediamente plastico e consistente.		13.000	6.00 <mark>S1 C1</mark> 6.50				
	9		8.60			Limo argilloso sabbioso, marnoso, di							
	10 11 12 13					colore grigio azzurro, con venature e li- velletti sabbiosi, consistente.			1	13 10 13 15	9.50		
	14 15 16 17	4 9 1							14.00 S1 C2 14.50				
	18	40											
	19	19.								11 ₁₆	18.50		
	20												
	21	3											
	22												
	23												
	24												
	25	8											
	26	-											
	27												
	28	0.50	28.00										
	29	0.50	28.50		1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.	Sabbia media e grossa, marnosa, di colore grigio azzurra.							
	30												

<u>SPT 1/1</u>

Committente: Repower Renewable S.p.a. Cantiere: <u>rogetto Definitivo P. E. Serracapriola</u> Località: Serracapriola (FG) Profondità prova 9.50 mt

Falda assente rilevataProva eseguita in data30/10/2020

Profondità (m)	Nr. Colpi
9,65	10
9,80	13
9,95	15

TERRENI COESIVI Coosiono non dronato

Coesione non drenata									
	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Cu					
		(m)		(Kg/cm ²)					
Strato 1	28	9,95	Terzaghi-Peck (1948)	1,00					

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Qc
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 1	28	9,95	Robertson (1983)	56,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Eed
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 1	28	9,95	Stroud e Butler (1975)	128,46

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Ey
		(m)		(Kg/cm^2)
Strato 1	28	9,95	Schultze	301,60

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	28	9,95	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume
		(m)		(t/m ³)
Strato 1	28	9,95	Meyerhof ed altri	2,14

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume saturo
		(m)		(t/m³)
Strato 1	28	9,95	Bowles 1982,	2,31
			Terzaghi-Peck 1948/1967	
30/10/2020

SPT 1/2

Falda assente rilevata

Prova eseguita in data

Committente: Repower Renewable S.p.a. Cantiere: <u>rogetto Definitivo P. E. Serracapriola</u> Località: Serracapriola (FG) Profondità prova 18.50 mt

-	
Profondità (m)	Nr. Colpi
18,65	8
18,80	11
18,95	16

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Cu
		(m)		(Kg/cm^2)
Strato 2	27	18,95	Terzaghi-Peck (1948)	1,00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Qc
		(m)		(Kg/cm^2)
Strato 2	27	18,95	Robertson (1983)	54,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Eed
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 2	27	18,95	Stroud e Butler (1975)	123,88

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Ey
		(m)		(Kg/cm^2)
Strato 2	27	18,95	Schultze	290,10

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 2	27	18,95	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume
		(m)		(t/m ³)
Strato 2	27	18,95	Meyerhof ed altri	2,13

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume saturo
		(m)		(t/m ³)
Strato 2	27	18,95	Bowles 1982,	2,28
			Terzaghi-Peck 1948/1967	

Geoservice s.a.s. Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc

GeoService Servizi Geologici

tel. 0881500025 (a carico variabile) Committente: Repower Renewable S.p.a. Località: Serracapriola (FG) **Cantiere:** Progetto Definitivo P.E. Serracapriola Sondaggio: 1 Prova n. 1 Data: 30/10/2020 09:58 ora: Profondità fondo foro : 8,00 m. dal p.c. Livello statico della falda: m. dal p.c. -

Parametri di Prova

Misure di Prova

ametro foro D= 0,114 m		m	Tompo (coo)	Abbassamento	Carico Idrico	
Lunghezza tratto interessato dalla prova	L=	2,65	m	Tempo (sec)	(m)	Ci (m)
Rapporto Lunghezza/Diametro	L/D=	23,25		0	0	8,65
Area di Filtrazione	A=	0,949	m2	15	0,150	8,50
Fattore di Forma	F=	3,95	m	30	0,300	8,35
Altezza testa tubo dal p.c.	Hi=	0,65	m	45	0,360	8,29
Profondità fondo foro	Hf=	8,00	m	60	0,500	8,15
Carico Idrico	Ci =	8,65	m	180	0,610	8,04
				300	0,675	7,98
				600	0,735	7,92
				900	0,770	7,88
Coefficiente di permeabilità: K =	8,00E-05	m/sec		1200	0,800	7,85
				1500	0,830	7,82
				1800	0,840	7,81
				2100	0,855	7,80
				2400	0,865	7,79
				2700	0,875	7,78
				3600	0,920	7,73



Geoservice s.a.s. Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc

GeoService Servizi Geologici

tel. 0881500025 (a carico variabile) Committente: Repower Renewable S.p.a. Località: Serracapriola (FG) **Cantiere:** Progetto Definitivo P.E. Serracapriola Sondaggio: 1 Prova n. 2 Data: 29/10/2020 11:23 ora: Profondità fondo foro : 15,00 m. dal p.c. Livello statico della falda: m. dal p.c. -

Parametri di Prova

Misure di Prova

ametro foro D= 0,114 m		m	Tompo (coo)	Abbassamento	Carico Idrico	
Lunghezza tratto interessato dalla prova	L=	2,00	m	Tempo (sec)	(m)	Ci (m)
Rapporto Lunghezza/Diametro	L/D=	17,54		0	0	15,65
Area di Filtrazione	A=	0,716	m2	15	0,025	15,63
Fattore di Forma	F=	3,05	m	30	0,050	15,60
Altezza testa tubo dal p.c.	Hi=	0,65	m	45	0,080	15,57
Profondità fondo foro	Hf=	15,00	m	60	0,120	15,53
Carico Idrico	Ci =	15,65	m	180	0,180	15,47
				300	0,260	15,39
				600	0,350	15,30
				900	0,430	15,22
Coefficiente di permeabilità: K =	1,15E-05	m/sec		1200	0,500	15,15
				1500	0,550	15,10
				1800	0,600	15,05
				2100	0,640	15,01
				2400	0,675	14,98
				2700	0,700	14,95
				3600	0,715	14,94



c	Comm	ittente	Repower Renewable S.p.a.								SONDAGGIO			FOGLIO				
c	Cantie	re	Progetto Definitivo P.E. Serracapriola									S2						
L	ocalit.	à	Serracapriola (FG)															
)ata li	nizio	29/1	0/2020	D	Data Fine	29/	/10/	/2020		_	Do	∥ge tt S	eoic Fir	ogo namore			
				1														
	Scala 1:75	Potenza	Profondita'	Falda	Stratigrafia	Descrizione	Diomotro	PIEZOINEITO	Rivestimento	Campioni	N° coloi SDT		Prof. SPT	20	⁰⁰ Carotaggio			
	1	1.50				Terreno Vegetale, di colore grigio ne- rastro, di natura limoso argillosa.												
	2	-	1.50			Limo argilloso, debolmente sabbioso,	-											
	2	1.00				di colore avano giallastro scuro, talora con livelletti più sabbiosi e di												
	3		2.50			consistente.	1											
						Limo argilloso, di colore avano scuro marroncino, verso il bassso di colore grigio verdastro, con inclusione di												
	4	3.20				microghiaetto in dispersione, consistente.				4.30								
	5									4.70	1							
			5.70															
	6					Limo argilloso, debolmente sabbioso, di colore grigio verdino, talora con ve- nature più sabbiose giallo rossastre.			000				6 50					
	7	2.10				poco plastico e consistente.			13.		9	12	0.00					
			7 80															
	8	1	7.00			Sabbie medie e fini, di colore avano giallo rossastro, talora grigiastre, con												
	9	8			1000 0-07	intercalazione di livelli prevalente- mente limoso sabbiose fini di colore grigio verdino, e livelli con ciottoli arro-												
	10				10:0	tondati di medie dimensioni.												
	10	4.80																
	11	1																
	ogicies.				200 200 200 200 200 200 200 200 200 200													
	12			12.20								00	12.30					
	13	0.40	12.60	=	0	Limo argilloso, , di colore verdino gri-						33						
			13.00			giastro, con venature sabbiose giallo rossastre.												
	14	2.00				colore grigio azzurro, con venature												
	15		15.00			la parte alta, consistente.												

<u>SPT 2/1</u>

Committente: Repower Renewable S.p.a	
Cantiere: rogetto Definitivo P. E. Serraca	<u>priola</u>
Località: Serracapriola (FG)	
Profondità prova 6.50 mt	

Falda assente rilevataProva eseguita in data29/10/2020

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,65	4
6,80	9
6,95	12

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata										
	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Cu						
		(m)		(Kg/cm ²)						
Strato 1	21	6,95	Terzaghi-Peck (1948)	1,00						

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Qc
		(m)		(Kg/cm^2)
Strato 1	21	6,95	Robertson (1983)	42,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Eed
		(m)		(Kg/cm^2)
Strato 1	21	6,95	Stroud e Butler (1975)	96,35

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 1	21	6,95	Schultze	221,10

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato	Prof. Strato Correlazione	
		(m)		
Strato 1	21	6,95	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume
		(m)		(t/m³)
Strato 1	21	6,95	Meyerhof ed altri	2,10

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	21	6,95	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,12

Geoservice s.a.s. Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

Prova di Permeabilità in Foro:

LeFranc

GeoService Servizi Geologici

tel. 0881500025 (a carico variabile) Committente: Repower Renewable S.p.a. Località: Serracapriola (FG) **Cantiere:** Progetto Definitivo P.E. Serracapriola Sondaggio: 2 Prova n. Data: 29/10/2020 09:46 1 ora: Profondità fondo foro : 5,00 m. dal p.c. Livello statico della falda: 11,75 m. dal p.c.

Parametri di Prova

Misure di Prova

Diametro foro	D=	0,114	m	Тата (ала)	Abbassamento	Carico Idrico	
Lunghezza tratto interessato dalla prova	L=	2,30	m	rempo (sec)	(m)	Ci (m)	
Rapporto Lunghezza/Diametro	L/D=	20,18		0	0	5,50	
Area di Filtrazione	A=	0,823	m2	15	0,002	5,50	
Fattore di Forma	F=	3,90	m	30	0,004	5,50	
Altezza testa tubo dal p.c.	Hi=	0,50	m	45	0,005	5,50	
Profondità fondo foro	Hf=	5,00	m	60	0,006	5,49	
Carico Idrico	Ci =	5,50	m	180	0,008	5,49	
				300	0,010	5,49	
				600	0,013	5,49	
				900	0,017	5,48	
Coefficiente di permeabilità: K =	1,59E-06	m/sec		1200	0,020	5,48	
				1500	0,023	5,48	
			_	1800	0,025	5,48	
				2100	0,028	5,47	
				2400	0,031	5,47	
				2700	0,033	5,47	
				3600	0,035	5,47	



Geoservice s.a.s. Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG) tel. 0881500025

Prova di Permeabilità in Foro:

GeoService Servizi Geologici

LeFranc

(a carico variabile)

Committente: Repower Renewable S.p.a.		Località: Serracapriola (FG)					
Cantiere:	Progetto	Definitivo P.E.	Serracapriola				
Sondaggio:	2	Prova n.	2	Data:	29/10/2020	ora:	11:34
Profondità for	ndo foro :	10,50	m. dal p.c.	Liv	vello statico della falda:	11,75	m. dal p.c.

Parametri di Prova

Misure di Prova

Diametro foro	D=	D= 0,114 m		Tompo (coo)	Abbassamento	Carico Idrico
Lunghezza tratto interessato dalla prova	L=	2,70	m	rempo (sec)	(m)	Ci (m)
Rapporto Lunghezza/Diametro	L/D=	23,68		0	0	11,00
Area di Filtrazione	A=	0,966	m2	15	0,07	10,93
Fattore di Forma	F=	4,00	m	30	0,13	10,87
Altezza testa tubo dal p.c.	Hi=	0,50	m	45	0,21	10,80
Profondità fondo foro	Hf=	10,50	m	60	0,23	10,77
Carico Idrico	Ci =	11,00	m	180	0,58	10,42
				300	0,90	10,10
				600	1,40	9,60
				900	1,78	9,22
Coefficiente di permeabilità: K =	5,55E-05	5 m/sec		1200	2,13	8,87
				1500	2,44	8,56
				1800	2,70	8,30
				2100	2,95	8,05
				2400	3,26	7,74
				2700	3,46	7,54
				3600	3,84	7,16



GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA

GeoService Servizi Geologici

Ubicazione Sondaggi



Sondaggio B1 (S1)

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG) tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA





Sondaggio B2 (S2)

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025



Sondaggio Geognostico S 1



Postazione

S1 0.00-5.00 m

S1 5.00-10.00 m



S1 15.00-20.00 m

S1 20.00-25.00 m

S1 25.00-28.510 m



S1 10.00-15.00 m

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

71036 Lucera (FG) tel. 0881500025



Sondaggio Geognostico S 2



Postazione

S2 5.00-10.00 m



Chiusino

S2 10.00-15.00 m



GEOFISICA, GEOELETTRICA, GEOTECNICA E PENETROMETRIA

LUCERA (FG) Via Kennedy 36 tel. 0881 500025 tel. cell. 328/7178199

PROGETTO: PROGETTO DEFINITIVO DI UN PARCO EOLICO, IN AGRO DEL COMUNE DI SERRACAPRIOLA (FG)

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Il Responsabile Tecnico Dott. S. Finamore

LUCERA, OTTOBRE 2020

IL COMMITTENTE

REPOWER RENOWABLE S.P.A.

Soil Project s.a.s

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

Codice Qualità : 0149/20/L del 02/11/2020 Numero Accettazione : 148/20 del 02/11/2020

Committente:

Geoservice srl

Opera:

Progetto definitivo P.E. Serracapriola

Data Emissione Certificati: 17/11/2020



Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 del 10/07/2019

Soil Project s.a.s

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

Codice Qualità : 0149/20/L del 02/11/2020

Numero Accettazione : 148/20 del 02/11/2020

Il laboratorio geotecnico prove su terre Soil Project, per conto della Geoservice srl ha effettuato, sui campioni di terreno indisturbati S1C1-S1C2-S2C1, le seguenti prove:

- Apertura campione
- Analisi granulometria per setacciatura
- Analisi granulometria per sedimentazione
- Limiti di Atterberg
- Taglio diretto
- Taglio residuo su S1C1
- Prova espansione laterale libera
- Prova triassiale UU

Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 del 10/07/2019



SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN) Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it; email: info@soiloroiectsas.it P.I.:01515280624

pag. 1/1

Rev. 1 del 07/01/2013

APERTURA CAMPIONE

MOD L7.05/1c

Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	Data Emissione
Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	17/11/2020
Autorizzazio	ne Ministero dei L	avori Pubblici n 34	2 Del 10/07/2019	

DATI GENER	ALI
Committente	Geoservice sas p/c Repower Renewable spa
Opera/cant.	Progetto definitivo P.E. Serracapriola
Località	Serracapriola (FG)
Impresa	
Tecnico	

RIFERIMENTI E MODALITA' DI PRELIEVO

			-		ш	Mod. sondaggio:	
		辺		Q	Rotaz carotiere	X	
	RO		ĭ ĭ		RF	Rotaz.doppio carot.	
	БŌ		TR		Ш	Percussione	
	Z		Ľ		SU	Spirale	
	Х					Campionatore:	
Data	a Pre	lievo				Shelby	X
N. S	onda	aggio		S1		Osterberg	
Prof	. Sor	ndaggio (m	ו)			Mazier	
N. C	amp	ione		C1		Carotiere rotativo	
Prof. Campione (m)		6,00-6	,50	Carotiere doppio rot.			
Diametro campione (mm)		80		Cucchiaio			
Altezza campione (mm)		500		Altro			

PROVE	ESEGUITE	
N. Cod.	Prova	
A	Apertura campione	X
В	Caratteristiche fisico-volumetriche	
С	Analisi granulometrica	X
D	Limiti di Atterberg	X
E	Prova di permeabilità	
F	Prova edometrica	
G	Prova di taglio diretto	X
Н	Prova di taglio residuo	Х
1	Prova triassiale CID	
L	Prova triassiale CIU	
M	Prova triassiale UU	
N	Prova espansione laterale libera	X
0	Prova di compattazione	

Classe campione in base al prelievo

Q1	Q2	Q3	Q3 Q4				
Infissione	e in foro i	n fustella					
Da taglio	in superf	icie in fus	tella				
Rotazion	e in fustel	lla					
Sciolto							

IDENTIFICAZIONE VISIVA ALL'ESTRUSIONE

Gra	nular	e gro	sso/n	0			Gran	ulare m	iedio			G	iranu	nulare/coesivo Coesivo					X				
	CON	SISTI	ENZA		Cold	ore			Giallo ocra				Cla	sse	can	npio	ne s	fust	ellat	0			
х					Stru Tes:	ittura situra			Omogenea Fine			C	1	Q2		Q3		C	24	C	15		
					PRE	SENZ	A MA	T. ORG				0		FESS	URAZ	ZION	E		AL	LUN	GAM	ENT	0
BUONA	MEDIO-BUONA	MEDIA	MODESTA	SCARSA	ALTA		MEDIA	SCARSA		DISGREGATO		NON DISGREGAT	PERSISTENTE		MEDIA		ASSENTE		ACCENTUATO		MODESTO		SCARSO

Note:

Documentazione fotografica:

Lo Sperimentatore

Il Direttore del laboratorio Geol. Depiele Pipicelli

4	Tel: 08
	CAF
	Data accettazione: Data apertura:
	Autorizzaz

4	Tel: 0824 18	Rev. 1. del 07/01/2013						
	CARA (ASTA	MOD L7.05/2c						
	Data accettazione:	Data accettazione: 02/11/2020 Cod. Qualità: 0149/20/L del 2/11/20						
-	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12505			
	Autorizzazione	e Ministero dei La	avori Pubblici n 342	Del 10/07/2019				
Committente	Geoservice s	as p/c Repower	Renewable spa	N. Sondaggio	S1			
Opera/cant.	Progetto	definitivo P.E. S	erracapriola	Prof. Sondaggio (m)				
Località	Serracapriola (FG) N. Campione				C1			
Impresa	Prof. Campione (m)				6,00-6,50			
Tecnico	o Note							

Determinazioni

Peso campione (g) Peso precipitazione (g) Peso acqua utilizzata (g) Contenuto in solfati (%)

Peso di volume y (kN/m³)

SOIL PROJECT s.a.s.

PESO DI VOLUME y (BS 1377 T15/e)

Metodo campione	Provino					
		1 2				
Peso contenitore (g)		142,24	142,24	142,24		
Peso contenitore+campic	one umido (g)	315,48	314,88	315,00		
Peso campione umido (g)	173,2	172,6	172,8		
Volume contenitore (cm ³))	82,80	82,80	82,80		
Peso di volume γ (kN/m ³)	20,518	20,447	20,461		
an 1990 - 1990 - 1990 - 1990	MEDIA		20,48			
C.G. N=<2%	NY (2a)	6.21	6.14	0.07		

PESO SPECIFICO DEI GRANI γ_s (ASTM D854)

PARAMETRI DI STATO DERIVATI

Peso vol. secco γ_d (kN/m³) Indice dei vuoti e

Grado di saturazione (Sr) %

Peso volume saturo γ_{sat} (kN/m³)

 $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$ Peso volume immerso γ (kN/m³)

CONTENUTO SOSTANZE ORGANICHE (UNI EN 8520/14)

Porosità n (%)

 $\gamma_{sat} = \gamma_d + \gamma_w n$

Determinazioni n. Peso tara (g) Peso campione (g)

		Campio	one	
		1	2	3
Picnometro		A	В	С
Peso campione secco(g)		26,24	26,15	26,30
Temperatura di prova (°C	;)	20,00	20,00	20,00
Peso specifico acqua γ_w	(kN/m³)	9,80665	9,80665	9,80665
Peso pic. + acqua + camp	p. secco (g)	162,95	166,90	166,00
Peso picnometro + acqua	a (g)	146,5	150,5	149,5
Peso specifico dei grani y	′ _s (kN/m³)	26,28	26,30	26,32
	MEDIA		26,30	
$C.Q. = ij < I^{o}v$	Ar8 (".)	6.66	0.00	0.66

17,0

0,55 35,3

99,9

20,5

10,7

Provini

1

MEDIA

2

DETERMINAZIONE PESO DI VOLUME Y (ASTM D1188) Metodo volumometro Provino 1 2 3 Volumometro Peso volumometro + acqua (g) Peso campione umido (g) Peso volumometro + camp. umido (g) Differenza volume volumometro (cm3)

MEDIA

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

pag. 1/1

3

2

DETERMINAZIONE CONTENUTO D'ACQUA W (ASTM D2216)

MEDIA

		Provino			
		1	2	3	
Contenitore n°		A	В	С	
Peso contenitore (g) Peso cont. + peso camp. umido) (g)	9,50 63,70	9,40 63,58	9,40 63,28	
Peso cont. + peso camp. secco Peso campione secco (g)	(g)	54,55 45,05	54,40 45,00	54,20 44,80	
Contenuto d'acqua w (%)		20,31 20,40		20,27	
	MEDIA		20,33		
C.Q. 1.5%	Ar ("it	0.08	6.36	0.29	

DETERMINAZIONE CONTENUTO IN CaCO₃ (ASTM D4373)

	Pro	vino
	1	2
Pressione atmosferica (bar)		
Femperatura atmosferica (°C)		
Quantità campione secco (g)		
Svolgimento reazione (cm ³)		
Assorbimento reazione (cm ³)		
Contenuto carbonato di calcio (%)		
MEDIA		-

Note

Lo Sperimentatore

Peso campione calcinato + tara (g)

Contenuto in sostanze organiache (%)



Il Direttore/del laboratorio Geol. Daniele Pipicelli

	pag. 1/1						
4	Tel:	Rev. 1 del 07/01/2013					
	ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA (ASTM D422-63)						
	Data accettazione: 02/11/2020 Cod. Qualità: 0149/20/L del 2/11/20						
	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12506		
	Autoriz	zazione Ministero de	ei Lavori Pubblici n 34	2 Del 10/07/2019			
Committente	Geoservice	e sas p/c Repower	Renewable spa	N. Sondaggio	S1		
Opera/cant.	Progett	o definitivo P.E. Se	erracapriola	Prof. Sondaggio (m)	0,00		
Località	Serracapriola (FG) N. Campione				C1		
Impresa	0 Prof. Campione (m)				6,00-6,50		
Tecnico	0 Note						

Note:	1-1 <u>1-11-1</u> -11-11-				
SETACCI	APERTURA	RESTO	% RESTO	% RESTO	% PASSANTE
ASTM	(mm)	(g)		Progres.	
1 ^{1/2} "	31,500	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	12,00	2,76	2,76	97,24
4	4,750	4,50	1,04	3,80	96,20
8	2,360	2,50	0,58	4,38	95,62
10	2,000	0,73	0,17	4,55	95,45
16	1,180	0,63	0,15	4,69	95,31
20	0,850	0,50	0,12	4,81	95,19
30	0,600	0,00	0,00	4,81	95,19
40	0,425	0,50	0,12	4,92	95,08
60	0,250	1,00	0,23	5,15	94,85
80	0,180	1,60	0,37	5,52	94,48
100	0,150	0,67	0,15	5,68	94,32
200	0,075	11,50	2,65	8,32	91,68
FONDO		397,87	91,68	100,00	//
TOTALE		434.00	100,00	C.Q. > 97 %	

OPERAZIONE LAVAGGIO CAMPIONE

Contenitore n°	B10
Peso contenitore (g)	135,50
Peso campione umido (g)	494,5
Peso campione secco (g)	434,00
Peso campione secco lavato (g)	36,13
Peso quantità > 25 mm (g)	0,00
Perdita lavaggio (g)	397,87
Responso perdita	0,00

<u>Risultato</u>

GHIAIA	Grossa		0
	Media	Γ	3
4	Fine	4	1
SABBIA	Grossa		1
	Media	Г	1
14	Fine	14	12
LIMO/ARGILLA		82	82

Descrizione campione

Coefficienti granulometrici

Г

D60	(mm)	Coef. Uniformità (Cu)	
D30	(mm)	Coef. Curvatura (Cc)	
D10	(mm)		



Lo Sperimentatore



Il Direttore, del laboratorio aniele Pipicelli Geol

			SOIL PROJECT s.a.s.								p	ag. 1/2			
<	4	and the second second			Tel: 08	Viale 24 1816668	e Europa s 3; cell: 340	snc - Loc. (6867752	Cubante, 82018 C/ 333 1153056; inf	ALVI (BN) o: www.soilp	orojectsas.it;			Rev. 1 c	Icl 07/01/2013
-		2		AN	ALISI	GRAN			CAPER S	EDIME	NTAZION	IE		MOE) L7.05/4c
6			Data ac	cettazio	one:	0	2/11/202	(ASTM 20	Cod. Qualità	:	0149/20/L del	2/11/20		N°	Certificato
		_	Data ap	ertura:		0	5/11/202	20	N° ACC. :		148/20 del 2/1	1/2020			12507
			I		Autorizz	azione M	inistero	dei Lavo	ori Pubblici n 3	42 Del 1	0/07/2019 Г				
Comm	ittente			G	Broget	e sas p/o	Repov	ver Ren	ewable spa		N. Son	daggio			S1
Opera/	cant.				Floger		uvo P.E	. Serra	apriola		Prof. Sono	laggio	(m)		
Localit	à					Serra	capriol	a (FG)			N. Car	npione	_		C1
Impres	a					A					Prof. Cam	ipione ((m)	6,	00-6,50
Techic	0										Note				
Volume	a hulho d	lensimetre	$\sim (cm^3)$			NIL		00.0	1						1
Altezza	i bulbo d	ensimetro	(cm)				VB HB	17,4							
Sezion	e cilindro	o sedimen	tazione	(cm ²)			Sc	27,8	-						
Soluzio	one dispe	erdente(g/	1)					125							
Quant	ità mate	riale per l	la prova	a e pes	to specif	ico			Corrozioni	nor lotte	uro donaimu	otro			
Peso to	tale camp	oione per gi	ranulome	etria (g)			434,0	1	Correzioni	per ietti	ire densime	etro			
Peso to	tale granu	ulometria <	0,075 mr	n (g)			397,9		Correzione m	ienisco		См			0,5
Peso m	ateriale se	ecco per ae	erometria m ³)	ı (g)			40,00		Correzione te	mperatur	a	C _T	-4,4	0,22	
1 000 00			,				20,30	1	Correzione u	spersion	3		(4,4-8,	5)	-4,1
Analis	si corre	zione							CORREZIO	NE TEN	IP. & DISPE	RS.			
Acqua c	listillata		Acqua +	disper	sivo			(a)		D Dispe	rsione (b)				(b)
T (°C)	R _{lett.}	R' (a)	T (°C)	R _{iett.}	R' (b)	y = -(),2206x -	+ 4,4164	-		essione (a)		y =	-0,228x +	8,5383
18.5	-0.2	0,8	18.5	4,3 3.8	4,8 4,3	6 -	R ⁻ = 0,9:	557		Regre	essione (b)			R ² = 0,9	942
19	-0,3	0,2	19	3,7	4,2	-			0						
20,5	-0,6	-0,1	20,5	3,4	3,9 3.7	4 -				0	00				
21,5	-0,0	-0,6	23	2,9	3,4	2 -						-0-0		00	
24	-1,4	-0,9	24	2,6	3,1	Ř			•						
24,5	-1,0	-0,5 -1.3	24,5	2,5	3,0	0 -									
26,5	-2,1	-1,6	26,5	1,9	2,4	-2 -								0.0	
28	-2,4	-1,9	28	1,6	2,1										
	R'(a) = 4	4,4-0,22 T	2			-4 -	2	15	18		21	24		27	30
	R'(b) =	8,5-0,22 T								Т (°C)				
Deterr	ninazio	ne coeff	ficienti	Н	R' (solo	con ac	aua)					R	R' I	4.	н
							<u> </u>					(-)	(-)	(cm)	(cm)
				E	QUAZI	ONE R	-HR					30	30	2,10	10,30
		O Dispe	ersione R	'-HR				y = -	0,23x + 17,245			25	25	3,20	11,40
	20	Regr	essione F	к-нк					C – 0,9990			18	18	4,76	12,96
												15	15	5,45	13,65
21	15 -	0		-0-								12	12	6,14 6.60	14,34
Cu Cu					0 0	0	0					5	5	7,80	16,00
H H	0							0	0			0	0	9,00	17,20
	5			-								H _R	=14,83	-0,230 R	
	0	5		10	15	R'	20	25	30	35		a	14.8	b	-0.23
	Lo	Sperime	entator	9			A	/ .				Diretto	re del	laborate	orio
	_0					63	R		SU 9001				11	1 -	
		K	\sim			Ser la	mn		(Selicity)	5 3137	C	(Geol. D	Aniele	Pipice	Ili
												1			



		SOIL PR	OJECT s.a	I.S.	pag 1/2
4	Tel: 0824 18	Rev. 1 del 07/01/2013			
		LIMITI DI (ASTM DA	ATTERBERG	3	MOD L7.05/5c
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	N° Certificato
· ·	Data apertura:	05/11/2020	148/20 del 2/11/2020	12509	
	Autorizzaz	ione Ministero dei L	avori Pubblici n 3-	42 Del 10/07/2019	
Committente	Geoservice sa	s p/c Repower Re	newable spa	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progetto d	efinitivo P.E. Serra	acapriola	Prof. Sondaggio (m)	
Località	s	erracapriola (FG)		N. Campione	C1
Impresa				Prof. Campione (m)	6,00-6,50
Tecnico	in the standard of the state of			Note	







Geol.

eol. Øaniele Pipicelli

4	Tel: 0824 18	SOIL PRO Viale Europa snc - Loc. C 16668; cell: 340 6867752 - email: info@soilproject	JECT s.a subante, 82018 CAL 333 1153056; info: tsas.it P.I.:0151528	1.S. VI (BN) www.soilprojectsas.it; 0624	pag 2/3 Rov. 1 del 07/01/2013
		PROVA E	DI TAGLIO		MOD L7.05/6C
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	N° Certificato
·	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12512
	Autorizzazi	one Ministero dei Lav	ori Pubblici n 3	42 Del 10/07/2019	
Committente	Geoservice sas	p/c Repower Renewa	able spa	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progetto defi	nitivo P.E. Serracap	riola	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Ser	racapriola (FG)		N. Campione	C1
Impresa				Prof. Campione (m)	6,00-6,50
Tecnico				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/m2)	(mm)	(mm)	(kN/m ²)	(mm)	(mm)	(kN/m2)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,03	0,08	11,67	0,03	0,09	24,05	0,03	0,22	41,72
0,05	0,11	21,59	0,05	0,13	45,88	0,05	0,31	63,33
0,08	0,13	29,64	0,08	0,17	62,98	0,08	0,36	79,54
0,10	0,16	38,32	0,10	0,21	73,47	0,10	0,42	96,23
0,13	0,17	45,27	0,13	0,25	82,78	0,13	0,45	113,30
0,15	0,19	49,12	0,15	0,27	90,58	0,15	0,47	125,00
0,18	0,21	52,59	0,18	0,28	95,63	0,18	0,48	131,39
0,20	0,22	55,05	0,20	0,29	101,45	0,20	0,48	137,02
0,23	0,23	57,12	0,23	0,30	104,72	0,23	0,48	140,03
0,25	0,23	58,86	0,25	0,30	108,61	0,25	0,48	145,00
0,28	0,23	61,32	0,28	0,31	111,56	0,28	0,48	148,06
0,30	0,23	63,05	0,30	0,31	113,87	0,30	0,49	151,11
0,33	0,23	65,13	0,33	0,31	115,31	0,33	0,49	153,61
0,35	0,23	66,56	0,35	0,31	116,18	0,35	0,49	155,56
0,38	0,23	68,48	0,38	0,32	117,33	0,38	0,50	156,67
0,40	0,23	70,60	0,40	0,32	118,49	0,40	0,51	158,06
0,43	0,24	72,75	0,43	0,32	119,36	0,43	0,51	160,28
0,45	0,24	73,99	0,45	0,32	121,09	0,45	0,51	163,33
0,48	0,24	73,99	0,48	0,33	123,02	0,48	0,51	165,83
0,50	0,24	73,17	0,50	0,33	123,02	0,50	0,51	167,62
0,53	0,24	71,78	0,53	0,33	123,02	0,53	0,52	170,61
0,55	0,24	68,95	0,55	0,33	119,84	0,55	0,52	171,61
0,58	0,24	66,56	0,58	0,33	116,76	0,58	0,52	171,61
		110 U.S.				0,60	0,53	170,37
						0,63	0,53	169,12
						0,65	0,53	165,74
							da da	
				-				I

Lo Sperimentatore

50 9001 (fericar) (SO 9001 (fericar) (SO 9001 (fericar) (SO 9001 (SO 9001) (

Il Direttore del Jaboratorio Q Geol. Dahiele Pipicelli

		SOIL PR	ROJECT s.a.s		pag 3/3
4	Tel: 082	Viale Europa snc - 4 1816668; cell: 340 6867 email: info@soil	Loc. Cubante, 82018 CALVI (E 752 - 333 1153056; info: www projectsas.it P.I.:01515280624	IN) .soilprojectsas.it;	RLV 1 del 07/01/2013
		MOD L7.05/6C			
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	N° Certificato
- 	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12513
	Autorizzaz	ione Ministero dei La	avori Pubblici n 342 De	10/07/2019	
Committente	Geoservice	sas p/c Repower F	Renewable spa	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progette	o definitivo P.E. Se	rracapriola	Prof. Sondaggio (m)	
Località		Serracapriola (FC	B)	N. Campione	C1
Impresa				Prof. Campione (m)	6,00-6,50
Tecnico				Note	





			pag 1/1			
4	Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN) Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it; email: info@soilprojectsas.it P.I.;01515280624					Rov. 1 del 07/01/2013
	PROVA DI C	OMPRESS	SIONE A ESP	ANSIONE LA	ATERALE	MOD 1 7 05/0c
		LIB	ERA (ASTM D216	6)		MOD L7.03/90
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L de	el 2/11/20	N° Certificato
	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2	2/11/2020	12514
	Autorizzazi	one Ministero d	ei Lavori Pubblici r	342 Del 10/07/	/2019	
Committente	Geoservice	sas p/c Repow	er Renewable spa	N. S	Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progetto	definitivo P.E.	Serracapriola	Prof. So	ondaggio (m)	
Località		Serracapriola	(FG)	N. C	Campione	C1
Impresa				Prof. C	ampione (m)	6,00-6,50
Tecnico				Note	- 14.9	

		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Massa campione	g	182,24	181,69	181,54
Altezza	cm	7,62	7,62	7,62
Diametro superiore	cm	3,81	3,81	3,81
Diametro medio	cm	3,81	3,81	3,81
Diametro inferiore	cm	3,81	3,81	3,81
Sezione media	cm ²	11,40	11,40	11,40
Volume	cm ³	86,87	86,87	86,87
Velocità	mm/min	0,50	0,50	0,50

	P	rovin	o 1	
Comp. Anello Din., N.	Comp. Deform., mm.	e, %	Sezione media, cm2	Comp., kPa
0	0,0	0,00	11,40	0,00
62,52	0,05	0,06	11,41	54,80
131,78	0,27	0,35	11,44	115,18
154,45	0,38	0,50	11,46	134,80
217,59	0,58	0,76	11,49	189,39
274,59	0,87	1,14	11,53	238,11
324,85	1,16	1,52	11,58	280,60
367,75	1,45	1,91	11,62	316,40
405,75	1,76	2,30	11,67	347,69
437,01	2,06	2,70	11,72	372,94
462,75	2,38	3,12	11,77	393,22
484,20	2,70	3,54	11,82	409,67
502,59	3,02	3,96	11,87	423,36
524,66	3,34	4,38	11,92	440,03
540,59	3,66	4,81	11,98	451,36
549,79	4,00	5,24	12,03	456,95
554,69	4,33	5,68	12,09	458,91
552,85	4,66	6,11	12,14	455,28
544,27	4,99	6,55	12,20	446,12
1977-S				

Provino 2										
Comp. Anello Din., N.	Comp. Deform., mm.	е, %	Sezione media, cm2	Comp., kPa						
0	0,0	0,00	11,40	0,00						
92,55	0,05	0,06	11,41	81,13						
117,68	0,28	0,36	11,44	102,84						
169,16	0,39	0,51	11,46	147,61						
229,84	0,60	0,79	11,49	200,00						
281,33	0,90	1,18	11,54	243,85						
324,85	1,20	1,58	11,58	280,43						
364,07	1,51	1,98	11,63	313.00						
402,07	1,82	2,39	11,68	344,22						
432,11	2,14	2,81	11,73	368.36						
456.62	2,47	3,24	11,78	387.52						
476,85	2,80	3,68	11,84	402,87						
490,95	3,14	4,12	11,89	412,89						
502,59	3,47	4,55	11,94	420,77						
513,01	3,81	5,00	12,00	427,49						
517,91	4,15	5,45	12,06	429,53						
515,46	4,49	5,90	12,12	425,46						
508,11	4,84	6,35	12,17	417,38						
499,53	_5,19	6,81	12,23	408,32						

Risultati Test (valori medi	i)
Pressione finale al rottura	^{la} 420,12	kPa
Coesione non drenata, Cu	210,06	kPa

Comp. Anello	Comp. Deform.,	e, %	Sezione media,	Comp., kPa
Din., N.	mm.		cm2	
0	0.0	0.00	11.40	0.00
121,36	0,05	0.07	11,41	106,37
158,75	0,31	0,41	11,45	138,67
190,62	0,44	0.58	11,47	166,23
220,65	0,68	0,89	11,50	191,81
249,46	1,01	1,33	11,55	215,90
287,46	1,35	1,78	11,61	247,66
325,46	1,70	2,23	11,66	279,10
350,59	2,05	2,69	11,72	299,23
370,81	2,41	3,16	11,77	314,97
386,75	2,78	3,65	11,83	326,85
398,40	3,15	4,14	11,89	334,98
409,43	3,53	4,63	11,95	342,48
420,46	3,90	5,12	12,02	349,91
428,43	4,28	5,62	12,08	354,66
435,78	4,67	6,13	12,15	358,81
454,17	5,06	6,64	12,21	371,93
446,20	5,44	7,14	12,28	363,42
432,11	5,83	7,66	12,35	349,99
		- 55 - 28		

Il Direttore del laboratorio

ð

Dapielle Pipicelli

Geol.



(h)

GIT

ISO 9001

5 3137

Lo Sperimentatore

4	Tel 0824 -	SOIL PROJECT s.a.s. Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN) Tel 0824 160001; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it; email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624										
		MOD	L7.05/7c									
	Data accettazione: 02/11/2020 Cod. Qualità: 0149/20/L del 02/11/2020											
	Data apertura:	05/11/2020	N° Acc. :	148/20 de	02/11/2020	12537						
	Autorizzazio	one Ministero dei I	_avori Pubblici n 3	342 Del 10/07/	2019							
Richiedente	Geoserv	vice sas p/c Repow	ver Renewable spa	1	N. Sondagg	io	S1					
Opera/cant.	Prog	jetto definitivo P.E	. Serracapriola		Prof. Sondaggi	o (m)						
Località		e	C1									
Impresa					Prof. Campione	e (m)	6,00-6,50					
Tecnico												

Caratteristiche scatola di taglio e di esecuzione della prova

Lunghezza (mm)	60,00	Sezione A (cm ²)	36,00	Altezza H(mm)	22,00	Volume V (cm ³)	79,20
Numero steps carico	3	Velocit v (mm/min)	0,001	Numero di cicli	5	Corsa (mm)	8,40

I cicli sono consecutivi a quello di prima rottura

PROVI	NO 1				Ca	arico ve	erticale	98	kN/m ²					
	CICLO 1 CICLO 2			2		CICLO 3	3	CICLO 4				CICLO 5		
SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ
mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00
0,30	0,005	2,81	0,30	0,073	6,77	0,30	0,023	4,16	0,30	0,018	3,05	0,30	0,066	4,40
0,60	0,086	10,57	0,60	0,146	10,40	0,60	0,091	8,62	0,60	0,086	6,32	0,60	0,134	8,09
0,90	0,154	13,37	0,90	0,199	13,87	0,90	0,144	11,44	0,90	0,149	10,28	0,90	0,164	9,87
1,20	0,207	15,35	1,20	0,229	16,01	1,20	0,169	13,52	1,20	0,184	12,08	1,20	0,174	10,70
1,50	0,247	17,33	1,50	0,247	17,50	1,50	0,199	15,16	1,50	0,194	13,10	1,50	0,176	11,30
1,80	0,275	18,99	1,80	0,252	18,99	1,80	0,214	16,94	1,80	0,191	13,89	1,80	0,176	11,89
2,10	0,295	20,31	2,10	0,252	19,98	2,10	0,222	18,28	2,10	0,186	14,45	2,10	0,176	12,37
2,40	0,300	21,79	2,40	0,254	20,97	2,40	0,214	19,61	2,40	0,164	15,02	2,40	0,156	12,84
2,70	0,300	22,95	2,70	0,252	22,95	2,70	0,202	20,65	2,70	0,136	15,58	2,70	0,141	13,56
3,00	0,297	24,27	3,00	0,229	24,93	3,00	0,164	21,99	3,00	0,108	16,15	3,00	0,116	14,15
3,30	0,285	25,42	3,30	0,186	26,41	3,30	0,111	23,03	3,30	0,060	16,94	3,30	0,068	14,75
3,60	0,270	26,41	3,60	0,123	27,41	3,60	0,071	23,92	3,60	0,028	17,39	3,60	0,043	15,10
3,90	0,237	27,90	3,90	0,088	27,74	3,90	0,003	24,52	3,90	-0,010	17,84	3,90	-0,030	15,94
4,20	0,207	28,23	4,20	0,068	27,90	4,20	-0,025	24,81	4,20	-0,038	18,18	4,20	-0,058	16,06

PROV	INO 2				Ca	arico ve	erticale	196	kN/m ²					
CICLO 1				CICLO 2			CICLO 3	3	CICLO 4			CICLO 5		
SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ
mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²
0,00	0,003	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00
0,30	0,021	12,03	0,30	0,016	13,89	0,30	0,019	9,02	0,30	0,009	2,30	0,30	0,003	8,77
0,60	0,044	25,52	0,60	0,024	22,17	0,60	0,033	16,53	0,60	0,022	6,90	0,60	0,020	13,16
0,90	0,058	28,61	0,90	0,030	25,71	0,90	0,047	17,28	0,90	0,033	13,80	0,90	0,031	15,51
1,20	0,069	32,81	1,20	0,033	27,06	1,20	0,059	18,78	1,20	0,046	18,39	1,20	0,044	17,28
1,50	0,077	37,54	1,50	0,034	28,93	1,50	0,066	20,29	1,50	0,059	20,34	1,50	0,051	18,28
1,80	0,084	41,01	1,80	0,035	29,76	1,80	0,073	21,79	1,80	0,068	21,08	1,80	0,058	19,26
2,10	0,091	45,02	2,10	0,033	31,63	2,10	0,079	22,54	2,10	0,069	22,18	2,10	0,063	20,43
2,40	0,098	47,93	2,40	0,030	33,50	2,40	0,077	24,04	2,40	0,068	22,92	2,40	0,063	21,28
2,70	0,097	50,67	2,70	0,024	35,09	2,70	0,070	25,92	2,70	0,058	24,04	2,70	0,062	22,55
3,00	0,092	52,31	3,00	0,015	37,41	3,00	0,046	27,19	3,00	0,043	25,28	3,00	0,059	23.36
3,30	0,083	54,13	3,30	0,006	39,39	3,30	0,032	28,08	3,30	0,021	26,77	3,30	0,047	24.02
3,60	0,063	54,68	3,60	-0,001	40,46	3,60	0,009	29,00	3,60	-0,002	28,11	3,60	0,028	24,36
3,90	0,039	55,40	3,90	-0,005	41,57	3,90	-0,001	29,72	3,90	-0,015	29,00	3,90	0,003	25,17
4,20	0,019	55,40	4,20	-0,007	41,81	4,20	-0,008	29,89	4,20	-0,033	29,41	4,20	-0.009	25.68

PROV	INO 3				Ca	arico ve	erticale	294	kN/m ²					
	CICLO 1			CICLO 2 CICLO 3			3	CICLO 4			CICLO 5			
SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ	SH	SV cor	τ
mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²	mm	mm	kN/m ²
0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0.00
0,30	0,014	9,91	0,30	0,008	13,33	0,30	0,020	9,26	0,30	0,020	29,24	0,30	0.005	24.70
0,60	0,028	29,72	0,60	0,020	31,52	0,60	0,035	36,32	0,60	0,038	35,05	0,60	0,035	29.56
0,90	0,045	41,44	0,90	0,043	40,93	0,90	0,033	41,77	0,90	0,043	37,59	0,90	0,055	31.90
1,20	0,058	45,23	1,20	0,055	45,01	1,20	0,033	44,31	1,20	0,043	38,68	1,20	0,060	33,06
1,50	0,074	47,38	1,50	0,071	49,09	1,50	0,030	45,76	1,50	0,043	39,59	1,50	0,060	34,04
1,80	0,084	48,21	1,80	0,083	51,60	1,80	0,013	46,49	1,80	0,043	40,50	1,80	0,060	34,43
2,10	0,085	51,34	2,10	0,081	53,48	2,10	0,003	46,85	2,10	0,043	41,59	2,10	0,060	35.01
2,40	0,081	54,64	2,40	0,073	55,05	2,40	-0,015	47,22	2,40	0,038	42,68	2,40	0,060	35.40
2,70	0,075	57,12	2,70	0,063	56,30	2,70	-0,030	47,22	2,70	0,030	43,77	2,70	0.053	35.98
3,00	0,058	59,27	3,00	0,053	57,25	3,00	-0,048	48,67	3,00	0,018	45,04	3,00	0,038	37.15
3,30	0,043	60,75	3,30	0,038	58,19	3,30	-0,058	49,76	3,30	-0,010	46,13	3,30	0,010	39.48
3,60	0,029	62,07	3,60	0,028	58,97	3,60	-0,073	51,76	3,60	-0,040	46,67	3,60	-0.020	41.82
3,90	0,016	62,90	3,90	0,005	59,75	3,90	-0,088	53,03	3,90	-0,073	47,40	3,90	-0,045	44,15
4,20	-0,001	62,73	4,20	-0,010	60,23	4,20	-0,091	53,75	4,20	-0,106	47,58	4,20	-0,088	45,71

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio Geol. Daniele Pipicelli

4	Tel 0824	SOIL PROJECT s.a.s. Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN) Tel 0824 160001; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it; email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624									
		MOE) L7.05/7c								
	Data accettazione: Data apertura:	N° Certificato 12538									
	Autorizzazio	one Ministero dei I	avori Pubblici n 3	342 Del 10/07/	2019						
Richiedente	Geosen	vice sas p/c Repow	ver Renewable spa	l	N. Sondagg	lio	S1				
Opera/cant.	Prog	getto definitivo P.E	. Serracapriola		Prof. Sondaggi	o (m)					
Località		Serracapriola (FG) N. Campior									
Impresa		Prof. Campior									
Tecnico					Note						



PROVINO 2

PROVINO 3









Lo Sperimentatore



ISO 9001

 \checkmark













SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN) Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it; email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624

APERTURA CAMPIONE

Rev. 1 del 07/01/2013

pag. 1/1

MOD L7.05/1c

Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	Data Emissione
Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	17/11/2020
 Autorizzazio	ne Ministero dei L	avori Pubblici n 34	2 Del 10/07/2019	

DATI GENER	ALI
Committente	Geoservice sas p/c Repower Renewable spa
Opera/cant.	Progetto definitivo P.E. Serracapriola
Località	Serracapriola (FG)
Impresa	
Tecnico	

RIFERIMENTI E MODALITA' DI PRELIEVO

			-		ш	Mod. sondaggio:	
			ЦЩ I		l⊡	Rotaz carotiere	X
	8		l ⊻		R I	Rotaz.doppio carot.	
	6		TR		ШЩ	Percussione	
	Z		Z		SU	Spirale	
	X					Campionatore:	
Data	Data Prelievo					Shelby	X
N. S	onda	iggio		S1		Osterberg	
Prof	. Sor	ndaggio (m	ר)			Mazier	
N. C	amp	ione		C2		Carotiere rotativo	
Prof. Campione (m))	14,0-14	1,50	Carotiere doppio rot.	
Diametro campione (mm)			80		Cucchiaio		
Altezza campione (mm)) 500		Altro		

PROVE	ESEGUITE	
N. Cod.	Prova	
A	Apertura campione	Х
В	Caratteristiche fisico-volumetriche	
С	Analisi granulometrica	X
D	Limiti di Atterberg	X
E	Prova di permeabilità	
F	Prova edometrica	
G	Prova di taglio diretto	X
Н	Prova di taglio residuo	
1	Prova triassiale CID	
L	Prova triassiale CIU	
М	Prova triassiale UU	Х
N	Prova espansione laterale libera	
0	Prova di compattazione	

Classe campione in base al prelievo

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Infissione	in foro i	n fustella		
Da taglio	in superf	icie in fus	tella	
Rotazione	e in fuste	lla		
Sciolto				

IDENTIFICAZIONE VISIVA ALL'ESTRUSIONE

Gra	nulare	e gro	sso/n	0			Gra	nular	e me	edio			G	ranu	lare/	coesi	vo			Co	besiv	10		X
	CON	SISTI	ENZA		Col	ore			0.1286		Gr	igio				Cla	sse	can	npio	ne s	fust	ellat	0	
х					Stru Tes	uttura situra	1			(Omoo Fi	genea ne	a		G	1	G	2	C	23	C	24	Q	15
					PRE	SENZ	A M	AT. C	RG						FESS	URAZ	ZION	E		AL	LUN	GAM	ENT	0
BUONA	MEDIO-BUONA	MEDIA	MODESTA	SCARSA	ALTA		MEDIA		SCARSA		DISGREGATO		NON DISGREGATO	PERSISTENTE		MEDIA		ASSENTE		ACCENTUATO		MODESTO		SCARSO

Note:

Lo Sperimentatore

Documentazione fotografica:

Il Direttore del Jaboratorio Geol. Danigle Disicelli

		SOIL PR	OJECT s.	a.s.	pag. 1/1
4	Tel: 0824 18	Viale Europa snc - I 316668; cell: 340 6867 email: info@soilt	Loc. Cubante, 82018 CA 7752 - 333 1153056; inf proiectsas.it P.I.:015152	ALVI (BN) o: www.soilprojectsas.it; 80624	Rev. 1. del 07/01/2013
	CARA		E FISICO VOL		MOD L7.05/2c
		02210-02314-00	0 1 0 W	0020, 00 1327	
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	N° Certificato
	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12515
	Autorizzazione	e Ministero dei La	vori Pubblici n 342	Del 10/07/2019	
Committente	Geoservice s	as p/c Repower	Renewable spa	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progetto	definitivo P.E. Se	erracapriola	Prof. Sondaggio (m)	
Località		Serracapriola (F	G)	N. Campione	C2
Impresa				Prof. Campione (m)	14,0-14,50
Tecnico				Note	

Determinazioni

Peso campione (g)

PESO DI VOLUME γ (BS 1377 T15/e)

Metodo campione			Provino)
		1	2	3
Peso contenitore (g)		142,24	142,24	142,24
Peso contenitore+campio	one umido (g)	319,24	318,89	318,65
Peso campione umido (g)	177,0	176,7	176,4
Volume contenitore (cm ³))	82,80	82,80	82,80
Peso di volume γ (kN/m ³)	20,963	20,922	20,894
	MEDIA	1.000	20,93	
C.G. 19<2%	$\Delta \gamma (^{n} a)$	G.18	6.62	0.16

PESO SPECIFICO DEI GRANI γ_s (ASTM D854)

PARAMETRI DI STATO DERIVATI

Peso vol. secco γ_d (kN/m³) Indice dei vuoti *e*

Grado di saturazione (Sr) %

Peso volume saturo γ_{sat} (kN/m³)

 $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$ Peso volume immerso γ (kN/m³)

CONTENUTO SOSTANZE ORGANICHE (UNI EN 8520/14)

Porosità n (%)

 $\gamma_{sat} = \gamma_d + \gamma_w n$

Determinazioni n.

Peso tara (g) Peso campione (g)

		Campio	one	
		1	2	3
Picnometro		A	В	С
Peso campione secco(g)		26,26	26,10	26,04
Temperatura di prova (°C)		20,00	20,00	20,00
Peso specifico acqua yw (kN/m	3)	9,80665	9,80665	9,80665
Peso pic. + acqua + camp. seco	co (g)	163,00	166,91	165,90
Peso picnometro + acqua (g)		146,5	150,5	149,5
Peso specifico dei grani γ _s (kN/	m ³)	26,39	26,41	26,49
ME	DIA		26,43	
C.Q. Apr. 1%	\$ (".)	0.17	0.06	0.23

17,8

0,48

97,4

21,0

11,2

Provini

1

MEDIA

2

Peso precipitazione (g) Peso acqua utilizzata (g) Contenuto in solfati (%) MEDIA

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

DETERMINAZIONE PESO DI VOLUME y (ASTM D1188)

<u>Metodo volumometro</u>		Provino				
		1	2	3		
Volumometro						
Peso volumometro + acqua (g)						
Peso campione umido (g)						
Peso volumometro + camp. un Differenza volume volumometr	nido (g) o (cm³)					
Peso di volume γ (kN/m ³)						
	MEDIA					

3

2

DETERMINAZIONE CONTENUTO D'ACQUA W (ASTM D2216)

			Provinc	1
		1	2	3
Contenitore n°		A	В	С
Peso contenitore (g) Peso cont. + peso camp, umido) (a)	9,26 61.78	9,10 65.36	9,46 64.16
Peso cont. + peso camp. secco Peso campione secco (g)	(g)	54,00 44,74	56,98 47,88	56,00 46,54
Contenuto d'acqua w (%)		17,39	17,50	17,53
	MEDIA		17,47	
C.Q. 1/~1.5%	Ar Cak	0.49	0.16	0.33

DETERMINAZIONE CONTENUTO IN CaCO₃ (ASTM D4373)

	Pro	Provino		
	1	2		
Pressione atmosferica (bar)				
Temperatura atmosferica (°C)				
Quantità campione secco (g)				
Svolgimento reazione (cm3)				
Assorbimento reazione (cm3)				
Contenuto carbonato di calcio (%)				
MEDI	A			

Note

Lo Sperimentatore

Peso campione calcinato + tara (g)

Contenuto in sostanze organiache (%)





		SOIL I	PROJECT s.	a.s.	pag. 1/1
4	Tel:	Viale Europa s 0824 1816668; cell: 340 email: info@	nc - Loc. Cubante, 82018 CA 6867752 - 333 1153056; info Dsoilprojectsas.it P.I.:0151528	LVI (BN) : www.soilprojectsas.it; 30624	Rev. 1 del 07/01/2013
	ANAL	ISI GRANULO	METRICA PER S (ASTM D422-63)	SETACCIATURA	MOD L7.05/3c
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	N° Certificato
	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12516
	Autoriz	zazione Ministero d	ei Lavori Pubblici n 342	2 Del 10/07/2019	
Committente	Geoservice	e sas p/c Repower	Renewable spa	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progett	o definitivo P.E. S	erracapriola	Prof. Sondaggio (m)	
Località		Serracapriola (F	G)	N. Campione	C2
Impresa				Prof. Campione (m)	14,0-14,50
Tecnico				Note	

Note:					
SETACCI	APERTURA	RESTO	% RESTO	% RESTO	% PASSANTE
ASTM	(mm)	(g)		Progres.	
1 ^{1/2} "	31,500	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	0,00	0,00	0,00	100,00
4	4,750	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	-0,50	-0,11	-0,11	100,11
16	1,180	0,00	0,00	-0,11	100,11
20	0,850	-0,50	-0,11	-0,23	100,23
30	0,600	0,00	0,00	-0,23	100,23
40	0,425	0,15	0,03	-0,19	100,19
60	0,250	0,12	0,03	-0,17	100,17
80	0,180	0,32	0,07	-0,09	100,09
100	0,150	0,42	0,10	0,00	100,00
200	0,075	0,25	0,06	0,06	99,94
FONDO		438,76	99,94	100,00	11
TOTALE		439,02	100,00	C.Q. > 97 %	

OPERAZIONE LAVAGGIO CAMPIONE

Contenitore n°	P10
Peso contenitore (g)	80,40
Peso campione umido (g)	514,8
Peso campione secco (g)	439,02
Peso campione secco lavato (g)	0,26
Peso quantità > 25 mm (g)	0,00
Perdita lavaggio (g)	438,76
Responso perdita	0,00

Risultato

GHIAIA	Grossa		0
	Media	[0
0	Fine	0	0
SABBIA	Grossa		0
	Media	Γ	0
0	Fine	0	0
LIMO/ARGILLA	•	##	100

Descrizione campione

Coefficienti granulometrici

D60	(mm)	Coef. Uniformità (Cu)
D30	(mm)	Coef. Curvatura (Cc)
D10	(mm)	



CURVA GRANULOMETRICA

Lo Sperimentatore





						S	OIL	PRO	JECT s.a.s.				pag. 1/2
<	9	-			Tel: 08	Vialo 24 1816668 e	e Europa s 3; cell: 340 mail: info@	snc - Loc. (6867752 - Qsoilprojec	Cubante, 82018 CALVI (BN) 333 1153056; info: www.so tsas.it P.I.:01515280624	pilprojectsas.it;		Rev. 1	del 07/01/2013
	7			AN	ALISI	GRAN	ULON			IENTAZIO	NE	МС	D L7.05/4c
-			Data ac	cettazio	ne:	0	2/11/202	20	Cod. Qualità:	0149/20/L de	el 2/11/20	N	° Certificato
			Data ap	ertura:		0	5/11/202	20	N° ACC. :	148/20 del 2	2/11/2020		12517
					Autorizz	azione M	linistero	dei Lavo	ori Pubblici n 342 Del	10/07/2019			
Commi	ttente			G	eoservic	e sas pl	c Repov	wer Ren	ewable spa	N. Sc	ondaggio		S1
Opera/	cant.				Proget	to defini	itivo P.E	E. Serrad	apriola	Prof. So	ndaggio ((m)	
Localita	à					Serra	capriol	a (FG)		N. C	ampione		C2
Impres	а									Prof. Ca	mpione (m) 1	4,0-14,50
Tecnico	c					internet internet internet				Note			
Volume	e bulbo de	ensimetro	$c(cm^3)$				V _n	28.0	1				
Altezza	bulbo de	ensimetro	(cm)				HB	17,4					
Sezion	e cilindro	sedimen	tazione	(cm²)			Sc	27,8					
Soluzio	ne disper	rdente(g/	1)					125	J				
Quanti	tà mater	iale per l	la prova	e pes	o specif	ico							
Bass tot		000 001 0	ranulomo	tria (a)			430.0	1	Correzioni per le	tture densir	<u>netro</u>		
Peso tot	tale granul	ometria <	0,075 mr	n (g)			439,0		Correzione menisco		CM		0,5
Peso ma	ateriale se	cco per ae	erometria	(g)			40,00		Correzione temperat	ura	CT	-4,4 0,22	
Peso sp	ecifico dei	grai (kN/r	m ³)				26,43		Correzione dispersio	one	CD	(4,4-8,5)	-4,1
Analis	i correz	ione								MP. & DISP	PERS.		
Acqua d	listillata		Acqua +	disper	sivo	ĺ		(a)	• Dis • Dis	persione (a)			(b)
T (°C)	R _{lett.}	R' (a)	T (°C)	R _{lett.}	R' (b)	y = -	0,2206x ·	+ 4,4164		gressione (a)		y = -0,228×	+ 8,5383
16	0,3	0,8	16	4,3	4,8		$R^2 = 0,9$	557	Re	gressione (b)		$R^2 = 0$,9942
18,5	-0,2	0,3	18,5 10	3,8	4,3 4.2	6	<u> </u>			T	1		
20,5	-0,6	-0,1	20,5	3,4	3,9	4			0	0.0			
21,5	-0,8	-0,3	21,5	3,2	3,7					·····	0.00	0.0	
23	-1,1	-0,6	23	2,9	3,4	2						- 0	0
24	-1,4	-0,9	24	2,0	3,1	2			0 00				
25,5	-1,8	-1,3	25,5	2,2	2,7			0					
26,5	-2,1	-1,6	26,5	1,9	2,4	-2							•
28	-2,4	-1,9	28	1,6	2,1		-						
	R'(a) = 4	, 4-0,22 T				- 1	2	15	18	21	24	27	30
	R'(b) = 8	5-0.22 T	r						Т	(°C)			
Deter		, <u>,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,</u>	fielenti	ы	D! /oolo		(a)						
Deterr	mmazioi	le coell	IICIEIIU	<u>п</u> _R -	K (SOIC	COIL	<u>qua</u>				(-)	(-) (cm)	H _R (cm)
				E	QUAZI	ONE R	-HR				30	30 2,10	10,30
		O Dispe	ersione R	'-HR				y = -	0,23x + 17,245		25	25 3,20	11,40
	-	Regre	essione F	R'-HR				1	R ² = 0,9996		20	20 4,30	12,50
2	20 1			1			1				18	18 4,76	12,96
	0										12	12 6,14	14,34
Ê 1	15 -	0		0	0		1				10	10 6,60	14,80
2 (c					0	0	0				5	5 7,80	16,00
± ₁	10 -							0				0 9,00	17,20
												and the state of the state	
	5										H _R	=14,83-0,230	R'
	0	5		10	15	R'	20	25	30 34	5		14.8	b _0.23
							1				<u> </u>	טודו	~ -0,23
	Lo	Sperime	entatore	9		1	0		SO 9001	/	I Diretto	re del lapora	atorio
		10				(23)	mn		Contraine LAF			de	
		M					~~~	-	\$ 3137		Geol. L	Daplele Pipic	elli
	100	1										/	

		in the second									-					
6	-					S(Viale	DIL I Europa s	PRO	JEC Cubante, S	T s.a	1.S. /I (BN)				p	ag. 2/2
-	2	-			Tel: 08	24 1816668 e	l; cell: 340 mail: info@	0 6867752 - @soilprojec	- 333 115 tsas.it P.I	3056; info: v .:015152800	ww.soilp 624	projectsas.i	t;		Hev. 1 c	EL07/01/2013
	-			AN	ALISI	GRAN	ULON	IETRI (ASTM	CA P D422-6	ER SE	DIME	INTAZ	ION	IE	MOE) L7.05/4c
6			Data ac	cettazio	ne:	0	2/11/202	20	Cod.	Qualità:		0149/20/		2/11/20	N° ·	Certificato
			Data ap	entora.	Autorizz	u azione M	inistero	dei Lavo	ori Publ	olici n 342	Del 1	0/07/201	9	112020	2	12518
Comm	ittente			Ge	eoservic	e sas p/o	Repov	wer Ren	ewable	spa		N	. Son	daggio		S1
Opera/	cant.	(a second a second a			Proget	to defini	tivo P.E	E. Serrad	apriol	a		Prof.	Sond	laggio (m)		
Localit	à		ļ			Serra	capriol	a (FG)				N	. Can	npione		C2
Impres	а									-		Prof.	Cam	pione (m)	14	,0-14,50
Tecnic	0											Note				
0504																2
temp	T		H ₁	H _R	R'	H _R	Ст	γι	ηι	D	R"	Pass.	ĺ	Granulome	etria com	pleta
(min)	(°C)		(cm)	(cm)		(cm)				(mm)	-	Tot %				
0,5	20,0	30,0		8,2	30,5 30,0	7,825	0,00	0,9982	0,000	0,0532	26,40	104,8		Set.	D (mm)	Pass.
2	20,0	29,0		8,2	29,5	8,055	0,00	0,9982	0,000	0,0375	25,40	102,0		1 ^{1/2} "	31,50	100,0
4	20,0	28,5		8,2	29,0	8,17	0,00	0,9982	0,000	0,0192	24,90	98,8		1"	25,00	100,0
15	20,0	27,5		8,2	28,0	8,4 8.63	0,00	0,9982	0,000	0,0138	23,90	94,8		3/4"	19,00	100,0
30	20,0	25,5		8,2	26,0	8,9	0,00	0,9982	0,000	0,0073	21,90	86,9		4	4,750	100,0
60	20,0	24,0		8,2	24,5	9,205	0,00	0,9982	0,000	0,0053	20,40	81,0		8	2,360	100,0
300	20,0	23,0		8,2	23,5	9,435	0,00	0,9982	0.000	0,0038	19,40	73.0		10	2,000	100,1
600	20,0	21,0		8,2	21,5	9,895	0,00	0,9982	0,000	0,0017	17,40	69,0		20	0,850	100,2
1440	20,0	20,0		8,2	20,5	10,125	0,00	0,9982	0,000	0,0011	16,40	65,1		30	0,600	100,2
														40 60	0,425	100,2
Coeffi	icienti g	granulom	etrici				Perce	ntuale	passa	qgio				80	0,180	100,1
Dee														100	0,150	100,0
D60	(mm) (mm)						SABBI	A A	(%) (%)	0	1			200 S	0,075	99,9 104.8
D10	(mm)						LIMO		(%)	29	1			S	0,0379	102,8
Coof II	niformità	(Cu)					ARGIL	LA	(%)	71	J			S	0,0270	100,8
	mornie	(00)												S	0,0132	94,8
Coef. C	Curva (Cc)												S	0,0102	90,9
Descriz	ione ca	mpione (A	GI) :											S S	0,0073	86,9 81,0
							r i							S	0,0038	77,0
		Argil	la con	limo										S S	0,0024	73,0 69.0
														S	0,0011	65,1
Note																
			27. 1070			CUF	RVA GI	RANUL	OMET	RICA	2					
			GHIA	IA			SABBI	A			LIMC			ARC	SILLA	
	100			ΠΠ		Ш	Ш					ΠΠΤΙ	Т		Ш	
	90	HHH										₩	+			
	80	HHH		 												
%) @	70			+++++												
ante	60	╫┼┼┼											+-			
ass	50			╫╫┼									+		+++-	
<u>م</u>	40			╫╫┼					┤┤╿╿╏				+		+++-	
	30												+			
	20			***									+			
	10			+++++									1			
	ο μι 100		1	0		<u> </u> 111			0,1		0.0)1		0.001		0,0001
							Di	ametro	(mm)		- 14					
	1	o Sperim	entator	e		12	0		100 000	14				Il Direttore	del <i>l</i> abo	oratorio
		r	/				G	2	il setu	IAF				Geol D	ALL DI	nicelli
		/									031	1		Jeur. 190	angie Pi	olo Gill

		SOIL PR	OJECT s.a	I.S.	pag 1/2
4	Tel: 0824 1	Rev. 1 del 07/01/2013			
		LIMITI DI (ASTM D4	ATTERBERG	3	MOD L7.05/5c
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	N° Certificato
- I	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12519
	Autorizzaz	ione Ministero dei I	avori Pubblici n 34	42 Del 10/07/2019	
Committente	Geoservice sa	s p/c Repower Re	newable spa	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progetto d	efinitivo P.E. Serra	acapriola	Prof. Sondaggio (m)	
Località	s	erracapriola (FG)		N. Campione	C2
Impresa				Prof. Campione (m)	14,0-14,50
Tecnico				Note	







4	Tel: 0824 181	pag 2/3 Rov. 1 del 07/01/2013			
		PROVA E	DI TAGLIO		MOD L7.05/6C
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	N° Certificato
• I	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12522
	Autorizzazio	one Ministero dei Lav	ori Pubblici n 34	42 Del 10/07/2019	
Committente	Geoservice sas p	/c Repower Renewa	able spa	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progetto defin	nitivo P.E. Serracap	riola	Prof. Sondaggio (m)	
Località	Serr	acapriola (FG)		N. Campione	C2
Impresa				Prof. Campione (m)	14,0-14,50
Tecnico			initie,	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/m2)	<u>(</u> mm)	(mm)	(kN/m ²)	(mm)	(mm)	(kN/m2)	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,03	0,02	5,94	0,03	0,02	17,65	0,03	0,03	22,21	
0,05	0,03	10,03	0,05	0,03	32,95	0,06	0,07	41,47	
0,08	0,05	13,55	0,08	0,05	47,07	0,09	0,10	59,24	
0,10	0,06	17,09	0,10	0,06	56,49	0,10	0,12	64,43	
0,13	0,07	21,34	0,13	0,08	63,55	0,13	0,15	73,70	
0,15	0,08	25,25	0,15	0,09	67,08	0,15	0,18	80,89	
0,18	0,09	29,34	0,18	0,10	71,79	0,18	0,21	86,68	
0,20	0,09	32,68	0,20	0,12	74,14	0,20	0,23	91,32	
0,23	0,10	36,73	0,23	0,13	77,67	0,23	0,26	96,18	
0,25	0,10	40,28	0,25	0,14	80,02	0,25	0,28	100,71	
0,28	0,11	43,25	0,28	0,15	82,38	0,28	0,31	103,67	
0,30	0,12	44,56	0,30	0,16	84,73	0,30	0,33	106,63	
0,33	0,12	46,04	0,33	0,18	85,91	0,33	0,36	110,32	
0,35	0,13	48,47	0,35	0,19	87,09	0,35	0,37	113,57	
0,38	0,13	49,77	0,38	0,19	89,44	0,38	0,39	117,51	
0,40	0,14	50,50	0,40	0,20	90,62	0,40	0,40	120,52	
0,43	0,14	51,80	0,43	0,21	92,97	0,43	0,42	123,07	
0,45	0,15	52,92	0,45	0,21	96,50	0,45	0,44	124,23	
0,48	0,15	55,09	0,48	0,22	96,50	0,48	0,45	125,62	
0,50	0,16	57,19	0,50	0,23	97,68	0,50	0,46	127,24	
0,53	0,16	58,68	0,53	0,23	98,85	0,53	0,46	128,40	
0,55	0,16	59,93	0,55	0,24	98,85	0,55	0,47	129,79	
0,58	0,17	61,29	0,58	0,24	101,21	0,58	0,48	130,95	
0,60	0,17	62,20	0,60	0,25	102,38	0,60	0,48	132,57	
0,63	0,17	62,38	0,63	0,25	103,56	0,63	0,49	133,50	
0,65	0,17	62,54	0,65	0,26	104,74	0,65	0,49	133,50	
0,68	0,17	62,95	0,68	0,26	105,91	0,68	0,49	134,89	
0,70	0,17	63,50	0,70	0,26	105,91	0,70	0,50	136,51	
0,73	0,17	64,27	0,73	0,27	107,09	0,73	0,49	137,21	
0,75	0,17	64,27	0,75	0,27	108,27	0,75	0,50	137,21	
0,78	0,17	63,32	0,78	0,27	108,27	0,78	0,50	137,73	
0,80	0,17	61,83	0,80	0,27	108,27	0,80	0,50	137,73	
			0,83	0,27	108,27	0,83	0,51	137,73	
			0,85	0,27	107,09	0,85	0,51	137,73	
		-	0.88	0.27	105.91	0.88	0.51	136.25	

Lo Sperimentatore

Il Direttore del laboratorio Geol. Danjele Pipicelli
		SOIL PR	OJECT s.a.s	5.	pag 3/3
4	Tel: 082	Viale Europa snc - I 4 1816668; cell: 340 6867 email: info@soil	Loc. Cubante, 82018 CALVI (752 - 333 1153056; info: www projectsas.it P.I.:01515280624	BN) w.soilprojectsas.it; 4	RLV 1 del 07/01/2013
		PROV (A	A DI TAGLIO		MOD L7.05/6C
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	N° Certificato
– I	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12523
	Autorizzaz	ione Ministero dei La	avori Pubblici n 342 De	el 10/07/2019	
Committente	Geoservice	sas p/c Repower F	Renewable spa	N. Sondaggio	S1
Opera/cant.	Progette	o definitivo P.E. Se	rracapriola	Prof. Sondaggio (m)	
Località		Serracapriola (FC	B)	N. Campione	C2
Impresa				Prof. Campione (m)	14,0-14,50
Tecnico				Note	



Intercetta (kN/m ²)	29,96
Valore angolare (°)	20,54
	Intercetta (kN/m ²) Valore angolare (°)



	-				7.10004400	SO Viale Eur	opa snc - L	COJE	CT s	ALVI (EN)					pa	g 1/3	0.4.0
	2	and the second se			ret 0824 160	email:	346 855491 infc@soilp	a - 340 680 rojectsas.	57752; info it P.J.;0151;	: www.soil 5280624	iprojectsas.i	1;		R	FV î del	07/01/20	515
				5.V	PRO	VA DI	COMP	RESS	ONE 1	RIASS	SIALE				MOD L	7.05/12	с
				1	NON CC	NSOL	IDATA	NON	DREN	ATA (A	STM D476	7)					
			Data acc Data ape	ettazione ertura:		02/1	1/2020	Cod. (N° /	Qualità: Acc. :	014	49/20/L de 48/20 del	02/11/2 02/11/202	020 20		Nº Ce 12	ertificato 1524	
D : 1 : 1			1		Autorizza	azione	Ainistero	dei Lav	ori Publ	olici n 34	42 Del 10)/07/201	9				
Richied	ente				Geoservi	ce sas p	C Repov	Serreene	wable s	pa		Prof	Sondag	gio iio (m)		51	
Località	ant.				FI	Serr	acapriols	(FG)				FIUL N	Campio			C2	
Impresa						Jen	acapitoia	1(10)				Prof	Campior	ne (m)	1	40-14	50
Tecnico												Note	oumpion			-1,0 -1-1,-	
			1														
			г	1		Carat	teristic	ne inizia	li dei pi	rovini c	ilindrici						
Pesor	prov (a)	Prov. 1	Prov. 2	Prov. 3		Altezza	prov. (m)	Prov. 1 7.62	Prov. 2	Prov. 3		Diametr	o prov. (i	m)	Prov. 1 3.81	Prov. 2	Prov. 3
1 000 p		1.00,01	1.0.,	1.0.,]	/ intolined	<u>pro ()</u>	1 .,02		1,02	J	Blainet	o prov. (i	,	0,01	0,01	0,01
						Rottu	ra non (drenata	- paran	netri ge	ometrici						
								Der									
Dressi	ana di aa	Pro	VINO I Back	0000001	B - BD	Procei	ono di oo	Pro	Back		R - BD	Dragai	no di oo	Prov	Rack		D BD
Pressi	400	kN/m^2	Dacr	300	kN/m ²	Fless	500	kN/m^2	Daci	300	kN/m^2	Pressio	600	$\frac{11a - O_c}{kN/m^2}$	Daur	300	kN/m ²
	σ3=	100	kN/m ²		KIVIII		σ3=	200	kN/m ²		KIN/III			300	kN/m ²		KIN/III
=		ale	ale	ре	2		e E	ale	<u>e</u>	he	l c	æ	a F	e	ale	e	e.
Cedimen §	Sezione media A _r	Def. Assia ^{Ea}	Def. Radia ^{sr}	Var. volun ΔV	Def. Volumeti [£] v	Cedimen ô	Sezione media A	Def. Assia	Def. Radia ^{Er}	Var. volun ∆V	Def. Volumeti	Cedimen S	Sezione media A _r	Def. Assia ^ε a	Def. Radia ^{Er}	∕ar. volun ∆V	Def. Volumetr ⁵ v
mm	cm ²	%	%	cm ³	%	mm	cm ²	%	%	cm ³	%	mm	cm ²	%	%	cm ³	%
0,00	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00
0,13	11,41	0,13	0,06	0,00	0,00	0,19	11,43	0,24	0,06	0,00	0,00	0,18	11,43	0,24	0,12	0,00	0,00
0,67	11,48	0,67	0,33	0,00	0,00	0,44	11,47	0,57	0,33	0,00	0,00	0,43	11,46	0,56	0,28	0,00	0,00
1,11	11,53	1,11	0,56	0,00	0,00	0,73	11,51	0,96	0,56	0,00	0,00	0,71	11,51	0,94	0,47	0,00	0,00
1,93	11,62	1,93	0,96	0,00	0,00	1,04	11,56	1,36	0,96	0,00	0,00	1,02	11,55	1,33	0,67	0,00	0,00
2,95	11,75	2,95	1,47	0,00	0,00	1,36	11,61	1,78	1,47	0,00	0,00	1,33	11,60	1,75	0,87	0,00	0,00
3,90	11,86	3,90	1,95	0,00	0,00	1,68	11,66	2,21	1,95	0,00	0,00	1,65	11,65	2,16	1,08	0,00	0,00
4,54	11,94	4,54	2,27	0,00	0,00	2,02	11,71	2,65	2,27	0,00	0,00	1,98	11,70	2,60	1,30	0,00	0,00
5,03	12,00	5,03	2,51	0,00	0,00	2,36	11,76	3,10	2,51	0,00	0,00	2,31	11,76	3,04	1,52	0,00	0,00
5,55	12,07	5,55	2,77	0,00	0,00	2,69	11,82	3,53	2,77	0,00	0,00	2,64	11,81	3,46	1,73	0,00	0,00
6,10	12,14	6,10	3,05	0,00	0,00	3,03	11,87	3,98	3,05	0,00	0,00	2,97	11,86	3,90	1,95	0,00	0,00
7,02	12,26	7,02	3,51	0,00	0,00	3,37	11,93	4,43	3,51	0,00	0,00	3,31	11,92	4,34	2,17	0,00	0,00
7,96	12,39	7,96	3,98	0,00	0,00	3,73	11,99	4,89	3,98	0,00	0,00	3,65	11,97	4,79	2,40	0,00	0,00
8,93	12,52	8,93	4,47	0,00	0,00	4,43	12,10	5,82	4,47	0,00	0,00	4,35	12,09	5,70	2,85	0,00	0,00
9,89	12,65	9,89	4,95	0,00	0,00	5,15	12,23	6,76	4,95	0,00	0,00	5,05	12,21	6,63	3,31	0,00	0,00
10,85	12,79	10,85	5,43	0,00	0,00	5,90	12,36	7,74	5,43	0,00	0,00	5,78	12,34	7,58	3,79	0,00	0,00
11,84	12,93	11,84	5,92	0,00	0,00	6,63	12,49	8,71	5,92	0,00	0,00	6,50	12,46	8,53	4,27	0,00	0,00
12,85	13,08	12,85	6,42	0,00	0,00	7,37	12,62	9,67	6,42	0,00	0,00	7,22	12,59	9,48	4,74	0,00	0,00
13,86	13,23	13,86	6,93	0,00	0,00	7,93	12,72	10,41	6,93	0,00	0,00	7,77	12,69	10,20	5,10	0,00	0,00
						8,47	12,83	11,11	0,00	0,00	0,00	8,30	12,79	10,89	5,44	0,00	0,00
						9,08	12,94	11,92	0,00	0,00	0,00	8,90	12,91	11,68	5,84	0,00	0,00
		ļ				9,51	13,03	12,48	0,00	0,00	0,00	9,32	12,99	12,23	6,11	0,00	0,00
						3,37	13,12	13,00	0,00	0,00	0,00	9,77	13,08	12,82	0,41	0,00	0,00
						10,20	13 24	13,50	0.00	0,00	0,00	10,08	13,14	13,23	6.82	0,00	0,00
	1		L	L	L	,		,	1 3,00	3,00		10,00	10,20	10,00	0,02	0,00	0,00

Lo Sperimentatore

1

150 9001 UC Cethatr. (AF) (S 3107 Il Direttore del laboratorio

		SOIL PROJECT s.a.s.										
4	Tel 0024	Vialc Europa snc - 1 160001: cell: 346 85549 email: info@soil	Loc. Cubante, 8201& CA 13 - 340 6867752: info: v projectsas.it P.L.:015152	LVI (BN) vww.soilprojectsas i 80624	t:	F.E.	V 1 dcl 97/01/2013					
	PR	OVA DI COMP	RESSIONE TH	RIASSIALE		MOD 1 7 05/120						
	NON	NON CONSOLIDATA NON DRENATA (ASTM D4767)										
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L de	02/11/2020	N° Certificato						
	Data apertura:	05/11/2020	N° Acc. :	148/20 del	02/11/2020		12525					
	Autor	zzazione Ministero	o dei Lavori Pubbli	ci n 342 Del 10	0/07/2019							
Richiedente	Geose	rvice sas p/c Repov	ver Renewable spa	L	N. Sondaggio	0	S1					
Opera/cant.		Progetto definitivo P.E.	Serracapriola		Prof. Sondaggio	(m)						
ocalità		Serracapriola	a (FG)		N. Campione		C2					
mpresa		Prof. Campion										
Tecnico					Note							

Rottura non drenata - parametri meccanici nel piano Morh-Coulomb

		Prov	vino 1		Provino 2						Provino 3					
	σ ₃ =	100	kN/m ²			σ ₃ =	200	kN/m ²				σ ₃ =	300	kN/m²		
Carico F	Press. neutra u	Sovrapr. neutra. ^Δ ս	Tens. tangenz. $\tau = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$	Tens. normale $\sigma = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$	Carico F	Press. neutra u	Sovrapr. neutra. ∆ _u	Tens. tangenz. $\tau = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$	Tens. normale $\sigma = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$		Carico F	Press. neutra u	Sovrapr. neutra. ^Δ ս	Tens. tangenz. $\tau = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$	Tens. normale $\sigma = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$	
kN	kPa	kPa	kN/m ²	kN/m ²	 kN	kPa	kPa	kN/m ²	kN/m ²		kN	kPa	kPa	kN/m ²	kN/m ²	
0,000			0,00	100,00	 0,000			0,00	200,00		0,00			0,00	300,00	
0,081			35,65	135,65	 0,053			23,39	223,39		0,08			35,68	335,68	
0,187			81,26	181,26	 0,132			57,59	257,59		0,16			69,56	369,56	
0,244			105,65	205,65	 0,187			81,28	281,28		0,22			93,43	393,43	
0,309			132,74	232,74	 0,232			100,22	300,22		0,26			112,83	412,83	
0,381			162,16	262,16	 0,270			116,24	316,24		0,30			128,96	428,96	
0,439			185,09	285,09	0,305			130,62	330,62		0,33			141,49	441,49	
0,466			195,23	295,23	0,336			143,61	343,61		0,36			153,88	453,88	
0,489			203,64	303,64	0,366			155,53	355,53		0,39			166,52	466,52	
0,507			210,02	310,02	0,395			166,94	366,94		0,42			177,17	477,17	
0,523			215,31	315,31	0,421			177,43	377,43		0,45			188,45	488,45	
0,545			222,42	322,42	0,445			186,61	386,61		0,47			197,37	497,37	
0,559			225,49	325,49	0,467			194,73	394,73		0,49			205,41	505,41	
0,564			225,09	325,09	0,503			207,68	407,68		0,53			217,53	517,53	
0,567			223,90	323,90	0,529			216,40	416,40		0,55			224,74	524,74	
0,566			221,25	321,25	0,550			222,51	422,51		0,57			231,14	531,14	
0,563			217,65	317,65	0,565			226,42	426,42		0,58			232,21	532,21	
0,550			210,21	310,21	0,579			229,31	429,31		0,58			230,51	530,51	
0,532			200,94	300,94	0,590			231,70	431,70		0,58			228,68	528,68	
					0,591			230,28	430,28		0,58			226,22	526,22	
					0,591			228,18	428,18		0,57			220,39	520,39	
					 0,590			226,51	426,51		0,55		-	212,82	512,82	
					0,585			223,20	423,20		0,54			206,59	506,59	
					0,576			218,65	418,65		0,53			201.53	501.53	
					0,563			212,40	412,40		0,52			195,83	495,83	
		•••••			 								<u> </u>			
					 a, 1 an 1											

Lo Sperimentatore

150 9001 Sc Gentules (AF) (S 3137

Il Direttore del laboratorio

		SOIL PR	OJECT s.	a.s.		pag 3/3						
4	T∈I 0824 16	Viale Europa snc - Loc. Gubante, 62016 GALVI (BN) Tel 0824 160001; cell: 346 8554913 - 340 6867752; info: www.soilprojectsas.it; cmail: info@soilprejectsas.it P.I.:01515280624										
T	PRO NON CO	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA (ASTM D4767)										
	Data accettazione:	N° Certificato										
	Data apertura:	Data apertura: 05/11/2020 N° Acc. : 148/20 del 02/11/2020										
	Autorizza	azione Ministero	dei Lavori Pubbl	ici n 342 Del	10/07/2019							
Richiedente	Geoserv	ice sas p/c Repov	wer Renewable s	ра	N. Sondag	gio	S1					
Opera/cant.	F	rogetto definitivo P.E	. Serracapriola		Prof. Sondagg	gio (m)						
Località		Serracapriola (FG) N										
Impresa					Prof. Campior	ne (m)	14,0 - 14,50					
Tecnico					Note							







Il Direttore del Jaboratorio



SOIL PROJECT s.a.s.

Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN) Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it; email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624

APERTURA CAMPIONE

pag. 1/1

Rev. 1 del 07/01/2013

MOD L7.05/1c

Data	accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	Data Emissione
Data	apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	17/11/2020

DATI GENER	ALI
Committente	Geoservice sas p/c Repower Renewable spa
Opera/cant.	Progetto definitivo P.E. Serracapriola
Località	Serracapriola (FG)
Impresa	
Tecnico	

RIFERIMENTI E MODALITA' DI PRELIEVO

			-		ш	Mod. sondaggio:	
			1 <u>i</u>		Ω	Rotaz carotiere	X
	RO		ž		RF	Rotaz.doppio carot.	
	FO		TR		믭	Percussione	
	Z Z		Z		SU	Spirale	
	Χ					Campionatore:	
Data	Pre	lievo				Shelby	X
N. So	onda	iggio		S2		Osterberg	
Prof.	Sor	idaggio (m	1)			Mazier	
N. Ca	amp	ione		C1		Carotiere rotativo	
Prof.	Car	npione (m)	4,30-4	,70	Carotiere doppio rot.	
Diam	etro	campione (mm)	80		Cucchiaio	
Altez	za c	ampione ((mm)	500	6	Altro	

PROVE	ESEGUITE	
N. Cod.	Prova	
A	Apertura campione	X
В	Caratteristiche fisico-volumetriche	X
С	Analisi granulometrica	X
D	Limiti di Atterberg	X
E	Prova di permeabilità	
F	Prova edometrica	
G	Prova di taglio diretto	Х
Н	Prova di taglio residuo	
1	Prova triassiale CID	
L	Prova triassiale CIU	
M	Prova triassiale UU	
N	Prova espansione laterale libera	X
0	Prova di compattazione	

Classe campione in base al prelievo

Q1	Q2	Q3	Q3 Q4	
Infissione	in foro i	n fustella		
Da taglio	in superf	icie in fus	tella	
Rotazione	e in fustel	la		
Sciolto				•

IDENTIFICAZIONE VISIVA ALL'ESTRUSIONE

Gra	nulare	e gro	sso/n	0			Gra	nular	re medio Granu				ulare/coesivo				Coesivo				X			
	CON	SISTI	ENZA		Col	ore			Marrone				Classe can			npione sfustellato			0					
х					Stru	uttura		Omogenea				C	21	G	2	C	23	C	24	G	15			
-					PRE	SENZ	A M	AT. C	ORG						FESS	URAZ		E		AL	LUN	GAM	ENT	0
BUONA	MEDIO-BUONA	MEDIA	MODESTA	SCARSA	ALTA		MEDIA		SCARSA		DISGREGATO	-	NON DISGREGATO	PERSISTENTE		MEDIA		ASSENTE		ACCENTUATO		MODESTO		SCARSO

Note:

Documentazione fotografica:

Lo Sperimentatore

Il Direttore del laboratorio Geol. Danjalo Pipicelli



SOIL PROJECT s.a.s. pag. 1/1 Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN) Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it; Rev. 1. del 07/01/2013 email: info@soilproiectsas.it P.I.:01515280624 CARATTERISTICHE FISICO VOLUMETRICHE MOD L7.05/2c (ASTM D2216-D2974-D854-D4372-C128; UNI 8520; BS 1327) Data accettazione: 02/11/2020 Cod. Qualità: 0149/20/L del 2/11/20 N° Certificato 05/11/2020 Data apertura: N° ACC. : 148/20 del 2/11/2020 12527 Autorizzazione Ministero dei Lavori Pubblici n 342 Del 10/07/2019 Committente Geoservice sas p/c Repower Renewable spa N. Sondaggio **S**2 Opera/cant. Progetto definitivo P.E. Serracapriola Prof. Sondaggio (m) Serracapriola (FG) Località N. Campione C1 Impresa Prof. Campione (m) 4,30-4,70 Tecnico Note

Determinazioni

PESO DI VOLUME y (BS 1377 T15/e)

Metodo campione	Provino					
		1	2	3		
Peso contenitore (g)	142,24	142,24	142,24			
Peso contenitore+campio	303,44	303,56	304,00			
Peso campione umido (g)	161,2	161,3	161,8		
Volume contenitore (cm ³))	82,80	82,80	82,80		
Peso di volume y (kN/m ³	19,092	19,106	19,158			
	MEDIA					
C.Q. 35<2%	$N/(t^2/a)$	0.14	0.07	0.21		

PESO SPECIFICO DEI GRANI Ys (ASTM D854)

PARAMETRI DI STATO DERIVATI

Peso vol. secco γ_d (kN/m³)

Grado di saturazione (Sr) %

Peso volume saturo γ_{sat} (kN/m³)

Peso volume immerso γ (kN/m³)

Indice dei vuoti e

Porosità n (%)

 $\gamma_{sat} = \gamma_d + \gamma_w n$

 $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

		Campio	one		
		1	2	3	
Picnometro		A	В	С	
Peso campione secco(g)	26,10	26,04	26,09		
Temperatura di prova (°C	;)	20,00	20,00 20,00		
Peso specifico acqua yw	9,80665	9,80665	9,80665		
Peso pic. + acqua + camp	p. secco (g)	162,90	166,85	165,84	
Peso picnometro + acqua	a (g)	146,5	150,5	149,5	
Peso specifico dei grani y	26,39	26,39 26,35			
	MEDIA		26,33		
$C, Q, \exists j < I^{\mu}_{\mu}$	178 ("0)	0.23	0.10	0.33	

14,8

0,77

43.6

99,9

19,1

9,3

Peso campione (g) Peso precipitazione (g) Peso acqua utilizzata (g) Contenuto in solfati (%) MEDIA

2

3

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

DETERMINAZIONE PESO DI VOLUME Y (ASTM D1188)

<u>Metodo volumometro</u>		Provino				
	1	2	3			
Volumometro						
Peso volumometro + acqua (g)						
Peso campione umido (g)		1				
Peso volumometro + camp. umido (g) Differenza volume volumometro (cm ³)						
Peso di volume γ (kN/m ³)		_				
MEDIA	22.2					

DETERMINAZIONE CONTENUTO D'ACQUA W (ASTM D2216)

		Provino			
		1	2	3	
Contenitore n°	A	В	С		
Peso contenitore (g) Peso cont. + peso camp. umido	9,42 61,60	9,38 60,04	9,56 63,60		
Peso cont. + peso camp. secco Peso campione secco (g)	49,94 40,52	48,72 39,34	51,54 41,98		
Contenuto d'acqua w (%)	28,78	28,77	28,73		
	MEDIA	Sec. 2	28,76	and the second	
C.Q. 15%	A.C.i	0.06	0.05	0.11	

DETERMINAZIONE CONTENUTO IN CaCO₃ (ASTM D4373)

	Pro	ovino
	1	2
Pressione atmosferica (bar)		Î
Temperatura atmosferica (°C)		
Quantità campione secco (g)		
Svolgimento reazione (cm3)		
Assorbimento reazione (cm ³)		
Contenuto carbonato di calcio (%)		
MEDIA		100

Note

CONTENUTO SOSTANZE ORGANICHE (UNI EN 8520/14)

Determinazioni n.		1	2	
Peso tara (g)				
Peso campione (g)				
Peso campione calcinato + tara (g)				
Contenuto in sostanze organiache (%)				
	MEDIA		12.2.3	

Lo Sperimentatore



Il Direttore de laboratorio Geol. Daniele Pipicelli

		pag. 1/1			
5	Tel:	Rev. 1 del 07/01/2013			
	MOD L7.05/3c				
	Data accettazione: 02/11/2020 Cod. Qualità: 0149/20/L del 2/11				N° Certificato
	Data apertura:	05/11/2020	148/20 del 2/11/2020	12528	
	Autoriz	zazione Ministero d	ei Lavori Pubblici n 34	2 Del 10/07/2019	
Committente	Geoservice	e sas p/c Repower	Renewable spa	N. Sondaggio	S2
Opera/cant.	Progett	o definitivo P.E. S	erracapriola	Prof. Sondaggio (m)	
Località		Serracapriola (F	N. Campione	C1	
Impresa				Prof. Campione (m)	4,30-4,70
Tecnico				Note	

Note:					
SETACCI	APERTURA	RESTO	% RESTO	% RESTO	% PASSANTE
ASTM	(mm)	(g)		Progres.	
1 ^{1/2} "	31,500	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	0,00	0,00	0,00	100,00
4	4,750	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,44	0,11	0,11	99,89
16	1,180	0,56	0,14	0,24	99,76
20	0,850	0,54	0,13	0,37	99,63
30	0,600	0,46	0,11	0,48	99,52
40	0,425	0,28	0,07	0,55	99,45
60	0,250	1,96	0,48	1,03	98,97
80	0,180	1,70	0,41	1,44	98,56
100	0,150	0,39	0,09	1,53	98,47
200	0,075	1,41	0,34	1,88	98,12
FONDO		404,70	98,12	100,00	//
TOTALE		412,44	100,00	C.Q. > 97 %	

OPERAZIONE LAVAGGIO CAMPIONE

Contenitore n°	B5
Peso contenitore (g)	80,26
Peso campione umido (g)	480,0
Peso campione secco (g)	412,44
Peso campione secco lavato (g)	7,74
Peso quantità > 25 mm (g)	0,00
Perdita lavaggio (g)	404,70
Responso perdita	0,00

Risultato

GHIAIA	Grossa		0
	Media	Γ	0
0	Fine	0	0
SABBIA	Grossa		0
	Media	Γ	1
3	Fine	3	2
LIMO/ARGILLA	97	97	

Descrizione campione

D60 (mm) Coef Unife

I

D60	(mm)	Coef. Uniformità (Cu)	
D30	(mm)	Coef. Curvatura (Cc)	
D10	(mm)		



CURVA GRANULOMETRICA

Lo Sperimentatore





			SOIL PROJECT s.a.s.										ра	ag. 1/2	
	9			Viale Europa snc - Loc. Cubante, 82018 CALVI (BN) Tel: 0824 1816668; cell: 340 6867752 - 333 1153056; info: www.soilprojectsas.it; email: info@soilprojectsas.it P.I.:01515280624										Rev. 1 de	cl 07/01/2013
-				AN	ALISI	GRAN	ULON			SEDIME	NTAZION	IE		MOD	L7.05/4c
6			Data ac	cettazio	one:	0	2/11/202	0	Cod. Qualit	à:	0149/20/L del 2	2/11/20	-	N° C	Certificato
			Data ap	ertura:		0	5/11/202	0	N° ACC. :		148/20 del 2/1	1/2020		1	12529
			r		Autorizz	azione M	inistero	dei Lavo	ri Pubblici n	342 Del 1	0/07/2019				
Commi	ttente		Geoservice sas p/c Repower Renewable spa N. Sondaggio												S2
Opera/	cant.				Proget	to defini	itivo P.E	E. Serra	apriola		Prof. Sond	aggio (m)		
Localita	à					Serra	capriol	a (FG)			N. Can	npione			C1
Impres	a										Prof. Cam	pione (m)	4,3	30-4,70
Tecnico)	Note													
Volume	e bulbo d	ensimetro	o (cm ³)				V _B	28,0							
Altezza	bulbo de	ensimetro	(cm)	(2)			H _B	17,4							
Soluzio	e cilinaro	seaimen		(cm-)			Sc	27,8							
Soluzio		ruente(g/	<u>.</u>					125	1						
Quanti	ta mater	nale per l	a prova	e pes	so specif	100			Correzion	per lettu	ure densime	etro			
Peso tot	ale campi	ione per gr	ranulome	tria (g)			412,4								
Peso tot	ale granu	lometria <(0,075 mn	n (g)			404,7		Correzione r	nenisco	-	C _M			0,5
Peso ma	ecifico de	i grai (kN/n	n ³)	(g)			26.33		Correzione	dispersione	a		-4,4	5)	-41
Analis	i correz	zione							CORREZIO		IP. & DISPE	RS.	(.)).	-/	
Acquad	ictillato		Acquat	dispor	sivo	í í		(a)		Dispe	rsione (a)				(6)
T (°C)	Rist	R' (a)	T (°C)	R	R' (b)	v = -1	1 2206x -	L 4 4164	_	O Dispe	ersione (b)			0.000	(D)
16	0,3	0,8	16	4,3	4,8	,	$R^2 = 0.95$	557		· Regre	essione (b)		y =	$R^2 = 0.99$	6,5363 142
18,5	-0,2	0,3	18,5	3,8	4,3	6	1	1				-	<u> </u>		
19	-0,3	0,2	19	3,7	4,2				0	0.0.					
21,5	-0,8	-0,3	21,5	3,2	3,7	4					00.	.00.			
23	-1,1	-0,6	23	2,9	3,4	2							r . 0	0 0	
24	-1,4	-0,9	24	2,6	3,1	Ř			0	8.0					
25,5	-1,8	-1,3	25,5	2,2	2,7	0.					00			1	
26,5	-2,1	-1,6	26,5	1,9	2,4	-2							-	0	
28	-2,4	-1,9	28	1,6	2,1										
	R'(a) = 4	1,4-0,22 T				-4 -	2	15	18		21	24		27	30
	R'(b) = 8	3,5-0,22 T	-							Т (°C)				
Deterr	ninazio	ne coeff	ficienti	H _R -	R' (solo	con ac	qua)					R _{lett.}	R' H	H ₁ I	H _R
				-	01147							(-)	(-)	(cm)	(cm)
					QUAZI	UNE R	-HK			1		30	30	2,10	10,30
	_	O Dispe	ersione R	'-HR				y=-	0,23x + 17,24t R ² = 0.9996			20	20	4.30	12,50
2	0	Regit	essione n							1		18	18	4,76	12,96
												15	15	5,45	13,65
	5	0		-								12	12	6,14 6.60	14,34
(<u>c</u>					0 0	0	-					5	5	7,80	16,00
HH 1	0							0				0	0	9,00	17,20
'							1								
	5		- i - dini									H _R =	=14,83	-0,230 R	
	0	5		10	15	R'	20	25	30	35		1.1.1.1	445		
						ĸ						а	14,8	b	-0,23
	10	Sperime	entator	9				/ =			ШГ)irettor	e del	tahorato	rio
	20	5,5511110		5-C		(2)	R		50 9001	A	11			n	
		r				S	Init	V	Continue	5 3137			A	Pinical	li
		-]		(1).					1001. 9	anere	, ripicel	n



Geol. Gale Pipicelli

		SOIL PR	OJECT s.a	I.S.	pag 1/2		
4	Rev. 1 del 07/01/2013						
	LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D4318 ASTM 4943)						
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	N° Certificato		
<u> </u>	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12531		
	Autorizzaz	ione Ministero dei L	avori Pubblici n 3	42 Del 10/07/2019			
Committente	Geoservice sa	s p/c Repower Re	newable spa	N. Sondaggio	S2		
Opera/cant.	Progetto d	efinitivo P.E. Serra	acapriola	Prof. Sondaggio (m)			
Località	Serracapriola (FG)			N. Campione	C1		
Impresa			Prof. Campione (m)	4,30-4,70			
Tecnico				Note			



		SOIL DDO		c		nag 2/2
			pag ziz			
	Tel: 0	824 1816668; cell: 340 686775 email: info@soilpro	2 - 333 1153056; info: v iectsas.it P.I.:01515280	www.soilprojectsas.it; 624	R	ev. 1 del 07/01/2013
			ATTERBERG			
		(ASTM D4	318 ASTM 4943)			MOD L7.05/50
	Data accettazione: Data apertura:	02/11/2020 05/11/2020	Cod. Qualità: N° ACC. :	0149/20/L del 2/1 148/20 del 2/11/2	1/20 2020	N° Certificato 12532
	Autori	zzazione Ministero dei L	avori Pubblici n 34	2 Del 10/07/2019		
Committente	Geoservic	e sas p/c Repower Rei	newable spa	N. Sondaggi	0	S2
Opera/cant.	Proget	to definitivo P.E. Serra	capriola	Prof. Sondaggio) (m)	
Località		Serracapriola (FG)	1 - 19 - 19 - 19 - 19 - 19 - 19 - 19 -	N. Campione	Э	C1
Impresa				Prof. Campione	(m)	4,30-4,70
Tecnico				Note		
INDICI CARATTERI % Campione < 0,0 Contenuto d'acqua	1 <u>STICI</u> 002 mm a (%)	43 28,8				
Indice plasticità I _p (%) Non plastico (0-5) Poco plastico (5-15) Plastico (15-40) Molto plastico (>40)	29,1	Indice di consistenza Fluido Fluido-plastico Molle-plastico Plastico Solido-plastico Solido-plastico	a l _c 0,52 (<0)	Indice di attiv Inattivo Norm. Attivo Attivo	ità I _A (<0,75) (0,75-1,25) (>1,25)	0,678 X
DET LIMITE DI RITIRO Ws Capsula in monel n° Peso capsula (g) Peso capsula + peso merco Peso specifico mercurio (g Volume capsula in monel (Peso capsula + peso mate Peso capsula + peso mate Volume campione secco (d	eurio (g) /cm ³) iriale umido (g) iriale secco (g) cm ³)	Campione 1 2	Media	Contenuto d'acq. i Limite di ritiro W _s Coefficiente di ritin Ritiro di volume V	niz. W _i (%) (%) ro R _s	
1 0,0 ⁽¹⁾ ⁽²⁾	10,0	20,0 30,0	40,0	50,0	□ Ws (% □ Wp (% ■ WL (%) ■ Wi (%)	
Lo Sperimental	tore		ISO 9001	5 3137	II Direttore Geol. Dei	dei laboratorio 1 ₂ lele Pipic elli



i

_____I

4	pag 2/3 Ecv. 1 del 07/01/2013							
		PROVA DI TAGLIO (ASTM D3080)						
	Data accettazione: Data apertura:	02/11/2020 05/11/2020	Cod. Qualità: N° ACC. :	0149/20/L del 2/11/20 148/20 del 2/11/2020	N° Certificato 12534			
	Autorizzazi	one Ministero dei Lav	ori Pubblici n 34	42 Del 10/07/2019				
Committente	Geoservice sas	o/c Repower Renew	able spa	N. Sondaggio	S2			
Opera/cant.	Progetto defi	nitivo P.E. Serracap	riola	Prof. Sondaggio (m)				
Località	Ser	racapriola (FG)		N. Campione	C1			
Impresa				Prof. Campione (m)	4,30-4,70			
Tecnico				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/m2)	(mm)	(mm)	(kN/m ²)	(mm)	(mm)	(kN/m2)	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0.00	
0,03	0,07	2,94	0,03	0,08	5,81	0,03	0,10	21,36	
0,05	0,12	5,55	0,05	0,11	9,88	0,05	0,13	32,61	
0,08	0,16	8,79	0,08	0,14	13,94	0,08	0,17	41,85	
0,10	0,19	12,50	0,10	0,17	17,72	0,10	0,20	46,76	
0,13	0,22	16,35	0,13	0,19	21,50	0,13	0,22	50,80	
0,15	0,24	20,51	0,15	0,21	25,27	0,15	0,25	55,08	
0,18	0,26	23,13	0,18	0,23	29,58	0,18	0,27	59,75	
0,20	0,27	25,79	0,20	0,25	32,54	0,20	0,30	62,63	
0,23	0,29	28,07	0,23	0,27	35,50	0,23	0,32	66,10	
0,25	0,30	29,91	0,25	0,29	38,34	0,25	0,34	69.85	
0,28	0,32	31,44	0,28	0,30	42,12	0,28	0,36	72.45	
0,30	0,33	33,72	0,30	0,32	46,19	0,30	0,37	74.47	
0,33	0,34	35,61	0,33	0,33	48,80	0,33	0,39	77.35	
0,35	0,35	36,69	0,35	0,35	51,77	0,35	0,41	80.24	
0,38	0,36	38,38	0,38	0,36	53,86	0,38	0,42	83.41	
0,40	0,36	40,09	0,40	0,37	56,21	0,40	0,44	87,28	
0,43	0,36	40,97	0,43	0,39	58,15	0,43	0,46	90.63	
0,45	0,37	42,25	0,45	0,40	60,72	0,45	0,47	93.51	
0,48	0,37	43,64	0,48	0,41	62,95	0,48	0,48	96.69	
0,50	0,37	44,71	0,50	0,42	64,84	0,50	0,49	100,15	
0,53	0,37	45,78	0,53	0,43	66,23	0,53	0,50	103,62	
0,55	0,38	46,56	0,55	0,44	67,68	0,55	0,52	107.66	
0,58	0,38	47,49	0,58	0,45	68,04	0,58	0,53	110,16	
0,60	0,38	48,40	0,60	0,46	68,04	0,60	0,54	111.38	
0,63	0,38	48,88	0,63	0,47	68,04	0,63	0,55	113.00	
0,65	0,39	49,08	0,65	0,47	67,58	0,65	0,55	113.63	
0,68	0,39	49,08	0,68	0,47	66,21	0,68	0.56	113.63	
0,70	0,39	48,34	0,70	0,48	65,18	0,70	0.57	113.63	
0,73	0,40	47,95				0.73	0.57	112.50	
0,75	0,40	47,01				0,75	0,58	110,83	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio 0 Geol. Daniele Pipicelli

٦

		SOIL PF	ROJECT s.a.s	ò.	pag 3/3
4	Tel: 082	REV 1 del 07/01/2013			
		MOD L7.05/6C			
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	N° Certificato
	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12535
	Autorizzaz	ione Ministero dei Li	avori Pubblici n 342 De	1 10/07/2019	
Committente	Geoservice	sas p/c Repower F	Renewable spa	N. Sondaggio	S2
Opera/cant.	Progette	o definitivo P.E. Se	rracapriola	Prof. Sondaggio (m)	_
Località	Serracapriola (FG) N. Campione				C1
Impresa		4,30-4,70			
Tecnico			1 400 101	Note	





4	Tel: 0824 1	pag 1/1 Rev. 1 del 07/01/2013				
		LIBERA (ASTM D2166)				
	Data accettazione:	02/11/2020	Cod. Qualità:	0149/20/L del 2/11/20	N° Certificato	
-	Data apertura:	05/11/2020	N° ACC. :	148/20 del 2/11/2020	12536	
	Autorizzazi	one Ministero d	ei Lavori Pubblici n	342 Del 10/07/2019		
Committente	Geoservice	as p/c Repow	er Renewable spa	N. Sondaggio	\$2	
Opera/cant.	Progetto	definitivo P.E.	Serracapriola	Prof. Sondaggio (m)		
Località		Serracapriola	(FG)	N. Campione	C1	
Impresa				Prof. Campione (m)	4,30-4,70	
Tecnico	Note					

		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Massa campione	g	179,54	180,06	180,24
Altezza	cm	7,62	7,62	7,62
Diametro superiore	cm	3,81	3,81	3,81
Diametro medio	cm	3,81	3,81	3,81
Diametro inferiore	cm	3,81	3,81	3,81
Sezione media	cm ²	11,40	11,40	11,40
Volume	cm ³	86,87	86,87	86,87
Velocità	mm/min	0,50	0,50	0,50

Provino 1							
Comp. Anello Din., N.	Comp. Deform., mm.	Comp. Deform., e, % mm.		Comp., kPa			
			1				
0	0,0	0,00	11,40	0,00			
67,53	0,06	0,08	11,41	59,18			
113,92	0,35	0,46	11,45	99,47			
147,39	0,49	0,64	11,47	128,45			
174,99	0,75	0,99	11,51	151,97			
200,83	1,12	1,47	11,57	173,55			
225,49	1,50	1,97	11,63	193,88			
250,15	1,89	2,48	11,69	213,97			
273,64	2,28	2,99	11,75	232,83			
296,54	2,68	3,51	11,82	250,97			
340,58	3,09	4,06	11,88	286,62			
381,10	3,50	4,60	11,95	318,90			
419,27	3,92	5,15	12,02	348,82			
451,57	4,33	5,69	12,09	373,55			
476,23	4,76	6,25	12,16	391,62			
491,50	5,19	6,81	12,23	401,75			
496,19	5,62	7,37	12,31	403,13			
497,95	6,05	7,94	12,38	402,10			
490,44	6,48	8,51	12,46	393,58			

Provino 2								
Comp. Anello Din., N.	Comp. Deform., mm.	e, %	Sezione media, cm2	Comp., kPa				
0	0,0	0,00	11,40	0,00				
59,31	0,06	0,08	11,41	51,98				
105,70	0,35	0,46	11,45	92,29				
157,37	0,49	0,64	_11,47	137,15				
196,13	0,75	0,99	11,51	170,33				
227,25	1,12	1,47	11,57	196,39				
254,85	1,50	1,97	11,63	219,12				
280,69	1,89	2,48	11,69	240,09				
304,18	2,28	2,99	11,75	258,81				
325,90	2,68	3,51	11,82	275,81				
344,69	3,09	4,06	11,88	290,08				
362,31	3,50	4,60	11,95	303,18				
376,40	3,92	5,15	12.02	313.16				
389,91	4,33	5,69	12.09	322,54				
401,65	4,76	6.25	12.16	330.30				
412,81	5,19	6.81	12,23	337,43				
421,62	5,62	7,37	12,31	342,54				
429,25	6,05	7,94	12,38	346,62				
436,30	6,48	8,51	12,46	350,13				
442,17	6,93	9,10	12,54	352,54				
449,22	7,38	9,69	12,62	355,85				
450,39	7,83	10,27	12,71	354,47				
450,39	8,27	10,85	12,79	352,19				
445,11	8,70	11,41	12,87	345,85				

Risultati Test (valori medii)						
Pressione finale alla rottura	381,01	kPa				
Coesione non drenata, Cu	190,51	kPa				

Provino 3								
Comp. Anello Din., N.	Comp. Deform., mm.	e, %	Sezione media, cm2	Comp., kPa				
0	0.0	0.00	11.40	0.00				
35.23	0.06	0,00	11 41	20.00				
82.21	0.35	0.46	11 45	71 79				
113 33	0.40	0,40	11 45	08 77				
136.82	0,45	0.04	11 51	118.82				
157.96	1 12	1 47	11.57	136 51				
177 92	1.50	1 97	11.63	152.08				
106 13	1,00	2 /8	11,00	167.76				
215 51	2.28	2,40	11 75	183 37				
234.88	2.68	3.51	11.82	109,57				
254.85	3.00	4.06	11.88	214 47				
274.81	3.50	4,00	11.00	220.06				
312.40	3.92	5 15	12.02	259.00				
346.45	4 33	5.69	12,02	286.60				
375 23	4,00	6.25	12.00	308.57				
399 30	5 19	6.81	12 23	326 30				
423.38	5.62	7 37	12 31	343.98				
445 11	6.05	7 94	12.38	359 43				
460.37	6.48	8.51	12,00	369 45				
472.12	6.93	9 10	12.54	376.42				
481.51	7.38	9.69	12.62	381.44				
487.97	7.83	10.27	12 71	384.05				
490.91	8.83	11.58	12.89	380.71				
487.97	9.83	12.90	13.09	372.81				









GEOFISICA, GEOELETTRICA, GEOTECNICA E PENETROMETRIA

LUCERA (FG) Via Kennedy 36 tel. 0881 500025 tel. cell. 328/7178199

PROGETTO: PROGETTO DEFINITIVO DI UN PARCO EOLICO, IN AGRO DEL COMUNE DI SERRACAPRIOLA (FG)

SONDAGGI PENETROMETRICI

(Dynamic Probing Super Heavy)

Il Responsabile Tecnico Dott. S. Finamore

LUCERA, OTTOBRE 2020

IL COMMITTENTE

REPOWER RENOWABLE S.P.A.

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG) tel. 0881500025



PENETROMETRIA

I *Dynamic Probing Super Heavy* (Sondaggi Penetrometrici Dinamici Super Pesanti), rappresentano un sistema d'indagine indiretto del sottosuolo, rapido ed utile, anche se limitati realmente in quanto puntiformi.

Il sistema risulta particolarmente utile, in quanto permette di ricostruire la litostratigrafia, riconoscere la litologia dei terreni, calcolare mediante formule e tabelle di conversione alcuni parametri geotecnici, nonché la resistenza dinamica *Rd* alla punta e la capacita portante dei terreni *Qad*.

La prova consiste nell'infissione nel terreno di una punta metallica conica, avente caratteristiche standardizzate, cioè superficie di 20 cm² ed angolo di 90°, mediante la caduta di un maglio del peso di 63.5 kg da una altezza di 0.75 m, registrando il numero di colpi necessari per 20 cm di affondamento della punta nel terreno.

Gli istogrammi ottenuti portando su un grafico il numero di colpi e l'affondamento della punta, ricavati dalle prove penetrometriche indicano la penetrazione dinamica della punta conica nel terreno.

Dalla loro morfologia è possibile riconoscere la litologia del sottosuolo nelle sue linee essenziali. In particolare, sono generalmente differenziabili i terreni incoerenti da quelli coerenti. Nel primo caso, infatti, l'istogramma presenta un andamento frastagliato, con alternanza di intervalli con numero di colpi "N" elevati, ad altri con valori più bassi; nel secondo caso, i valori risultano più costanti, mostrando una netta linearità del grafico. Ciò è ricollegabile alle diverse modalità di rottura, che caratterizzano e differenziano i litotipi resistenti per attrito interno (litotipi sabbiosi) da quelli resistenti per coesione (litotipi argillosi).

Inoltre conoscendo peso del maglio ed altezza di caduta, quindi l'energia d'infissione è possibile ricavare, mediante la *Formula degli Olandesi*, la resistenza dinamica *Rd* alla punta e la capacita portante dei terreni *Qad*.

Ancora opportuni fattori di correlazione permettono di correlare il numero di colpi N10 della *Dynamic Probing Medium* con il numero di colpi della *Standard Penetretion Test NSPT*, e di conseguenza mediante abachi e formule permette di ottenere alcuni parametri geotecnici.

Strumentazione Usata: Penetrometro Dinamico Continuo DPSH Pagani 63-100

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 1 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy) DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Cantiere : Località :	Repower Renewable S.p.a Progetto Definitivo P.E. S Serracapriola (FG)	a. ierracapriola	Data :27/10/2020					
Numero di colp	penetrazione punta	25 40 45 50	Rpd (Kg/cm ²)	A 04.4 129.9	Interpretazione Stratigrafi	ca		
					0.00 Limo argi moderata	lloso sabbioso mente consistente		
			2					
					180 cm			
5								
8	12				780,0 Limo argi	Iloso sabbioso te		
0	13				Ξ.			
10-	22 26 26 28 30				2 00			
	30	36 44 50			1040.0 E 3 Q 1060.0	lloso molto consistente		

Committente: Repower Renewable S.p.a. Cantiere: Progetto Definitivo P.E. Serracapriola Località: Serracapriola (FG)

Strumento utilizzato... Profondità prova Falda non rilevata Prova eseguita in data

10,80 mt

DPSH

27/10/2020

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff.	Res. dinamica	Res. dinamica	Pres. ammissibile	Pres. ammissibile
		riduzione sonda	ridotta	(Kg/cm^2)	con riduzione	Herminier -
		Chi	(Kg/cm^2)		Herminier -	Olandesi
					Olandesi	(Kg/cm ²)
0.00		0.055		00.61	(Kg/cm ²)	1.10
0,20	3	0,855	25,31	29,61	1,27	1,48
0,40	5	0,851	41,99	49,35	2,10	2,47
0,60	8	0,847	66,88	78,96	3,34	3,95
0,80	5	0,843	41,62	49,35	2,08	2,47
1,00	4	0,840	31,08	37,02	1,55	1,85
1,20	4	0,836	30,96	37,02	1,55	1,85
1,40	3	0,833	23,12	27,76	1,16	1,39
1,60	4	0,830	30,71	37,02	1,54	1,85
1,80	4	0,826	30,59	37,02	1,53	1,85
2,00	5	0,823	35,85	43,55	1,79	2,18
2,20	6	0,820	42,86	52,26	2,14	2,61
2,40	4	0,817	28,47	34,84	1,42	1,74
2,60	3	0,814	21,28	26,13	1,06	1,31
2,80	4	0,811	28,27	34,84	1,41	1,74
3,00	4	0,809	26,61	32,91	1,33	1,65
3,20	5	0,806	33,15	41,13	1,66	2,06
3.40	6	0.803	39.66	49.36	1.98	2.47
3.60	4	0.801	26.35	32.91	1.32	1.65
3.80	4	0.798	26.27	32.91	1.31	1.65
4.00	4	0.796	24.82	31.18	1.24	1.56
4 20	5	0 794	30.93	38.97	1.55	1 95
4 40	4	0 791	24 67	31.18	1,33	1,55
4 60	4	0 789	24.61	31.18	1,23	1,50
4 80	5	0,787	30.67	38.97	1,23	1,90
5.00	4	0,785	23 25	29.62	1,55	1,99
5,00	4	0,783	23,23	29,62	1,10	1,10
5,20	4	0,781	23,13	29,62	1,10	1,10
5,10	4	0,701	23,13	29,62	1,10	1,10
5,80	4	0,777	23,00	29,62	1,15	1,10
5,00	5	0,775	23,02	35.26	1,13	1,40
6.20	5	0,773	27,33	35,20	1,37	1,70
6.40	5	0,774	27,20	35,20	1,50	1,70
6,40	5	0,772	27,22	35,20	1,30	1,70
6,00	5	0,770	27,17	28.21	1,30	1,70
0,80	4	0,709	21,09	26,21	1,08	1,41
7,00	4	0,707	20,00	20,93	1,03	1,33
7,20	3	0,700	23,77	35,00	1,29	1,00
7,40	4	0,764	20,38	20,93	1,03	1,55
7,00	/	0,703	33,94	47,13	1,00	2,30
/,80	9	0,/01	40,13	00,39	2,31	3,03
8,00	12	0,760	50.22	//,28	2,94	5,86
8,20	13	0,709	59,32	83,72	2,97	4,19
8,40	14	0,707	63,//	90,16	3,19	4,51
8,60	17	0,706	77,29	109,48	3,86	5,47
8,80	22	0,655	92,76	141,68	4,64	7,08
9,00	23	0,653	92,76	141,95	4,64	7,10
9,20	22	0,652	88,57	135,78	4,43	6,79
9,40	26	0,651	104,48	160,47	5,22	8,02
9,60	26	0,650	104,30	160,47	5,21	8,02
9,80	28	0,649	112,12	172,81	5,61	8,64
10,00	30	0,648	115,13	177,75	5,76	8,89
10,20	30	0,647	114,94	177,75	5,75	8,89
10,40	36	0,596	127,03	213,30	6,35	10,67
10,60	44	0,544	141,94	260,71	7,10	13,04
10,80	50	0,543	160,98	296,26	8,05	14,81

Committente: Repower Renewable S.p.a. Cantiere: Progetto Definitivo P.E. Serracapriola Località: Serracapriola (FG) Strumento utilizzato...DPSHProfondità prova10,80 mtFalda non rilevata27/10/2020

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Cu
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 1	6,95	7,80	Terzaghi-Peck (1948)	0,25
Strato 2	34,59	10,40	Terzaghi-Peck (1948)	
Strato 3	70,69	10,80	Terzaghi-Peck (1948)	

<u>Qc</u> (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Qc
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 1	6,95	7,80	Robertson (1983)	13,90
Strato 2	34,59	10,40	Robertson (1983)	69,18
Strato 3	70,69	10,80	Robertson (1983)	141,38

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Eed
		(m)		(Kg/cm^2)
Strato 1	6,95	7,80	Stroud e Butler (1975)	31,89
Strato 2	34,59	10,40	Stroud e Butler (1975)	158,70
Strato 3	70,69	10,80	Stroud e Butler (1975)	324,33

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Ey
		(m)		(Kg/cm^2)
Strato 1	6,95	7,80	Schultze	59,53
Strato 2	34,59	10,40	Schultze	377,39
Strato 3	70,69	10,80	Schultze	792,54

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Classificazione
		(m)		
Strato 1	6,95	7,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	Moderat. Consistente
Strato 2	34,59	10,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	Estrem. Consistente
Strato 3	70,69	10,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	Estrem. Consistente

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume
		(m)		(t/m³)
Strato 1	6,95	7,80	Meyerhof ed altri	1,86
Strato 2	34,59	10,40	Meyerhof ed altri	2,27
Strato 3	70,69	10,80	Meyerhof ed altri	9,46

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume
		(m)		saturo
				(t/m ³)
Strato 1	6,95	7,80	Bowles 1982,	1,90
			Terzaghi-Peck 1948/1967	
Strato 2	34,59	10,40	Bowles 1982,	2,53
			Terzaghi-Peck 1948/1967	
Strato 3	70,69	10,80	Bowles 1982,	
			Terzaghi-Peck 1948/1967	

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 2 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy) DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd



Committente: Repower Renewable S.p.a. Cantiere: Progetto Definitivo P.E. Serracapriola Località: Serracapriola (FG)

Strumento utilizzato... Profondità prova Falda non rilevata Prova eseguita in data DPSH 10,40 mt

27/10/2020

riduzione sonda Chi ridotta (Kg/cm ²) (Kg/cm ²) ammissibile on therminier- Olandesi (Kg/cm ²) ammissibile on therminier- Olandesi (Kg/cm ²) ammissibile on therminier- Olandesi (Kg/cm ²) 0.20 8 0.855 67.48 78.96 3.37 3.95 0.40 8 0.841 66.18 78.96 3.34 3.95 0.60 8 0.841 66.88 78.96 2.91 3.45 1.00 5 0.840 38.86 64.22 1.93 2.213 1.40 4 0.833 30.83 32.02 1.15 1.159 2.00 6 0.623 42.86 52.20 2.115 1.93 2.00 6 0.823 43.62 52.26 2.14 2.41 2.40 4 0.811 42.47 4.44 2.42 1.74 2.60 7 0.806 46.22 7.59 2.31 2.88 3.40 7 0.806 46.21 57.59 2.31 2.88	Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff.	Res. dinamica	Res. dinamica	Pres.	Pres.
Chi (Kg/cm ²) riduzion (Kg/cm ²) Herminier- Olandesi (Kg/cm ²) 0.20 8 0.851 67.48 78.96 3.37 3.95 0.40 8 0.851 67.48 78.96 3.36 3.95 0.60 7 0.843 58.27 69.09 2.01 3.45 1.00 5 0.840 33.86 46.27 1.03 2.11 1.40 4 0.833 3.09 2.21 1.54 1.15 1.39 1.80 3 0.826 2.234 2.27.6 1.15 1.39 2.00 6 0.823 43.02 52.26 2.14 2.61 2.40 4 0.814 2.837 34.84 1.42 1.74 2.60 7 0.803 44.22 57.59 2.32 2.88 3.40 7 0.803 46.27 7.59 2.32 2.88 3.40 7 0.804 42.97 34.84 1.42			riduzione sonda	ridotta	(Kg/cm ²)	ammissibile con	ammissibile
0.00 8 0.855 67.48 7.96 3.37 0.955 0.00 8 0.851 67.48 7.96 3.34 3.95 0.00 8 0.847 66.88 78.96 3.34 3.95 0.80 7 0.843 38.86 46.27 1.94 2.31 1.100 5 0.840 38.86 46.27 1.94 2.31 1.40 4 0.833 3.083 3.7.02 1.54 1.85 1.60 3 0.826 22.94 27.76 1.15 1.39 2.00 6 0.823 42.86 52.26 2.14 2.61 2.40 4 0.817 28.87 34.84 1.42 1.74 2.60 7 0.811 49.47 7.59 2.32 2.88 3.40 7 0.806 46.27 7.59 2.31 2.88 3.40 7 0.806 3.62.12 7.64 3.29			Chi	(Kg/cm ²)		riduzione	Herminier -
0.20 8 0.855 61.48 78.96 (Kg/cm²) 0.00 8 0.851 67.18 78.96 3.36 3.95 0.60 8 0.847 66.88 78.96 3.34 3.95 0.60 7 0.843 58.22 69.09 2.91 3.45 1.00 5 0.840 38.86 46.27 1.94 2.31 1.40 4 0.833 30.03 2.23 2.7.76 1.15 1.39 2.00 6 0.823 43.02 52.26 2.14 2.61 2.40 4 0.814 28.47 69.97 2.43 1.42 2.40 4 0.814 28.47 69.97 2.46 3.05 3.00 8 0.809 43.27 66.97 2.46 3.29 3.00 8 0.801 42.27 57.59 2.32 2.88 3.40 7 0.803 46.27 57.59 2.32<						Herminier -	Olandesi
0.0 8 0.855 67.48 78.96 3.37 3.95 0.40 8 0.851 67.18 78.96 3.34 3.95 0.60 8 0.847 66.88 78.96 3.34 3.95 0.80 7 0.843 58.27 69.09 2.91 3.45 1.00 5 0.840 38.86 46.27 1.93 2.31 1.40 4 0.833 30.83 37.02 1.54 1.85 1.60 3 0.820 22.94 27.76 1.15 1.39 2.00 6 0.823 43.42 2.26 2.15 2.61 2.40 4 0.817 2.847 3.484 1.42 1.74 2.60 4 0.817 2.847 3.484 1.42 1.74 2.60 8 0.801 52.71 57.59 2.32 2.88 3.40 7 0.805 46.27 57.59 2.31						Olandesi	(Kg/cm ²)
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $						(Kg/cm ²)	
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	0,20	8	0,855	67,48	78,96	3,37	3,95
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	0,40	8	0,851	67,18	78,96	3,36	3,95
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	0,60	8	0,847	66,88	78,96	3,34	3,95
1.00 5 0.840 38.86 46.27 1.94 2.31 1.40 4 0.833 30.83 37.02 1.54 1.85 1.60 3 0.830 20.33 27.76 1.15 1.39 1.80 3 0.826 22.24 27.76 1.15 1.39 2.00 6 0.823 43.02 52.26 2.14 2.61 2.20 6 0.823 43.02 52.26 2.14 2.61 2.40 4 0.817 28.47 34.84 1.42 1.74 2.60 4 0.811 49.47 60.97 2.47 3.05 3.00 8 0.809 53.22 65.81 2.66 3.29 3.20 7 0.806 46.42 57.59 2.31 2.88 3.60 8 0.801 52.71 65.81 2.64 3.29 3.60 9 0.798 55.68 70.15 2.76	0,80	7	0,843	58,27	69,09	2,91	3,45
1.20 5 0.83 38.69 46.21 1.93 2.43 1.40 4 0.833 30.83 37.02 1.54 1.85 1.60 3 0.830 22.03 27.76 1.15 1.39 2.00 6 0.823 43.02 52.26 2.15 2.61 2.20 6 0.820 42.86 52.26 2.14 2.61 2.40 4 0.811 28.37 34.84 1.42 1.74 2.60 4 0.811 49.47 60.97 2.47 3.05 3.00 8 0.809 53.22 65.81 2.66 3.29 3.40 7 0.803 46.27 57.59 2.31 2.88 3.60 8 0.801 52.71 65.81 2.64 3.29 3.80 9 0.798 55.36 70.15 2.78 3.31 4.40 8 0.791 49.35 62.35 2.47	1,00	5	0,840	38,86	46,27	1,94	2,31
1,40 4 0,830 30,85 37,02 1,15 1,15 1,60 3 0,826 22,94 27,76 1,15 1,39 2,00 6 0,820 42,86 52,26 2,15 2,61 2,00 4 0,817 24,86 52,26 2,14 2,61 2,40 4 0,817 24,87 34,84 1,42 1,74 2,60 4 0,811 49,47 60,97 2,47 3,05 3,00 8 0,800 53,22 65,81 2,66 3,29 3,20 7 0,806 46,42 57,59 2,31 2,88 3,60 8 0,801 52,71 65,81 2,64 3,29 3,60 9 0,796 62,04 77,94 3,10 3,90 4,40 8 0,971 43,56 62,35 2,47 3,12 4,60 9 0,789 55,36 70,15 2,76	1,20	5	0,836	38,69	46,27	1,93	2,31
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	1,40	4	0,833	30,83	37,02	1,54	1,85
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	1,60	3	0,830	23,03	27,76	1,15	1,39
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	1,80	3	0,826	22,94	27,76	1,15	1,39
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	2,00	0	0,823	43,02	52,20	2,13	2,01
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	2,20	0	0,820	42,80	34.84	2,14	2,01
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	2,40	4	0,814	28,47	34.84	1,42	1,74
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	2,00	7	0,811	49.47	60.97	2.47	3.05
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	3.00	8	0,809	53.22	65.81	2,66	3 29
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	3.20	7	0.806	46.42	57.59	2.32	2.88
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	3,40	7	0,803	46,27	57,59	2,31	2,88
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	3,60	8	0,801	52,71	65,81	2,64	3,29
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	3,80	9	0,798	59,12	74,04	2,96	3,70
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	4,00	10	0,796	62,04	77,94	3,10	3,90
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	4,20	9	0,794	55,68	70,15	2,78	3,51
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	4,40	8	0,791	49,35	62,35	2,47	3,12
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	4,60	9	0,789	55,36	70,15	2,77	3,51
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	4,80	9	0,787	55,21	70,15	2,76	3,51
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	5,00	12	0,785	69,76	88,86	3,49	4,44
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	5,20	9	0,783	52,18	66,64	2,61	3,33
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	5,40	9	0,781	52,05	66,64	2,60	3,33
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	5,60	14	0,729	/3,39	103,67	3,/8	5,18
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	5,80	10	0,777	57,30	74,03	2,88	3,70
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	6.20	8	0,773	43.65	56.42	2.18	3,88
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	6.40	7	0,774	38.11	49.37	1 91	2,82
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	6,40	9	0,772	48.90	63 47	2 44	3 17
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	6.80	9	0.769	48.80	63.47	2.44	3.17
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	7,00	11	0,767	56,81	74,06	2,84	3,70
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	7,20	11	0,766	56,70	74,06	2,84	3,70
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	7,40	11	0,764	56,59	74,06	2,83	3,70
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	7,60	12	0,763	61,62	80,79	3,08	4,04
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	7,80	11	0,761	56,38	74,06	2,82	3,70
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	8,00	13	0,710	59,43	83,72	2,97	4,19
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	8,20	12	0,759	58,62	77,28	2,93	3,86
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	8,40	14	0,707	63,77	90,16	3,19	4,51
8,80 13 0,705 59,00 83,72 2,95 4,19 9,00 18 0,703 78,15 111,09 3,91 5,55 9,20 19 0,702 82,35 117,26 4,12 5,86 9,40 22 0,651 88,41 135,78 4,42 6,79 9,60 29 0,650 116,33 178,98 5,82 8,95 9,80 32 0,599 118,27 197,50 5,91 9,87 10,00 32 0,598 113,33 189,60 5,67 9,48 10,20 36 0,597 127,26 213,30 6,36 10,67 10,40 50 0,546 161,61 296,26 8,08 14,81	8,60	13	0,706	59,10	83,72	2,96	4,19
9,00 18 0,703 78,15 111,09 3,91 5,55 9,20 19 0,702 82,35 117,26 4,12 5,86 9,40 22 0,651 88,41 135,78 4,42 6,79 9,60 29 0,650 116,33 178,98 5,82 8,95 9,80 32 0,599 118,27 197,50 5,91 9,87 10,00 32 0,598 113,33 189,60 5,67 9,48 10,20 36 0,597 127,26 213,30 6,36 10,67 10,40 50 0,546 161,61 296,26 8,08 14,81	8,80	13	0,705	59,00	83,72	2,95	4,19
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	9,00	18	0,703	/8,15	111,09	3,91	5,55
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	9,20	19	0,/02	82,33	11/,20	4,12	5,86
3.00 2.9 0.000 110,35 178,36 3.82 8,95 9,80 32 0,599 118,27 197,50 5,91 9,87 10,00 32 0,598 113,33 189,60 5,67 9,48 10,20 36 0,597 127,26 213,30 6,36 10,67 10,40 50 0,546 161,61 296,26 8,08 14,81	9,40	22	0,031	116 22	133,/8	4,42	0,/9
3.50 3.2 0,57 116,27 177,50 3,71 9,87 10,00 32 0,598 113,33 189,60 5,67 9,48 10,20 36 0,597 127,26 213,30 6,36 10,67 10,40 50 0,546 161,61 296,26 8,08 14,81	9,00	29	0,030	110,55	1/0,98	5,02	0,93
10,00 32 0,050 110,05 100,00 3,07 9,46 10,20 36 0,597 127,26 213,30 6,36 10,67 10,40 50 0,546 161,61 296,26 8,08 14,81	10.00	32	0,599	113,27	197,50	5.67	0.48
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	10,00	36	0,597	127.26	213 30	6 36	10.67
	10,40	50	0,546	161,61	296,26	8,08	14,81

Committente: Repower Renewable S.p.a. Cantiere: Progetto Definitivo P.E. Serracapriola Località: Serracapriola (FG) Strumento utilizzato...DPSHProfondità prova10,40 mtFalda non rilevata27/10/2020

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Cu
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 1	8,21	2,60	Terzaghi-Peck (1948)	0,50
Strato 2	13,54	6,80	Terzaghi-Peck (1948)	0,50
Strato 3	27,34	10,20	Terzaghi-Peck (1948)	1,00
Strato 4	75,2	10,40	Terzaghi-Peck (1948)	

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Qc
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 1	8,21	2,60	Robertson (1983)	16,42
Strato 2	13,54	6,80	Robertson (1983)	27,08
Strato 3	27,34	10,20	Robertson (1983)	54,68
Strato 4	75,2	10,40	Robertson (1983)	150,40

Modulo Edometrico

	Nspt Prof. Strato		Correlazione	Eed
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 1	8,21	2,60	Stroud e Butler (1975)	37,67
Strato 2	13,54	6,80	Stroud e Butler (1975)	62,12
Strato 3	27,34	10,20	Stroud e Butler (1975)	125,44
Strato 4	75,2	10,40	Stroud e Butler (1975)	345,02

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Ey
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 1	8,21	2,60	Schultze	74,02
Strato 2	13,54	6,80	Schultze	135,31
Strato 3	27,34	10,20	Schultze	294,01
Strato 4	75,2	10,40	Schultze	844,40

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Classificazione
		(m)		
Strato 1	8,21	2,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	Consistente
Strato 2	13,54	6,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	Consistente
Strato 3	27,34	10,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	Molto Consistente
Strato 4	75,2	10,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	Estrem. Consistente

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume
		(m)		(t/m ³)
Strato 1	8,21	2,60	Meyerhof ed altri	1,91
Strato 2	13,54	6,80	Meyerhof ed altri	2,05
Strato 3	27,34	10,20	Meyerhof ed altri	2,13
Strato 4	75,2	10,40	Meyerhof ed altri	11,67

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume
		(m)		saturo
				(t/m³)
Strato 3	27,34	10,20	Bowles 1982,	2,29
			Terzaghi-Peck 1948/1967	

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 3 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy) DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Cantiere : Località :	Repower Renewable S.p.a. Progetto Definitivo P.E. Serracapriola Serracapriola (FG)		Data :27/10/2	2020	
Numero di colpi	penetrazione punta	Rpd (Kg/cm ²)	 	Interpretazione	Scala 1:39 Stratigrafica
	Tb ZU Zb 30 3b 40 45 I<			0.00 1 82	Coltre superficiale
2 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7		2		180.0	Limo argilloso sabbioso molto consistente
6 7 6 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7		6		2 C2	
7 7 7 7	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	7			
8	1 1 1 1 1 1 12 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	8			
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 12 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1			880,0 3 900,0	Sabbla e ciottoli - Rifiuto

Committente: Repower Renewable S.p.a. Cantiere: Progetto Definitivo P.E. Serracapriola Località: Serracapriola (FG)

Strumento utilizzato... Profondità prova Falda non rilevata Prova eseguita in data DPSH 910,40 mt

27/10/2020

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff.	Res. dinamica	Res. dinamica	Pres.	Pres.
		riduzione sonda	ridotta	(Kg/cm ²)	ammissibile con	ammissibile
		Chi	(Kg/cm ²)		riduzione	Herminier -
					Herminier -	Olandesi
					Olandesi	(Kg/cm ²)
					(Kg/cm ²)	
0,20	2	0,855	16,87	19,74	0,84	0,99
0,40	2	0,851	16,79	19,74	0,84	0,99
0,60	3	0,847	25,08	29,61	1,25	1,48
0,80	2	0,843	16,65	19,74	0,83	0,99
1,00	4	0,840	31,08	37,02	1,55	1,85
1,20	4	0,836	30,96	37,02	1,55	1,85
1,40	4	0,833	30,83	37,02	1,54	1,85
1,60	3	0,830	23,03	27,76	1,15	1,39
1,80	3	0,826	22,94	27,76	1,15	1,39
2,00	7	0,823	50,19	60,97	2,51	3,05
2,20	7	0,820	50,00	60,97	2,50	3,05
2,40	6	0,817	42,71	52,26	2,14	2,61
2,60	6	0,814	42,55	52,26	2,13	2,61
2,80	5	0,811	35,34	43,55	1,77	2,18
3,00	5	0,809	33,26	41,13	1,66	2,06
3,20	9	0,806	59,68	74,04	2,98	3,70
3,40	8	0,803	52,88	65,81	2,64	3,29
3,60	6	0,801	39,53	49,36	1,98	2,47
3,80	8	0,798	52,55	65,81	2,63	3,29
4,00	10	0,796	62,04	77,94	3,10	3,90
4,20	10	0,794	61,86	77,94	3,09	3,90
4,40	9	0,791	55,52	70,15	2,78	3,51
4,60	9	0,789	55,36	70,15	2,77	3,51
4,80	7	0,787	42,94	54,56	2,15	2,73
5,00	8	0,785	46,50	59,24	2,33	2,96
5,20	7	0,783	40,59	51,83	2,03	2,59
5,40	6	0,781	34,70	44,43	1,74	2,22
5,60	7	0,779	40,39	51,83	2,02	2,59
5,80	6	0,777	34,53	44,43	1,73	2,22
6,00	6	0,775	32,82	42,32	1,64	2,12
6,20	7	0,774	38,20	49,37	1,91	2,47
6,40	7	0,772	38,11	49,37	1,91	2,47
6,60	11	0,770	59,76	77,58	2,99	3,88
6,80	14	0,719	70,97	98,74	3,55	4,94
7,00	11	0,767	56,81	/4,06	2,84	3,70
7,20	9	0,766	46,39	60,59	2,32	3,03
7,40	12	0,764	61,73	80,79	3,09	4,04
7,60	9	0,763	46,21	60,59	2,31	3,03
7,80	8	0,761	41,00	53,86	2,05	2,69
8,00	10	0,760	48,94	64,40	2,45	3,22
8,20	10	0,759	48,85	64,40	2,44	3,22
8,40	10	0,757	48,77	64,40	2,44	3,22
8,60	12	0,756	58,42	77,28	2,92	3,86
8,80	10	0,755	48,60	64,40	2,43	3,22
9,00	50	0,553	170,80	308,59	8,54	15,43

Committente: Repower Renewable S.p.a. Cantiere: Progetto Definitivo P.E. Serracapriola Località: Serracapriola (FG)

Strumento utilizzato... DPSH Profondità prova Falda non rilevata Prova eseguita in data 27/10/2020

910,40 mt

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI **TERRENI COESIVI** Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Cu
		(m)		(Kg/cm^2)
Strato 1	4,51	1,80	Terzaghi-Peck (1948)	0,25
Strato 2	12,65	8,80	Terzaghi-Peck (1948)	0,50

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Qc
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 1	4,51	1,80	Robertson (1983)	9,02
Strato 2	12,65	8,80	Robertson (1983)	25,30

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Eed
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 1	4,51	1,80	Stroud e Butler (1975)	20,69
Strato 2	12,65	8,80	Stroud e Butler (1975)	58,04

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Ey
		(m)		(Kg/cm ²)
Strato 1	4,51	1,80	Schultze	31,47
Strato 2	12,65	8,80	Schultze	125,08

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Classificazione
		(m)		
Strato 1	4,51	1,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	Moderat. Consistente
Strato 2	12,65	8,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	Consistente

Peso unità di volume

		Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume
			(m)		(t/m^3)
	Strato 1	4,51	1,80	Meyerhof ed altri	1,73
ſ	Strato 2	12,65	8,80	Meyerhof ed altri	2,03

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume
		(m)		saturo
				(t/m ³)
Strato 1	4,51	1,80	Bowles 1982,	1,87
			Terzaghi-Peck 1948/1967	
Strato 2	12,65	8,80	Bowles 1982,	
			Terzaghi-Peck 1948/1967	

TERRENI INCOERENTI Densità relativa

Densita i ciativa					
	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Densità relativa
		(m)	presenza falda		(%)
Strato 3	75,2	9,00	75,2	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Angolo d'attrito
		(m)	presenza falda		(°)
Strato 3	75,2	9,00	75,2	Owasaki & Iwasaki	53,78

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 3	75,2	9,00	75,2	Bowles (1982)	451,00
				(Sabbia Media)	

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Modulo Edometrico
		(m)	presenza falda		(Kg/cm ²)
Strato 3	75,2	9,00	75,2	Begemann 1974	181,93
				(Ghiaia con sabbia)	

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 3	75,2	9,00	75,2	Classificazione A.G.I. 1977	Molto Addensato

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Gamma
		(m)	presenza falda		(t/m³)
Strato 3	75,2	9,00	75,2	Meyerhof ed altri	2,50

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 3	75,2	9,00	75,2	Navfac 1971-1982	11,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato	3 75,2	9,00	75,2	Robertson 1983	150,40

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA



Ubicazione Prove



GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA



Documentazione fotografica



Prova penetrometrica DPSH1



Prova penetrometrica DPSH2

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG) tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA





Prova penetrometrica DPSH3



GEOFISICA, GEOELETTRICA, GEOTECNICA E PENETROMETRIA

LUCERA (FG) Via Kennedy 36 tel. 0881 500025 tel. cell. 328/7178199

PROGETTO: PROGETTO DEFINITIVO DI UN PARCO EOLICO, IN AGRO DEL COMUNE DI SERRACAPRIOLA (FG)

SONDAGGI SISMICI MASW-SASW

Il Responsabile Tecnico Dott. S. Finamore

LUCERA, OTTOBRE 2020

IL COMMITTENTE

REPOWER RENOWABLE S.P.A.

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG) tel. 0881500025



SISMICA MASW-SASW

La prospezione sismica di superficie MASW-SASW, Multichannel Analysis of Surface Waves – Spectral Analysis of Surface Waves, rappresenta un sistema d'indagine indiretto del sottosuolo, economico, veloce e pratico, per effettuare caratterizzazioni stratigrafiche del terreno, particolarmente utile ed efficace, quando si presenta la necessità d'investigare fino a notevoli profondità, 30 - 40 metri.

L'ipotesi sulla quale si basa la prova, e che osservando il segnale che si propaga nel suolo a seguito di una energizzazione si può notare che la quasi totalità dell'energia si propaga tramite onde S.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW-SASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria,...

L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

La curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione sperimentale approssimativamente coincidente con la curva sperimentale. Questa fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione, può avvenire in maniera automatica e/o manuale.

METODOLOGIA MASW-SASW

La tecnica MASW-SASW è usualmente definita attiva, in quanto occorre che l'operatore sia munito di una sorgente per energizzare il sistema.

La teoria MASW-SASW impone che il sito non abbia variazione stratigrafica lungo lo stendimento, è infatti controproducente imporre l'uso di stendimenti



GeoService

esageratamente lunghi. La lunghezza dello stendimento è direttamente legata alla massima profondità che si vuole raggiungere, ed essa, oscilla empiricamente tra 2 e 3.

Data la necessità di dover raccogliere un segnale relativamente pulito da rumori ambientali, utile accorgimento e' quello di ripetere l'energizzazione più volte, sommando successivamente i segnali ottenuti in modo aritmetico, ottenendo così un aumento del rapporto segnale-rumore. La sorgente deve essere sempre posizionata esternamente allo stendimento, e sempre in asse con esso.

Le acquisizioni devono essere eseguite con stendimenti lineari variazioni di quota tra i vari geofoni. I geofoni devono essere posizionati in modo che la distanza intergeofonica sia costante. Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz), si usano geofoni, ad asse verticale, con frequenza di taglio non superiore a 4.5Hz. Per avere una sufficiente accuratezza dei risultati, il numero dei canali/geofoni usati dovrebbe essere come valore minimo 24.

L'intervallo di campionamento può tranquillamente oscillare tra 0.5 ms e 2 ms. Si ottiene così un elevato livello di dettaglio del segnale, essendo la parte interessante del segnale acquisito, tipicamente contenuta sotto i 100Hz.

La durata del segnale registrato deve essere sufficiente per consentire per consentire la naturale attenuazione del segnale su tutti i ricevitori; questo tipicamente richiede 1 o 2 secondi.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per i sondaggi sismici di superficie MASW-SASW è stato utilizzato un sismografo a rifrazione PASI 16S12 a 12 canali, con le seguenti caratteristiche:

Numero canali	12 o 24
Processore	Pentium 266 o superiore
Trattamento dati	Floating Ponit 32 – bit
Ambiente operativo	Windows 3.11
Display	VGA a colori in LCD-TFT 10.4"
Hard-Dish	3.2 Gb o superiore
Risoluzione di acquisizione	16 bit
Intervallo di campionamento	32 - 2048 msec
Tempi di campionamento	$16\mu s - 2 ms$
Geofono Frequenza	4.5 Hz
Software acquisizione	SEISMO-SOFT
Software elaborazione	WINMASW

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG) tel. 0881500025



MODALITA' DI ESECUZIONE

Parametri prova Masw1 PE Serra.cdp

La prova *Masw1 PE Serra.cdp* è stata eseguita con le seguenti modalità:

Lunghezza Stendimento:	51.00 metri;
Offset:	5.00 metri;
Distanza intergeofonica:	2.00 metri;
Profondità d'investigazione:	30/35.00 metri;

Risultati Inversione Curva di Dispersione

Veq (m/s): 299Possibile Tipo di Suolo: C(dal piano campagna)

Dalla normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del T.U. D.M. 17/01/18 pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018):

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori della velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Modello medio

VS (m/s): 227, 251, 424, 600 Deviazioni Standard (m/s): 11, 10, 14, 2 Spessori (m): 4.5, 12.5, 16.2 Deviazioni Standard (m): 0.3, 0.4, 0.3

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/s): 506, 554, 1186, 1641 Stima densità (gr/cm3): 1.89, 1.91, 2.10, 2.17 Stima modulo di Poisson: 0.37, 0.37, 0.43, 0.42 Stima modulo di taglio (MPa): 97, 120, 377, 783 Stima modulo di compressione (MPa): 354, 426, 2445, 4811 Stima modulo di Young (MPa): 268, 330, 1075, 2227 Stima modulo di Lamé (MPa): 289, 346, 2194, 4289

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.





Modello medio

VS (m/s): 227, 251, 424, 600 Deviazioni Standard (m/s): 11, 10, 14, 2 Spessori (m): 4.5, 12.5, 16.2 Deviazioni Standard (m): 0.3, 0.4, 0.3

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/s): 506, 554, 1186, 1641 Stima densità (gr/cm3): 1.89, 1.91, 2.10, 2.17 Stima modulo di Poisson: 0.37, 0.37, 0.43, 0.42 Stima modulo di taglio (MPa): 97, 120, 377, 783 Stima modulo di compressione (MPa): 354, 426, 2445, 4811 Stima modulo di Young (MPa): 268, 330, 1075, 2227 Stima modulo di Lamé (MPa): 289, 346, 2194, 4289

Veq (m/s): 299 Possibile Tipo di Suolo: C

(dal piano campagna)

Dalla normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del T.U. D.M. 17/01/18 pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018):

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori della velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.



Parametri prova Masw2 PE Serra.cdp

La prova *Masw2 PE Serra.cdp* è stata eseguita con le seguenti modalità:

Lunghezza Stendimento:	51.00 metri;
Offset:	5.00 metri;
Distanza intergeofonica:	2.00 metri;
Profondità d'investigazione:	30/35.00 metri;

Risultati Inversione Curva di Dispersione

Veq (m/s): 335Possibile Tipo di Suolo: C(dal piano campagna)

Dalla normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del T.U. D.M. 17/01/18 pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018):

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori della velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Modello medio

VS (m/s): 351, 289, 469, 646 Deviazioni Standard (m/s): 5, 2, 3, 6 Spessori (m): 5.7, 16.3, 13.3 Deviazioni Standard (m): 0.1, 0.3, 0.2

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

<u>Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici</u>

Stima VP (m/s): 757, 641, 1039, 1738 Stima densità (gr/cm3): 1.99, 1.95, 2.06, 2.19 Stima modulo di Poisson: 0.36, 0.37, 0.37, 0.42 Stima modulo di taglio (MPa): 245, 163, 454, 913 Stima modulo di compressione (MPa): 812, 583, 1622, 5392 Stima modulo di Young (MPa): 667, 446, 1245, 2593 Stima modulo di Lamé (MPa): 649, 475, 1320, 4784

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.


Curva analizzata: Masw2 PE Serra.cdp

Modello medio

VS (m/s): 351, 289, 469, 646 Deviazioni Standard (m/s): 5, 2, 3, 6 Spessori (m): 5.7, 16.3, 13.3 Deviazioni Standard (m): 0.1, 0.3, 0.2

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/s): 757, 641, 1039, 1738 Stima densità (gr/cm3): 1.99, 1.95, 2.06, 2.19 Stima modulo di Poisson: 0.36, 0.37, 0.37, 0.42 Stima modulo di taglio (MPa): 245, 163, 454, 913 Stima modulo di compressione (MPa): 812, 583, 1622, 5392 Stima modulo di Young (MPa): 667, 446, 1245, 2593 Stima modulo di Lamé (MPa): 649, 475, 1320, 4784

Veq (m/s): 335 Possibile Tipo di Suolo: C

(dal piano campagna)

Dalla normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del T.U. D.M. 17/01/18 pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018):

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori della velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.

tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA

GeoService Servizi Geologici

Ubicazione Sondaggi Sismici





GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG) tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA



Documentazione fotografica



Sondaggio MASW1 PE Serra



Sondaggio MASW2 PE Serra



GEOFISICA, GEOELETTRICA, GEOTECNICA E PENETROMETRIA

LUCERA (FG) Via Kennedy 36 tel. 0881 500025 tel. cell. 328/7178199

PROGETTO: PROGETTO DEFINITIVO DI UN PARCO EOLICO, IN AGRO DEL COMUNE DI SERRACAPRIOLA (FG)

TOMOGRAFIA GEOELETTRICA

Il Responsabile Tecnico Dott. S. Finamore

LUCERA, OTTOBRE 2020

IL COMMITTENTE

REPOWER RENOWABLE S.P.A.



SONDAGGI GEOELETTRICI

Il metodo geoelettrico si basa sulla misura della differenza di potenziale in alcune zone del terreno, con l'obiettivo di ricostruire modelli di resistività attraverso un processo d'inversione. Mediante l'utilizzo di appropriate strumentazioni si immette corrente elettrica nel terreno e si esegue una successione di misure in superficie con una serie di elettrodi opportunamente posizionati ed infissi nel terreno.

L'apparecchiatura per la misura della resistività è formata schematicamente da:

• un sistema per l'immissione di corrente nel terreno (batteria o generatore di corrente);

• una serie di elettrodi (minimo quattro: A e B elettrodi di corrente, M e N elettrodi di potenziale);

• strumenti per la misura dell'intensità di corrente immessa nel terreno mediante gli elettrodi A e B e della differenza di potenziale tra i due elettrodi Me N.

Per la maggior parte degli impieghi vengono utilizzate apparecchiature a corrente alternata a bassa frequenza (60-120Hz): ciò elimina la necessità di impiegare elettrodi non polarizzabili o di misurare o annullare i potenziali spontanei. La resistività è alquanto più bassa di quella misurata con l'impiego di corrente continua. Gli elettrodi sono usualmente dei picchetti di bronzo, rame o acciaio inox di lunghezza da 45-50cm, con collegamenti a mezzo di spinotti. Gli elettrodi vengono conficcati nel terreno in modo da produrre un buon contatto. In presenza di suoli secchi od a granulometria grossolane, si può migliorare il contatto con l'uso di soluzioni saline irroranti o semplicemente acqua salata. Nel caso di pavimentazioni stradali si possono utilizzare speciali elettrodi costituiti da piastre in acciaio inox poggiate sul pavimento; il contatto elettrodo-pavimentazione è assicurato dall'utilizzo di soluzioni saline. I dati dei rilievi geoelettrici sono usualmente presentati in forma di valori di resistività apparente: questa è definita come la resistività di un semispazio elettricamente omogeneo ed isotropo che presenti gli stessi rapporti misurati tra la corrente applicata e la differenza di potenziale per una data disposizione e spaziatura degli elettrodi. Un'equazione che dia la resistività apparente in funzione di corrente applicata, distribuzione del potenziale e disposizione degli elettrodi può essere sviluppata attraverso l'esame della distribuzione di potenziale dovuta ad un singolo elettrodo di corrente; da questa, per sovrapposizione, può essere ricostruito l'effetto di una coppia di elettrodi o di ogni altra combinazione. La resistività

RELAZIONE TECNICA



del mezzo può quindi essere ricavata dai valori misurati di V, I e dal fattore geometrico K, funzione unicamente della disposizione elettrodica. Nelle misure reali sul terreno, la notazione ρ relativa ad un mezzo fittizio è sostituita da ρ a o resistività apparente. Il rilevamento geoelettrico consiste nell'uso dei valori di resistività apparente derivati da misure di campo in vari punti e con diverse configurazioni per stimare la vera resistività dei diversi strati e ricostruire spazialmente i loro limiti al di sotto della superficie topografica. Una configurazione di elettrodi con spaziatura costante viene utilizzata per riconoscere variazioni laterali di resistività apparente che possono riflettere variazioni litologiche. Per indagare sui cambiamenti in profondità, si aumenta la spaziatura degli elettrodi. La maggior parte delle rocce presenta caratteri di conducibilità di tipo elettrolitico dato che, con le eccezioni di alcuni minerali metallici, quasi tutti i minerali sono isolanti. La conducibilità è dovuta quindi essenzialmente all'acqua interstiziale ed è in larga misura funzione della porosità, del contenuto d'acqua e della quantità di sali disciolti nell'acqua. La presenza di fluidi nel sottosuolo fa si che rocce e terreni, attraversati dalla corrente, si comportino relativamente

come dei buoni conduttori di elettricità; al contrario le strutture con scarso contenuto di fluidi come rocce asciutte non fratturate e cavità naturali o di natura antropica si comportano come dei cattivi conduttori di calore, se non addirittura come degli isolanti.

Pertanto le geometrie sepolte rispondono al flusso di corrente artificiale, immessa con diverse modalità, in funzione del parametro fisico che regola tale comportamento: la resistività elettrica ρ (Ohm·m).

La resistività è quindi una proprietà assai variabile, anche all'interno della stessa formazione: ciò è particolarmente vero per i materiali poco consolidati prossimi alla superficie, come detriti e regolite. Nelle tabelle successive sono forniti alcuni valori indicativi della resistività di rocce e sedimenti, valori che vanno utilizzati con le limitazioni suddette. La prima mostra gli intervalli di resistività per alcuni litotipi e come si può osservare spesso questi valori si sovrappongono rendendo problematica la fase di identificazione dei litotipi. La Tabella successiva associa gli intervalli di resistività (ρ) a quelli di porosità (ϕ).



METODOLOGIA - Misure di resistività elettrica con accoppiamento capacitivo ed inversione dati

Il metodo geoelettrico si basa sulla misura della differenza di potenziale in alcune zone del terreno, con l'obiettivo di ricostruire modelli di resistività attraverso un processo d'inversione. Il principio alla base di un sistema ad accoppiamento capacitivo è il passaggio della corrente alternata attraverso un condensatore. In uno strumento ad accoppiamento capacitivo un cavo coassiale agisce come una delle piastre metalliche di un condensatore, mentre la superficie del terreno agisce come l'altra piastra. Questo accoppiamento capacitivo cavo-terreno è caratterizzato da una capacità elettrica variabile dipendente dalle condizioni del terreno; una corrente alternata (AC) generata dal trasmettitore con una frequenza di circa 16,5 kHz passerà per capacità dal cavo al terreno; la guaina isolante che fa le veci dell'isolante del condensatore. Il terreno è quindi caricato per induzione e non per contatto, come nel caso dei georesistivimetri ad accoppiamento galvanico, nei quali la corrente viene immessa nel terreno attraverso un elettrodo costituito da materiale conduttivo. Il ricevitore è caricato in modo uguale e contrario al trasmettitore, permettendo alle componenti elettroniche del ricevitore di misurare il potenziale elettrico alternato. Il ricevitore di uno strumento ad accoppiamento capacitivo è concettualmente equivalente ad un voltmetro per corrente alternata.



Figura 1: schema di campo elettrico capacitivo

La capacità elettrica del cavo è determinata principalmente dalla sua lunghezza: più il cavo è lungo, maggiore sarà la sua capacità e quindi la possibilità di accoppiare più corrente nel terreno. Durante la normale acquisizione dei dati, la tecnologia che utilizza l'accoppiamento capacitivo per misurare la resistività del mezzo non viene considerata come uno strumento che emette onde elettromagnetiche, in quanto le frequenze utilizzate sono basse (16,5 kHz): infatti lo strumento utilizzato è in tutto e per tutto un georesistivimetro e misura soltanto i campi elettrici, tuttavia questo non vuol dire che i fenomeni elettromagnetici non siano presenti e che non influenzino in qualche modo le misure. È stato possibile stimare che, se la distanza tra il trasmettitore e il ricevitore rimane al di sotto di un fattore skin-depth, gli errori di misura introdotti dagli effetti dell'elettromagnetismo sono inferiori al 2%, ossia meno di quanto sia l'errore strumentale o le condizioni del contesto, quali il rumore di fondo. Questa soglia del 2% è stata stimata attraverso calcoli teorici e confronto tra le misure ottenute con georesistivimetri ad accoppiamento galvanico e ad accoppiamento capacitivo. Come per i georesistivimetri ad accoppiamento galvanico, anche per i georesistivimetri ad accoppiamento capacitivo la profondità d'investigazione dipende dalla geometria dell'array e non dalla frequenza del segnale né dal tempo di acquisizione. Come per i dati acquisiti attraverso i georesistivimetri ad accoppiamento galvanico, la resistività apparente (ρa) è calcolata utilizzando il fattore k. Il fattore geometrico per uno strumento ad accoppiamento galvanico che immette nel terreno corrente continua attraverso una sorgente puntuale (elettrodo infisso nel terreno) è differente da quello di uno strumento ad accoppiamento capacitivo che energizza il terreno con una corrente alternata generata da un cavo. Il



fattore geometrico usato per convertire le misure in resistività è riportato nell'equazione seguente:



Figura 2: fattori geometrici per linee capacitive

L'array utilizzato è quindi assimilabile a quello di un dipolo-dipolo, in quanto il ricevitore (elettrodi di potenziale per il sistema ad accoppiamento galvanico) è esterno rispetto al trasmettitore (elettrodi di corrente), come è possibile vedere qui di seguito. In quanto assimilabile all'array dipolo-dipolo, lo strumento è molto sensibile ai cambiamenti orizzontali nella resistività: per questa ragione è particolarmente adatto all'individuazione di strutture verticali quali strutture murarie, fondazioni o fossati.



Figura 3: equivalenza tra linee a dipoli capacitivi e galvanici

Le equazioni di figura 2 sono fondamentali in geoelettrica: misurando la corrente iniettata tra due elettrodi A e B e quindi la d.d.p. che ne risulta tra due differenti elettrodi M e N e conoscendo la disposizione sul terreno dei 4 elettrodi, si ottiene la resistività elettrica del sottosuolo nell'ipotesi che sia omogeneo ed isotropo. Nel caso di una misura geofisica non si verificano le condizioni di omogeneità ed isotropia del mezzo (il sottosuolo è generalmente molto eterogeneo ed anisotropo dal punto di vista elettrico): è pertanto necessario introdurre il concetto di resistività apparente. Un successivo processo di inversione consente di passare dalle misure di resistività

RELAZIONE TECNICA



apparente al modello di resistività. Con un qualsiasi array di misurazione ai dipoli di corrente AB si instaura una densità di corrente che decresce con z^3 (dove z è la profondità) a parità della separazione spaziale tra A e B, ma quel che è più importante è che la densità di corrente diminuisce a parità di z anche con il quadrato di AB! Ciò significa che la distribuzione in profondità della corrente è funzione della distanza AB: maggiore è AB, maggiore è il semispazio interessato dal flusso di corrente iniettata da AB. Quanto appena visto costituisce il presupposto per utilizzare un qualunque dispositivo quadripolare in modo da fornire un'informazione che sia funzione della profondità. Supponiamo di porre un dipolo AB sulla superficie di un semispazio stratificato. Si può ammettere che se la spaziatura AB è molto piccola rispetto allo spessore del primo strato, la corrente da esso generata si distribuirà sostanzialmente all'interno del primo strato: la d.d.p. misurata agli elettrodi MN non risentirà della presenza del secondo strato e la resistività che ne risulterà, in base all'equazione fondamentale, sarà esattamente quella (vera) del primo strato. Quando si allargano gli elettrodi AB, una parte via via crescente della corrente circolerà nel secondo strato; la ddp agli MN ne sarà conseguentemente modificata e la relazione fondamentale fornirà ancora una resistività, ma che si allontanerà da p1 per avvicinarsi progressivamente e dolcemente (ricordiamo la continuità della funzione potenziale) a p2. Se al di sotto del secondo strato ce ne fosse un altro e cosi via in successione fino a raggiungere il substrato elettrico (il terreno di base, all'interno della cui influenza sulla ddp agli MN, si chiude la sequenza delle misure), la resistività misurata continuerebbe ad oscillare tra i valori veri delle resistività dei singoli strati, fino a tendere asintoticamente alla resistività del substrato. Tale resistività misurata, che non coincide necessariamente con alcuna delle resistività vere presenti nel sottosuolo tabulare investigato, viene detta "resistività apparente". Naturalmente l'evoluzione della resistività apparente misurata in corrispondenza della variazione di AB deve essere funzione, oltre che di AB (la variabile indipendente), anche delle resistività e degli spessori degli strati investigati. Che debba essere funzione anche dello spessore del singolo strato è intuitivo: immaginando uno strato molto più spesso degli altri o viceversa uno strato sottile posto in profondità, mentre nel primo caso la curva di pa può raggiungere il valore della resistività di quello strato, non è per detto che la presenza di uno strato sottile modifichi in maniera significativa le ddp osservate. Ma il punto più importante è se è possibile,

RELAZIONE TECNICA



data una sequenza di misure di ρ a (una curva), risalire ai valori di resistività e spessori del nostro sottosuolo stratificato, se è possibile cioè parlare di "sondaggio elettrico", nel senso di poter ricavare da misure di superficie la distribuzione delle resistività nel sottosuolo, come se avessimo fatto un sondaggio diretto. La risposta è positiva, in quanto siamo si può calcolare la curva di ρa in funzione di L per qualunque sequenza di strati piani paralleli (un sottosuolo in cui la proprietà fisica in esame varia lungo una sola direzione è detto mono-dimensionale o più brevemente 1D): essa passerà per un processo di inversione, o di regressione, in base al quale, disponendo del legame funzionale tra pa e le resistività e spessori (i parametri del modello), si arriverà a trovare quei valori ottimali dei parametri la cui risposta calcolata adatta al meglio, ad es. nel senso dei minimi quadrati, la risposta misurata sul sottosuolo indagato. Questo processo di inversione, dotato di algoritmi di regressione che sono gestibili da software, venne realizzato inizialmente per via grafica e questa via può tuttora essere raccomandata, quantomeno per ottenere le stime iniziali dei parametri, da ottimizzare nel processo di calcolo summenzionato.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'EIS-3kN della JSC-NTK di Mosca è un sistema ad accoppiamento capacitivo realizzato per misurare la resistività sub-superficiale nelle aree caratterizzate da alta resistività superficiale (presenza di asfalti, massicciate, ciottolame, sottostrutture stradali a grossi blocchi, pavimentazioni in basolati, sanpietrini etc.) in cui le esplorazioni con georesistivimetro tradizionale ad accoppiamento galvanico sono difficilmente praticabili ed ai picchetti si instaurerebbe un'altissima resistenza di contatto comunque non mitigabile con l'uso di solfati o sali. Lo strumento è costituito da un dipolo trasmettitore-ricevitore superficiale. Il funzionamento è relativamente semplice: una corrente alternata è accoppiata in modo capacitivo nel terreno ad una frequenza specifica (16,5 kHz) da un voltaggio alternato applicato dal trasmettitore; la misura viene effettuata sul risultante voltaggio accoppiato al ricevitore. Questo voltaggio sarà proporzionale alla resistività del terreno che separa i due dipoli e alla corrente emessa dal trasmettitore. Il trasmettitore e il ricevitore sono schierati in una configurazione dipolo-dipolo, in cui il trasmettitore e il ricevitore sono posizionati lungo una linea e separati da interi o frazioni della lunghezza



del dipolo stesso (0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; ...). Esattamente come per un sistema a corrente continua, la resistività apparente è calcolata moltiplicando il fattore geometrico appropriato per i voltaggio del ricevitore, normalizzato con la corrente emessa dal trasmettitore.

Due importanti restrizioni bisogna tener presente:

1. il trasmettitore e il ricevitore non devono essere immersi in acqua;

 2. la distanza tra il trasmettitore ed il ricevitore non deve eccedere un fattore skin-depth.
 Il fattore skin-depth è calcolato in metri e risulta approssimativamente essere 500*sqrt (resistività/frequenza).

Lo strumento mappa la resistività senza utilizzare picchetti metallici, piastre di rame o riempimenti conduttivi, sfruttando il metodo dipolo-dipolo ed a differenza dei georesistivimetri ad accoppiamento galvanico, opera molto bene in terreni ad alta resistività (dunque anche in ambiente urbano) e su roccia. Acquisisce in continuo (ma anche in discreto) fino a due letture al secondo e permette di ottenere sezioni ad alta risoluzione (soprattutto laterale) sino a 30 metri di profondità, anche in strutture geologiche complesse. Può essere utilizzato in qualsiasi configurazione dipolare (esso è full dipolo-dipolo), in configurazioni semi capacitive e semi galvaniche e per misure S.E.V. Non utilizzando elettrodi, quindi, non solo si aumenta la velocità di acquisizione, ma si eliminano tutti i disturbi generati dalle resistenze di contatto terreno-picchetto. Ne consegue che tale strumento si rivela adatto ad operare anche su terreni ad alta resistività o dove sarebbe preferibile, se non sconsigliabile, piantare elettrodi, come su pavimentazioni storiche.

Qui di seguito si riportano le specifiche tecniche strumentali:

Frequenza operativa (kHz): circa 16,5Corrente di uscita (mA): 1, 3, 10, 30Capacita generata in uscita simmetrica (pF): ≤ 5 Valori di carico limite: tab. sottostanteAlimentazione esterna (19-26) V(a Iout = $10 \div 30$ mA)Alimentazione interna ricaricabile(con Iout = $1 \div 3$ mA)Alimentazione: 19,8-26 VoltCorrente assorbita dalla sorgente di alimentazione: vedi tabella sottostanteTemperatura di esercizio (° C):



Dimensioni (mm):

320 x 155 x 265

Peso con alimentatori interni (kg):

Connettore a banana (+ Earth) per misure grounded

I valori limite distenza (Rmax) e carico capacitante (Cmin), corrente di output (Iout) e currente di pit (Ipit) in relazione all'alimentazione (Upow).

4,0

lout mA	R _{max} , KΩ	C _{min} , pF	I _{pit} mA
			(U₅=21,5 V)
1	10	100	<50
3	10	100	<100
10	10	200	<380
30	10	500	<900

Nella seguente sequenza sono riportate le specifiche tecniche dell'unità ricevente

Frequenza di commutazione (kHz):	circa 16,5
Larghezza di banda (Hz):	20
Limiti di misura della tensione (V, VSS . Stamp .)) 2 * 10-6 ÷ 2
Impedenza di ingresso all'ingresso simmetrico:	Cin 6 pF
	$Rin \ge 5x106 Ohm$
Alimentazione interna (batteria)	
Alimentazione (V):	(6,6 ÷ 8,2)
Corrente assorbita dalle fonti di energia (mA):	\leq 45
Temperatura di esercizio (° C):	-10 ÷ +40
Dimensioni (mm):	320 x 155 x 265
Peso con alimentatore (kg): 3,	8
Processo e controllo delle misurazioni tramite il	sistema microcomputer integrato
Indicatore LCD a due righe di 16 caratteri	
Le informazioni visualizzate sul display LC	CD possibilità di $ hok$ (apparente, più
precisamente efficace o resistività specifica)	
Memoria non volatile operativa memoria (FOZU	I) 8000 misurazioni
Calibratore da 1 ohm	
Connettore a banana (- GND) per misure ground	led.

Il metodo geoelettrico è sensibile alla presenza dell'acqua infatti le rocce, coerenti o non, sono sempre più o meno porose e l'acqua contiene sali in soluzione che quindi permette, in maniera più o meno accentuata in funzione della porosità, della tessitura, della salinità



dell'acqua stessa, la conduzione della corrente elettrica. Per rocce porose, che non contengano argilla vale un'importante relazione che lega la resistività della roccia a quella dell'acqua contenuta nei suoi pori ed alla porosità stessa.

Litotipo	Porosità (%)	Fattore di cementazione	Coefficiente a
Sabbie sciolte	30 ÷50	1,3	1
Sabbie scarsamente cementate	20 ÷40	1,9	0,7
Arenarie	7 ÷ 30	2,2	0,5
Calcari compatti	2 ÷ 25	1,8	0,5
Calcari microcristallini	2÷20	0,3	0,8
Granito	<1	2,5 ÷2,8	

Tabella 1: parametri legati alla legge di Archie

Numerose indagini di campagna e di laboratorio, eseguite principalmente per la prospezione petrolifera, hanno portato alla formulazione della legge di Archie, che per rocce sature si scrive: $\rho = \rho_{\rm IF} F$

dove ρ è la resistività della formazione porosa, ρ w la resistività dell'acqua nella formazione e F è il cosiddetto fattore di formazione: $F = a \Phi^{-m}$

dove *a* è un coefficiente empirico, m il fattore di cementazione e Φ la porosità (efficace), definita come il volume dei pori di un volume unitario della roccia. Nella tabella 2 si riportano i valori medi della porosità Φ , del fattore di cementazione *m* e del coefficiente *a* di alcune litologie porose comuni, al confronto col granito. I diagrammi di resistività sperimentale rappresentano la funzione resistività-profondità sulla base della situazione litologica del sottosuolo. Nell'interpretazione quantitativa si deve operare il processo inverso, come detto in precedenza, ossia si deve ricavare il modello del terreno, in termini di spessore e resistività degli strati, sulla base dell'andamento della resistività calcolata (sulla base di un modello che è stato inserito) in sovrapposizione a quella misurata sul terreno, consente di valutare la corrispondenza tra le due curve.

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG) tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA



Material	Resistivity (Ω•m)	Conductivity (Siemen/m)
Igneous and Metamorphic Rocks Granite	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Slate	$6x10^2 - 4x10^7$	$2.5 \times 10^{-8} - 1.7 \times 10^{-3}$
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Quartzite	$10^2 - 2x10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Sedimentary Rocks Sandstone Shale	$8 - 4x10^{3}$ 20 - 2x10^{3}	$2.5 \times 10^{-4} - 0.125$ $5 \times 10^{-4} - 0.05$
Limestone	$50 - 4x10^2$	$2.5 \times 10^{-3} - 0.02$
Soils and waters Clay Alluvium Groundwater (fresh) Sea water Chemicals	1 - 100 10 - 800 10 - 100 0.2	0.01 - 1 1.25 x10 ⁻³ - 0.1 0.01 - 0.1 5
Iron 0.01 M Potassium chloride 0.01 M Sodium chloride 0.01 M acetic acid Xylene	9.074x10 ⁻⁸ 0.708 0.843 6.13 6.998x10 ¹⁶	1.102x10 ⁷ 1.413 1.185 0.163 1.429x10 ⁻¹⁷

Tabella 2: parametri geoelettrici dei principali litotipi

In sito è stata effettuata una tomografia geoelettrica capacitiva con il metodo move-out in array dipolo-dipolo:



Figura 4: Distribuzione dei punti di Riferimento nel piano distanza-pseudodepth come fosse ottenuto con elettrodo fisso e acquisizione dati di array rimorchiati utilizzando un array multicanale con geometria dipolo-dipolo equatoriale. Acquisizione di array trainati con intervallo di campionamento costante Ds come ottenuto dalla distanza costante di campionamento.

Si è così ottenuta una ricostruzione tomografica della sezione verticale del profilo di terreno tramite appositi software di elaborazione che utilizzano generalmente il Metodo degli Elementi Finiti (FEM). Il terreno al di sotto degli elettrodi viene così suddiviso idealmente in un numero finito di maglie o celle (i cosiddetti "elementi finiti"), ciascuna



di resistività omogenea ed incognita. La forma degli elementi è generalmente quadrata o rettangolare e le loro dimensioni sono determinate in base alla distanza tra gli elettrodi (metà della spaziatura tra due elettrodi adiacenti). Nella ricostruzione tomografica l'incognita è costituita dalla distribuzione della resistività nel sottosuolo, mentre le misure elettriche effettuate sul terreno rappresentano i termini noti. Questa apparecchiatura è stata studiata e progettata per eliminare i tempi morti che erano dovuti al fatto che l'operatore era costretto a spostare gli elettrodi al termine di ogni singola acquisizione. Con questo nuovo tipo di strumento il modo di procedere risulta nettamente più rapido, efficacie e può essere così sintetizzato:

- gli elettrodi vengono tutti infissi nel suolo prima di iniziare l'esecuzione del sondaggio;
- si seleziona il tipo di configurazione (array) più adatto per la particolare applicazione;
- si impostano i parametri di acquisizione (durata dell'impulso di energizzazione, durata pausa di interciclo, numero di misure e corrente di energizzazione, ecc);
- si da quindi inizio all'acquisizione automatica. A questo punto è lo strumento che attiva il ciclo di acquisizione programmato dall'utente e comunica continuamente con i Link Box, inviando loro le informazioni necessarie per cambiare la funzione dei vari elettrodi.

Ogni picchetto infisso nel terreno si "trasforma" quindi di volta in volta in elettrodo A, M, N, B o scollegato, a seconda della misura effettuata e del tipo di sondaggio scelto. I valori via via acquisiti vengono visualizzati in tabelle per la verifica immediata dell'andamento della misura e sono contemporaneamente memorizzati (salvataggio automatico, il file è identificato da: data, ora ed un'eventuale nota) su l'Hard Disk interno e i dati vengono poi esportati dal computer di campo mediante una chiavetta USB per poi essere elaborati ed interpretati. Lo strumento comunica continuamente anche con l'energizzatore P300-T fornendogli le specifiche programmate e ricevendo informazioni sulla corrente erogata. Per ogni sondaggio viene visualizzato il tempo (minimo e massimo) necessario per completare la sessione di misura. Questo tempo è in funzione non solo dei tempi impostati per la creazione dell'onda di energizzazione, dal numero di cicli e di elettrodi, ma anche dal tipo di valori acquisiti (lo strumento effettua l'autoranging in automatico). Pertanto il tempo minimo corrisponde al caso in cui tutti i



valori acquisiti richiedano una sola lettura (valori elevati), mentre il tempo massimo corrisponde al caso in cui tutti i valori richiedano 3 letture (valori molto bassi). Anche se lo strumento è nato per gestire i metodi in modo automatico, possono essere realizzati dei sondaggi in modalità interattiva (metodi non automatici).

ELABORAZIONE E RISULTATI

I dati raccolti sono stati scaricati su p.c. ed elaborati con il software Res2Dinv, un programma di inversione di dati geoelettrici. Il risultato finale per ciascun rilievo è sintetizzato da una tomografia geoelettrica, che rappresenta un modello 2D della resistività del sottosuolo. In questo processo è possibile trasformare i file binari in formato ASCII. Il software permette di elaborare i dati mediante l'inserimento delle informazioni geometriche dei differenti percorsi, la correzione dei versi di percorrenza e della posizione dei marker ed il filtraggio dei dati con operazioni di despike e smoothing. Oltre alla visualizzazione classica con la quale vengono rappresentati la disposizione dei marker e la lunghezza dei profili, il programma consente di visualizzare le misure di resistenza elettrica [μ V/mA] in funzione dell'istante di acquisizione.



Figura 5: sequenza di misurazione multielettrodo

Lo studio di questo grafico è importante per individuare eventuali segnali spuri o assenze di segnale che in fase di inversione introdurrebbero degli errori nella formazione dei modelli di resistività. La differenza di potenziale misurata dal ricevitore dipende non solo dalla resistività dei materiali presenti nel sottosuolo, ma anche dalla loro disposizione spaziale: è necessaria pertanto una serie di elaborazioni matematiche

RELAZIONE TECNICA

GeoService Servizi Geologia

che permetta di creare modelli di resistività ipotizzando determinate geometrie nel sottosuolo. Questo processo, che prende il nome di inversione, normalmente viene eseguito dopo aver acquisito i dati in campagna e costituisce la principale attività di elaborazione in laboratorio. Nel nostro caso il software Res2Diny utilizza un algoritmo di inversione basato sui minimi quadrati che permette di determinare un modello bidimensionale di resistività del sottosuolo. Il Res2Diny, dopo aver compiuto un numero di iterazioni successive che possono essere stabilite dall'utente, visualizza una tomografia elettrica che rappresenta il miglior compromesso tra le misure fatte e il modello calcolato: l'accordo (o il disaccordo) tra essi è sintetizzato dal parametro RMS (Root Means Square error) espresso in percentuale. Anche se un valore elevato di RMS può essere letto come un'incapacità del programma ad invertire i dati (e quindi creare un buon modello di resistività), non bisogna dimenticare che gli algoritmi utilizzati dal Res2Dinv si basano su ipotesi di carattere geologico. Tali algoritmi, pertanto, tendono a creare una modellazione geologicamente coerente del sottosuolo e non tengono conto dell'eventuale presenza di strutture antropiche che introducono variazioni artificiali al naturale andamento della resistività del terreno: per questo motivo, in presenza di un sottosuolo fortemente antropizzato, si hanno spesso valori di RMS molto elevati. In tali casi, l'utente consapevole può utilizzare il metodo di inversione robust per "segnalare" al software la presenza di forti variazioni di resistività in spazi ridotti (caso tipico delle indagini archeologiche); questo metodo di inversione (detto anche "a blocchi") permette di accentuare le variazioni orizzontali enfatizzando i contorni netti e gli spigoli vivi delle zone con forti variazioni di resistività.



Figura 6: disposizione a blocchi e punti di un pseudosezione



Un altro dei parametri modificabili per la creazione di un buon modello teorico è la larghezza delle celle con cui si rappresenta il sottosuolo, la quale normalmente è pari alla minima spaziatura tra le antenne; dimezzare questo parametro (model refinement) significa ottenere un modello più dettagliato e raffinato. Considerata l'attendibilità delle misure compiute in situ e l'alto numero di dati rilevati, nel nostro caso si è fatto uso di questa opzione nell'elaborare alcune tomografie.

La pseudosezione è una rappresentazione che ci fornisce un'idea della distribuzione delle resistività reali nel sottosuolo e permette di evidenziare delle anomalie locali determinate da valori troppo alti o troppo bassi rispetto ai valori limitrofi che saranno poi eliminati prima di procedere all'inversione dei dati stessi. Attualmente le immagini 2D sono ampiamente utilizzate per mappare le aree geologiche moderatamente complesse dove un'indagine 1D convenzionale risulta essere inadeguata. I risultati degli studi vengono inseriti sotto forma di una pseudosezione che conferisce un quadro approssimativo ma distorto della geologia del sottosuolo. Questo programma può essere utilizzato con diversi tipi di configurazioni (array): Wenner, Dipolo-Dipolo, Wenner-Schlumberger e Polo-Polo. Il metodo di ottimizzazione, è utilizzato per interpretare i dati provenienti da uno strumento multielettrodico e sostanzialmente si propone di ridurre la differenza tra i valori di resistività apparente calcolata e misurata (reale), regolando la resistività dei blocchi del modello. Una misura di questa differenza è data dall'errore di root-meansquared (RMS). Tuttavia il modello con l'errore più basso possibile a volte può mostrare grandi e irrealistiche variazioni nei valori di resistività del modello che potrebbe non essere sempre il modello "migliore" dal punto di vista geologico. In generale, l'approccio più prudente è quello di utilizzare il modello con 3-5 iterazioni dopo che l'errore RMS non cambia più significativamente (per ulteriori informazioni è disponibile un tutorial sul sito web www.geoelectrical.com). Il programma sceglie automaticamente i parametri ottimali per l'inversione per un particolare insieme di dati, tuttavia, questi parametri possono anche essere modificati dall'utente (Loke and Barker, 1996a). L'utente può essere guidato nelle scelte dei parametri ottimali per l'inversione, valendosi di informazioni come quelle ottenute dalle trivellazioni o da altre fonti che possono essere incluse nel modello. Tutti i metodi d'inversione cercano di determinare un modello per il sottosuolo la cui risposta sia in accordo con i dati misurati. I PARAMETRI (Q) sono i valori di resistività delle celle

GeoService S.a.s.		
Via Kennedy, 36		
71036 Lucera (FG)		
tel 0881500025		



del modello, mentre i DATI osservati (y) sono i valori di resistività apparente misurati. Un modello iniziale, solitamente omogeneo, viene modificato in modo iterativo, facendo in modo che la differenza

g = y - f

 \Box tra i valori di resistività apparente misurati (y) e calcolati (f) si riduca ad ogni iterazione



Figura 7: parametri del modello e dati osservati

Il software utilizza due metodi per l'elaborazione dei dati, quello delle DIFFERENZE FINITE e quello degli ELEMENTI FINITI. Entrambi i metodi devono risolvere la seguente equazione di Poisson:

$$I_{c} = -\nabla \left[\frac{1}{\rho(\mathbf{x},\mathbf{y})}\nabla \phi(\mathbf{x},\mathbf{y},\mathbf{z})\right]$$

dove:

I_c è la corrente;

 ρ (x,y) è la resistività;

 ϕ (x,y,z) è il potenziale nei nodi che deve essere calcolato.

Ogni cella del modello in cui è suddiviso il sottosuolo può avere un valore di resistività diversa. Questo secondo metodo degli Elementi Finiti, può avere delle celle non regolari e per questo motivo è il più utilizzato quando siamo in presenza di topografia.



Figura 8: Schema di disposizione delle celle senza e con la topografia

Mentre il programma per l'inversione dei dati si basa sul smoothnessconstrained metodo dei minimi quadrati (Degroot-Hedlin and Constable, 1990; Sasaki, 1992). Questo metodo deve risolvere la seguente equazione:

$$(J^T J + u F) d = J^T g$$

dove:

 $F = f_X f_X^T + f_Z f_Z^T;$ $f_X = filtro di planarità orizzontale;$ $f_Z = filtro di planarità verticale;$ J = matrice delle derivate parziali; u = Damping Factor (fattore di smorzamento); d = modello perturbazione vettore;g = vettore di discrepanza.

Un vantaggio di questo metodo è che i filtri, fattore di smorzamento e di planarità possono essere regolati per adattarsi ai diversi tipi di dati. Una descrizione dettagliata delle diverse varianti del metodo dei minimi quadrati di scorrevolezza con i limiti, si può trovare nelle note tutoriali fornite da Loke (2001).

RELAZIONE TECNICA



Ubicazione Tomografia



Figura 9: ubicazione della tomografia elettrica EL1. Ad est lo zero della linea (lato valle) ad ovest il lato monte



Sondaggio Geognostico S 1





Horizontal scale is 15.76 pixels per unit spacing Vertical exaggeration in model section display = 1.15 First electrode is located at 0.0 m. Last electrode is located at 145.0 m.

Tomografia 2D con Topografia







Tomografia 2D ed interpretazione

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

RELAZIONE TECNICA



tel. 0881500025

Documentazione fotografica





RELAZIONE TECNICA







Foto 4



GEOFISICA, GEOELETTRICA, GEOTECNICA E PENETROMETRIA

LUCERA (FG) Via Kennedy 36 tel. 0881 500025 tel. cell. 328/7178199

PROGETTO: PROGETTO DEFINITIVO DI UN PARCO EOLICO, IN AGRO DEL COMUNE DI SERRACAPRIOLA (FG)

TOMOGRAFIA GEOELETTRICA 2

Il Responsabile Tecnico Dott. S. Finamore

LUCERA, NOVEMBRE 2020

IL COMMITTENTE

REPOWER RENOWABLE S.P.A.



SONDAGGI GEOELETTRICI

Il metodo geoelettrico si basa sulla misura della differenza di potenziale in alcune zone del terreno, con l'obiettivo di ricostruire modelli di resistività attraverso un processo d'inversione. Mediante l'utilizzo di appropriate strumentazioni si immette corrente elettrica nel terreno e si esegue una successione di misure in superficie con una serie di elettrodi opportunamente posizionati ed infissi nel terreno.

L'apparecchiatura per la misura della resistività è formata schematicamente da:

• un sistema per l'immissione di corrente nel terreno (batteria o generatore di corrente);

• una serie di elettrodi (minimo quattro: A e B elettrodi di corrente, M e N elettrodi di potenziale);

• strumenti per la misura dell'intensità di corrente immessa nel terreno mediante gli elettrodi A e B e della differenza di potenziale tra i due elettrodi Me N.

Per la maggior parte degli impieghi vengono utilizzate apparecchiature a corrente alternata a bassa frequenza (60-120Hz): ciò elimina la necessità di impiegare elettrodi non polarizzabili o di misurare o annullare i potenziali spontanei. La resistività è alquanto più bassa di quella misurata con l'impiego di corrente continua. Gli elettrodi sono usualmente dei picchetti di bronzo, rame o acciaio inox di lunghezza da 45-50cm, con collegamenti a mezzo di spinotti. Gli elettrodi vengono conficcati nel terreno in modo da produrre un buon contatto. In presenza di suoli secchi od a granulometria grossolane, si può migliorare il contatto con l'uso di soluzioni saline irroranti o semplicemente acqua salata. Nel caso di pavimentazioni stradali si possono utilizzare speciali elettrodi costituiti da piastre in acciaio inox poggiate sul pavimento; il contatto elettrodo-pavimentazione è assicurato dall'utilizzo di soluzioni saline. I dati dei rilievi geoelettrici sono usualmente presentati in forma di valori di resistività apparente: questa è definita come la resistività di un semispazio elettricamente omogeneo ed isotropo che presenti gli stessi rapporti misurati tra la corrente applicata e la differenza di potenziale per una data disposizione e spaziatura degli elettrodi. Un'equazione che dia la resistività apparente in funzione di corrente applicata, distribuzione del potenziale e disposizione degli elettrodi può essere sviluppata attraverso l'esame della distribuzione di potenziale dovuta ad un singolo elettrodo di corrente; da questa, per sovrapposizione, può essere ricostruito l'effetto di una coppia di elettrodi o di ogni altra combinazione. La resistività

RELAZIONE TECNICA



del mezzo può quindi essere ricavata dai valori misurati di V, I e dal fattore geometrico K, funzione unicamente della disposizione elettrodica. Nelle misure reali sul terreno, la notazione ρ relativa ad un mezzo fittizio è sostituita da ρ a o resistività apparente. Il rilevamento geoelettrico consiste nell'uso dei valori di resistività apparente derivati da misure di campo in vari punti e con diverse configurazioni per stimare la vera resistività dei diversi strati e ricostruire spazialmente i loro limiti al di sotto della superficie topografica. Una configurazione di elettrodi con spaziatura costante viene utilizzata per riconoscere variazioni laterali di resistività apparente che possono riflettere variazioni litologiche. Per indagare sui cambiamenti in profondità, si aumenta la spaziatura degli elettrodi. La maggior parte delle rocce presenta caratteri di conducibilità di tipo elettrolitico dato che, con le eccezioni di alcuni minerali metallici, quasi tutti i minerali sono isolanti. La conducibilità è dovuta quindi essenzialmente all'acqua interstiziale ed è in larga misura funzione della porosità, del contenuto d'acqua e della quantità di sali disciolti nell'acqua. La presenza di fluidi nel sottosuolo fa si che rocce e terreni, attraversati dalla corrente, si comportino relativamente

come dei buoni conduttori di elettricità; al contrario le strutture con scarso contenuto di fluidi come rocce asciutte non fratturate e cavità naturali o di natura antropica si comportano come dei cattivi conduttori di calore, se non addirittura come degli isolanti.

Pertanto le geometrie sepolte rispondono al flusso di corrente artificiale, immessa con diverse modalità, in funzione del parametro fisico che regola tale comportamento: la resistività elettrica ρ (Ohm·m).

La resistività è quindi una proprietà assai variabile, anche all'interno della stessa formazione: ciò è particolarmente vero per i materiali poco consolidati prossimi alla superficie, come detriti e regolite. Nelle tabelle successive sono forniti alcuni valori indicativi della resistività di rocce e sedimenti, valori che vanno utilizzati con le limitazioni suddette. La prima mostra gli intervalli di resistività per alcuni litotipi e come si può osservare spesso questi valori si sovrappongono rendendo problematica la fase di identificazione dei litotipi. La Tabella successiva associa gli intervalli di resistività (ρ) a quelli di porosità (ϕ).



METODOLOGIA - Misure di resistività elettrica con accoppiamento capacitivo ed inversione dati

Il metodo geoelettrico si basa sulla misura della differenza di potenziale in alcune zone del terreno, con l'obiettivo di ricostruire modelli di resistività attraverso un processo d'inversione. Il principio alla base di un sistema ad accoppiamento capacitivo è il passaggio della corrente alternata attraverso un condensatore. In uno strumento ad accoppiamento capacitivo un cavo coassiale agisce come una delle piastre metalliche di un condensatore, mentre la superficie del terreno agisce come l'altra piastra. Questo accoppiamento capacitivo cavo-terreno è caratterizzato da una capacità elettrica variabile dipendente dalle condizioni del terreno; una corrente alternata (AC) generata dal trasmettitore con una frequenza di circa 16,5 kHz passerà per capacità dal cavo al terreno; la guaina isolante che fa le veci dell'isolante del condensatore. Il terreno è quindi caricato per induzione e non per contatto, come nel caso dei georesistivimetri ad accoppiamento galvanico, nei quali la corrente viene immessa nel terreno attraverso un elettrodo costituito da materiale conduttivo. Il ricevitore è caricato in modo uguale e contrario al trasmettitore, permettendo alle componenti elettroniche del ricevitore di misurare il potenziale elettrico alternato. Il ricevitore di uno strumento ad accoppiamento capacitivo è concettualmente equivalente ad un voltmetro per corrente alternata.



Figura 1: schema di campo elettrico capacitivo

La capacità elettrica del cavo è determinata principalmente dalla sua lunghezza: più il cavo è lungo, maggiore sarà la sua capacità e quindi la possibilità di accoppiare più corrente nel terreno. Durante la normale acquisizione dei dati, la tecnologia che utilizza l'accoppiamento capacitivo per misurare la resistività del mezzo non viene considerata come uno strumento che emette onde elettromagnetiche, in quanto le frequenze utilizzate sono basse (16,5 kHz): infatti lo strumento utilizzato è in tutto e per tutto un georesistivimetro e misura soltanto i campi elettrici, tuttavia questo non vuol dire che i fenomeni elettromagnetici non siano presenti e che non influenzino in qualche modo le misure. È stato possibile stimare che, se la distanza tra il trasmettitore e il ricevitore rimane al di sotto di un fattore skin-depth, gli errori di misura introdotti dagli effetti dell'elettromagnetismo sono inferiori al 2%, ossia meno di quanto sia l'errore strumentale o le condizioni del contesto, quali il rumore di fondo. Questa soglia del 2% è stata stimata attraverso calcoli teorici e confronto tra le misure ottenute con georesistivimetri ad accoppiamento galvanico e ad accoppiamento capacitivo. Come per i georesistivimetri ad accoppiamento galvanico, anche per i georesistivimetri ad accoppiamento capacitivo la profondità d'investigazione dipende dalla geometria dell'array e non dalla frequenza del segnale né dal tempo di acquisizione. Come per i dati acquisiti attraverso i georesistivimetri ad accoppiamento galvanico, la resistività apparente (ρa) è calcolata utilizzando il fattore k. Il fattore geometrico per uno strumento ad accoppiamento galvanico che immette nel terreno corrente continua attraverso una sorgente puntuale (elettrodo infisso nel terreno) è differente da quello di uno strumento ad accoppiamento capacitivo che energizza il terreno con una corrente alternata generata da un cavo. Il



fattore geometrico usato per convertire le misure in resistività è riportato nell'equazione seguente:



Figura 2: fattori geometrici per linee capacitive

L'array utilizzato è quindi assimilabile a quello di un dipolo-dipolo, in quanto il ricevitore (elettrodi di potenziale per il sistema ad accoppiamento galvanico) è esterno rispetto al trasmettitore (elettrodi di corrente), come è possibile vedere qui di seguito. In quanto assimilabile all'array dipolo-dipolo, lo strumento è molto sensibile ai cambiamenti orizzontali nella resistività: per questa ragione è particolarmente adatto all'individuazione di strutture verticali quali strutture murarie, fondazioni o fossati.



Figura 3: equivalenza tra linee a dipoli capacitivi e galvanici

Le equazioni di figura 2 sono fondamentali in geoelettrica: misurando la corrente iniettata tra due elettrodi A e B e quindi la d.d.p. che ne risulta tra due differenti elettrodi M e N e conoscendo la disposizione sul terreno dei 4 elettrodi, si ottiene la resistività elettrica del sottosuolo nell'ipotesi che sia omogeneo ed isotropo. Nel caso di una misura geofisica non si verificano le condizioni di omogeneità ed isotropia del mezzo (il sottosuolo è generalmente molto eterogeneo ed anisotropo dal punto di vista elettrico): è pertanto necessario introdurre il concetto di resistività apparente. Un successivo processo di inversione consente di passare dalle misure di resistività

RELAZIONE TECNICA



apparente al modello di resistività. Con un qualsiasi array di misurazione ai dipoli di corrente AB si instaura una densità di corrente che decresce con z^3 (dove z è la profondità) a parità della separazione spaziale tra A e B, ma quel che è più importante è che la densità di corrente diminuisce a parità di z anche con il quadrato di AB! Ciò significa che la distribuzione in profondità della corrente è funzione della distanza AB: maggiore è AB, maggiore è il semispazio interessato dal flusso di corrente iniettata da AB. Quanto appena visto costituisce il presupposto per utilizzare un qualunque dispositivo quadripolare in modo da fornire un'informazione che sia funzione della profondità. Supponiamo di porre un dipolo AB sulla superficie di un semispazio stratificato. Si può ammettere che se la spaziatura AB è molto piccola rispetto allo spessore del primo strato, la corrente da esso generata si distribuirà sostanzialmente all'interno del primo strato: la d.d.p. misurata agli elettrodi MN non risentirà della presenza del secondo strato e la resistività che ne risulterà, in base all'equazione fondamentale, sarà esattamente quella (vera) del primo strato. Quando si allargano gli elettrodi AB, una parte via via crescente della corrente circolerà nel secondo strato; la ddp agli MN ne sarà conseguentemente modificata e la relazione fondamentale fornirà ancora una resistività, ma che si allontanerà da p1 per avvicinarsi progressivamente e dolcemente (ricordiamo la continuità della funzione potenziale) a p2. Se al di sotto del secondo strato ce ne fosse un altro e cosi via in successione fino a raggiungere il substrato elettrico (il terreno di base, all'interno della cui influenza sulla ddp agli MN, si chiude la sequenza delle misure), la resistività misurata continuerebbe ad oscillare tra i valori veri delle resistività dei singoli strati, fino a tendere asintoticamente alla resistività del substrato. Tale resistività misurata, che non coincide necessariamente con alcuna delle resistività vere presenti nel sottosuolo tabulare investigato, viene detta "resistività apparente". Naturalmente l'evoluzione della resistività apparente misurata in corrispondenza della variazione di AB deve essere funzione, oltre che di AB (la variabile indipendente), anche delle resistività e degli spessori degli strati investigati. Che debba essere funzione anche dello spessore del singolo strato è intuitivo: immaginando uno strato molto più spesso degli altri o viceversa uno strato sottile posto in profondità, mentre nel primo caso la curva di pa può raggiungere il valore della resistività di quello strato, non è per detto che la presenza di uno strato sottile modifichi in maniera significativa le ddp osservate. Ma il punto più importante è se è possibile,

RELAZIONE TECNICA



data una sequenza di misure di ρ a (una curva), risalire ai valori di resistività e spessori del nostro sottosuolo stratificato, se è possibile cioè parlare di "sondaggio elettrico", nel senso di poter ricavare da misure di superficie la distribuzione delle resistività nel sottosuolo, come se avessimo fatto un sondaggio diretto. La risposta è positiva, in quanto siamo si può calcolare la curva di ρa in funzione di L per qualunque sequenza di strati piani paralleli (un sottosuolo in cui la proprietà fisica in esame varia lungo una sola direzione è detto mono-dimensionale o più brevemente 1D): essa passerà per un processo di inversione, o di regressione, in base al quale, disponendo del legame funzionale tra pa e le resistività e spessori (i parametri del modello), si arriverà a trovare quei valori ottimali dei parametri la cui risposta calcolata adatta al meglio, ad es. nel senso dei minimi quadrati, la risposta misurata sul sottosuolo indagato. Questo processo di inversione, dotato di algoritmi di regressione che sono gestibili da software, venne realizzato inizialmente per via grafica e questa via può tuttora essere raccomandata, quantomeno per ottenere le stime iniziali dei parametri, da ottimizzare nel processo di calcolo summenzionato.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'EIS-3kN della JSC-NTK di Mosca è un sistema ad accoppiamento capacitivo realizzato per misurare la resistività sub-superficiale nelle aree caratterizzate da alta resistività superficiale (presenza di asfalti, massicciate, ciottolame, sottostrutture stradali a grossi blocchi, pavimentazioni in basolati, sanpietrini etc.) in cui le esplorazioni con georesistivimetro tradizionale ad accoppiamento galvanico sono difficilmente praticabili ed ai picchetti si instaurerebbe un'altissima resistenza di contatto comunque non mitigabile con l'uso di solfati o sali. Lo strumento è costituito da un dipolo trasmettitore-ricevitore superficiale. Il funzionamento è relativamente semplice: una corrente alternata è accoppiata in modo capacitivo nel terreno ad una frequenza specifica (16,5 kHz) da un voltaggio alternato applicato dal trasmettitore; la misura viene effettuata sul risultante voltaggio accoppiato al ricevitore. Questo voltaggio sarà proporzionale alla resistività del terreno che separa i due dipoli e alla corrente emessa dal trasmettitore. Il trasmettitore e il ricevitore sono schierati in una configurazione dipolo-dipolo, in cui il trasmettitore e il ricevitore sono posizionati lungo una linea e separati da interi o frazioni della lunghezza



del dipolo stesso (0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; ...). Esattamente come per un sistema a corrente continua, la resistività apparente è calcolata moltiplicando il fattore geometrico appropriato per i voltaggio del ricevitore, normalizzato con la corrente emessa dal trasmettitore.

Due importanti restrizioni bisogna tener presente:

1. il trasmettitore e il ricevitore non devono essere immersi in acqua;

 la distanza tra il trasmettitore ed il ricevitore non deve eccedere un fattore skin-depth.
 Il fattore skin-depth è calcolato in metri e risulta approssimativamente essere 500*sqrt (resistività/frequenza).

Lo strumento mappa la resistività senza utilizzare picchetti metallici, piastre di rame o riempimenti conduttivi, sfruttando il metodo dipolo-dipolo ed a differenza dei georesistivimetri ad accoppiamento galvanico, opera molto bene in terreni ad alta resistività (dunque anche in ambiente urbano) e su roccia. Acquisisce in continuo (ma anche in discreto) fino a due letture al secondo e permette di ottenere sezioni ad alta risoluzione (soprattutto laterale) sino a 30 metri di profondità, anche in strutture geologiche complesse. Può essere utilizzato in qualsiasi configurazione dipolare (esso è full dipolo-dipolo), in configurazioni semi capacitive e semi galvaniche e per misure S.E.V. Non utilizzando elettrodi, quindi, non solo si aumenta la velocità di acquisizione, ma si eliminano tutti i disturbi generati dalle resistenze di contatto terreno-picchetto. Ne consegue che tale strumento si rivela adatto ad operare anche su terreni ad alta resistività o dove sarebbe preferibile, se non sconsigliabile, piantare elettrodi, come su pavimentazioni storiche.

Qui di seguito si riportano le specifiche tecniche strumentali:

Frequenza operativa (kHz): circa 16,5Corrente di uscita (mA): 1, 3, 10, 30Capacita generata in uscita simmetrica (pF): ≤ 5 Valori di carico limite: tab. sottostanteAlimentazione esterna (19-26) V(a Iout = $10 \div 30$ mA)Alimentazione interna ricaricabile(con Iout = $1 \div 3$ mA)Alimentazione: 19,8-26 VoltCorrente assorbita dalla sorgente di alimentazione: vedi tabella sottostanteTemperatura di esercizio (° C):



Dimensioni (mm):

320 x 155 x 265

Peso con alimentatori interni (kg):

Connettore a banana (+ Earth) per misure grounded

I valori limite distenza (Rmax) e carico capacitante (Cmin), corrente di output (Iout) e currente di pit (Ipit) in relazione all'alimentazione (Upow).

4,0

Iout mA	R _{max} , KΩ	C _{min} , pF	I _{pit} mA
			(U₅=21,5 V)
1	10	100	<50
3	10	100	<100
10	10	200	<380
30	10	500	<900

Nella seguente sequenza sono riportate le specifiche tecniche dell'unità ricevente

Frequenza di commutazione (kHz):	circa 16,5
Larghezza di banda (Hz):	20
Limiti di misura della tensione (V, VSS . Stamp .)) 2 * 10-6 ÷ 2
Impedenza di ingresso all'ingresso simmetrico:	Cin 6 pF
	$Rin \ge 5x106 Ohm$
Alimentazione interna (batteria)	
Alimentazione (V):	(6,6 ÷ 8,2)
Corrente assorbita dalle fonti di energia (mA):	\leq 45
Temperatura di esercizio (° C):	-10 ÷ +40
Dimensioni (mm):	320 x 155 x 265
Peso con alimentatore (kg): 3,	8
Processo e controllo delle misurazioni tramite il	sistema microcomputer integrato
Indicatore LCD a due righe di 16 caratteri	
Le informazioni visualizzate sul display LC	CD possibilità di $ hok$ (apparente, più
precisamente efficace o resistività specifica)	
Memoria non volatile operativa memoria (FOZU	I) 8000 misurazioni
Calibratore da 1 ohm	
Connettore a banana (- GND) per misure ground	led.

Il metodo geoelettrico è sensibile alla presenza dell'acqua infatti le rocce, coerenti o non, sono sempre più o meno porose e l'acqua contiene sali in soluzione che quindi permette, in maniera più o meno accentuata in funzione della porosità, della tessitura, della salinità


dell'acqua stessa, la conduzione della corrente elettrica. Per rocce porose, che non contengano argilla vale un'importante relazione che lega la resistività della roccia a quella dell'acqua contenuta nei suoi pori ed alla porosità stessa.

Litotipo	Porosità (%)	Fattore di cementazione	Coefficiente a
Sabbie sciolte	30 ÷50	1,3	1
Sabbie scarsamente cementate	20 ÷40	1,9	0,7
Arenarie	7 ÷ 30	2,2	0,5
Calcari compatti	2 ÷ 25	1,8	0,5
Calcari microcristallini	2÷20	0,3	0,8
Granito	<1	2,5 ÷2,8	

Tabella 1: parametri legati alla legge di Archie

Numerose indagini di campagna e di laboratorio, eseguite principalmente per la prospezione petrolifera, hanno portato alla formulazione della legge di Archie, che per rocce sature si scrive: $\rho = \rho_{\rm IF} F$

dove ρ è la resistività della formazione porosa, ρ w la resistività dell'acqua nella formazione e F è il cosiddetto fattore di formazione: $F = a \Phi^{-m}$

dove *a* è un coefficiente empirico, m il fattore di cementazione e Φ la porosità (efficace), definita come il volume dei pori di un volume unitario della roccia. Nella tabella 2 si riportano i valori medi della porosità Φ , del fattore di cementazione *m* e del coefficiente *a* di alcune litologie porose comuni, al confronto col granito. I diagrammi di resistività sperimentale rappresentano la funzione resistività-profondità sulla base della situazione litologica del sottosuolo. Nell'interpretazione quantitativa si deve operare il processo inverso, come detto in precedenza, ossia si deve ricavare il modello del terreno, in termini di spessore e resistività degli strati, sulla base dell'andamento della resistività calcolata (sulla base di un modello che è stato inserito) in sovrapposizione a quella misurata sul terreno, consente di valutare la corrispondenza tra le due curve.

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36

71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA



Material	Resistivity (Ω•m)	Conductivity (Siemen/m)
Igneous and Metamorphic Rocks Granite	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Slate	$6x10^2 - 4x10^7$	$2.5 \times 10^{-8} - 1.7 \times 10^{-3}$
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Quartzite	$10^2 - 2x10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Sedimentary Rocks Sandstone Shale	$8 - 4x10^{3}$ 20 - 2x10^{3}	$2.5 \times 10^{-4} - 0.125$ $5 \times 10^{-4} - 0.05$
Limestone	$50 - 4x10^2$	$2.5 \times 10^{-3} - 0.02$
Soils and waters Clay Alluvium Groundwater (fresh) Sea water Chemicals	1 - 100 10 - 800 10 - 100 0.2	0.01 - 1 1.25 x10 ⁻³ - 0.1 0.01 - 0.1 5
Iron 0.01 M Potassium chloride 0.01 M Sodium chloride 0.01 M acetic acid Xylene	9.074x10 ⁻⁸ 0.708 0.843 6.13 6.998x10 ¹⁶	1.102x10 ⁷ 1.413 1.185 0.163 1.429x10 ⁻¹⁷

Tabella 2: parametri geoelettrici dei principali litotipi

In sito è stata effettuata una tomografia geoelettrica capacitiva con il metodo move-out in array dipolo-dipolo:



Figura 4: Distribuzione dei punti di Riferimento nel piano distanza-pseudodepth come fosse ottenuto con elettrodo fisso e acquisizione dati di array rimorchiati utilizzando un array multicanale con geometria dipolo-dipolo equatoriale. Acquisizione di array trainati con intervallo di campionamento costante Ds come ottenuto dalla distanza costante di campionamento.

Si è così ottenuta una ricostruzione tomografica della sezione verticale del profilo di terreno tramite appositi software di elaborazione che utilizzano generalmente il Metodo degli Elementi Finiti (FEM). Il terreno al di sotto degli elettrodi viene così suddiviso idealmente in un numero finito di maglie o celle (i cosiddetti "elementi finiti"), ciascuna



di resistività omogenea ed incognita. La forma degli elementi è generalmente quadrata o rettangolare e le loro dimensioni sono determinate in base alla distanza tra gli elettrodi (metà della spaziatura tra due elettrodi adiacenti). Nella ricostruzione tomografica l'incognita è costituita dalla distribuzione della resistività nel sottosuolo, mentre le misure elettriche effettuate sul terreno rappresentano i termini noti. Questa apparecchiatura è stata studiata e progettata per eliminare i tempi morti che erano dovuti al fatto che l'operatore era costretto a spostare gli elettrodi al termine di ogni singola acquisizione. Con questo nuovo tipo di strumento il modo di procedere risulta nettamente più rapido, efficacie e può essere così sintetizzato:

- gli elettrodi vengono tutti infissi nel suolo prima di iniziare l'esecuzione del sondaggio;
- si seleziona il tipo di configurazione (array) più adatto per la particolare applicazione;
- si impostano i parametri di acquisizione (durata dell'impulso di energizzazione, durata pausa di interciclo, numero di misure e corrente di energizzazione, ecc);
- si da quindi inizio all'acquisizione automatica. A questo punto è lo strumento che attiva il ciclo di acquisizione programmato dall'utente e comunica continuamente con i Link Box, inviando loro le informazioni necessarie per cambiare la funzione dei vari elettrodi.

Ogni picchetto infisso nel terreno si "trasforma" quindi di volta in volta in elettrodo A, M, N, B o scollegato, a seconda della misura effettuata e del tipo di sondaggio scelto. I valori via via acquisiti vengono visualizzati in tabelle per la verifica immediata dell'andamento della misura e sono contemporaneamente memorizzati (salvataggio automatico, il file è identificato da: data, ora ed un'eventuale nota) su l'Hard Disk interno e i dati vengono poi esportati dal computer di campo mediante una chiavetta USB per poi essere elaborati ed interpretati. Lo strumento comunica continuamente anche con l'energizzatore P300-T fornendogli le specifiche programmate e ricevendo informazioni sulla corrente erogata. Per ogni sondaggio viene visualizzato il tempo (minimo e massimo) necessario per completare la sessione di misura. Questo tempo è in funzione non solo dei tempi impostati per la creazione dell'onda di energizzazione, dal numero di cicli e di elettrodi, ma anche dal tipo di valori acquisiti (lo strumento effettua l'autoranging in automatico). Pertanto il tempo minimo corrisponde al caso in cui tutti i



valori acquisiti richiedano una sola lettura (valori elevati), mentre il tempo massimo corrisponde al caso in cui tutti i valori richiedano 3 letture (valori molto bassi). Anche se lo strumento è nato per gestire i metodi in modo automatico, possono essere realizzati dei sondaggi in modalità interattiva (metodi non automatici).

ELABORAZIONE E RISULTATI

I dati raccolti sono stati scaricati su p.c. ed elaborati con il software Res2Dinv, un programma di inversione di dati geoelettrici. Il risultato finale per ciascun rilievo è sintetizzato da una tomografia geoelettrica, che rappresenta un modello 2D della resistività del sottosuolo. In questo processo è possibile trasformare i file binari in formato ASCII. Il software permette di elaborare i dati mediante l'inserimento delle informazioni geometriche dei differenti percorsi, la correzione dei versi di percorrenza e della posizione dei marker ed il filtraggio dei dati con operazioni di despike e smoothing. Oltre alla visualizzazione classica con la quale vengono rappresentati la disposizione dei marker e la lunghezza dei profili, il programma consente di visualizzare le misure di resistenza elettrica [μ V/mA] in funzione dell'istante di acquisizione.



Figura 5: sequenza di misurazione multielettrodo

Lo studio di questo grafico è importante per individuare eventuali segnali spuri o assenze di segnale che in fase di inversione introdurrebbero degli errori nella formazione dei modelli di resistività. La differenza di potenziale misurata dal ricevitore dipende non solo dalla resistività dei materiali presenti nel sottosuolo, ma anche dalla loro disposizione spaziale: è necessaria pertanto una serie di elaborazioni matematiche

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG) tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA

GeoService Servizi Geologia

che permetta di creare modelli di resistività ipotizzando determinate geometrie nel sottosuolo. Questo processo, che prende il nome di inversione, normalmente viene eseguito dopo aver acquisito i dati in campagna e costituisce la principale attività di elaborazione in laboratorio. Nel nostro caso il software Res2Diny utilizza un algoritmo di inversione basato sui minimi quadrati che permette di determinare un modello bidimensionale di resistività del sottosuolo. Il Res2Diny, dopo aver compiuto un numero di iterazioni successive che possono essere stabilite dall'utente, visualizza una tomografia elettrica che rappresenta il miglior compromesso tra le misure fatte e il modello calcolato: l'accordo (o il disaccordo) tra essi è sintetizzato dal parametro RMS (Root Means Square error) espresso in percentuale. Anche se un valore elevato di RMS può essere letto come un'incapacità del programma ad invertire i dati (e quindi creare un buon modello di resistività), non bisogna dimenticare che gli algoritmi utilizzati dal Res2Dinv si basano su ipotesi di carattere geologico. Tali algoritmi, pertanto, tendono a creare una modellazione geologicamente coerente del sottosuolo e non tengono conto dell'eventuale presenza di strutture antropiche che introducono variazioni artificiali al naturale andamento della resistività del terreno: per questo motivo, in presenza di un sottosuolo fortemente antropizzato, si hanno spesso valori di RMS molto elevati. In tali casi, l'utente consapevole può utilizzare il metodo di inversione robust per "segnalare" al software la presenza di forti variazioni di resistività in spazi ridotti (caso tipico delle indagini archeologiche); questo metodo di inversione (detto anche "a blocchi") permette di accentuare le variazioni orizzontali enfatizzando i contorni netti e gli spigoli vivi delle zone con forti variazioni di resistività.



Figura 6: disposizione a blocchi e punti di un pseudosezione



Un altro dei parametri modificabili per la creazione di un buon modello teorico è la larghezza delle celle con cui si rappresenta il sottosuolo, la quale normalmente è pari alla minima spaziatura tra le antenne; dimezzare questo parametro (model refinement) significa ottenere un modello più dettagliato e raffinato. Considerata l'attendibilità delle misure compiute in situ e l'alto numero di dati rilevati, nel nostro caso si è fatto uso di questa opzione nell'elaborare alcune tomografie.

La pseudosezione è una rappresentazione che ci fornisce un'idea della distribuzione delle resistività reali nel sottosuolo e permette di evidenziare delle anomalie locali determinate da valori troppo alti o troppo bassi rispetto ai valori limitrofi che saranno poi eliminati prima di procedere all'inversione dei dati stessi. Attualmente le immagini 2D sono ampiamente utilizzate per mappare le aree geologiche moderatamente complesse dove un'indagine 1D convenzionale risulta essere inadeguata. I risultati degli studi vengono inseriti sotto forma di una pseudosezione che conferisce un quadro approssimativo ma distorto della geologia del sottosuolo. Questo programma può essere utilizzato con diversi tipi di configurazioni (array): Wenner, Dipolo-Dipolo, Wenner-Schlumberger e Polo-Polo. Il metodo di ottimizzazione, è utilizzato per interpretare i dati provenienti da uno strumento multielettrodico e sostanzialmente si propone di ridurre la differenza tra i valori di resistività apparente calcolata e misurata (reale), regolando la resistività dei blocchi del modello. Una misura di questa differenza è data dall'errore di root-meansquared (RMS). Tuttavia il modello con l'errore più basso possibile a volte può mostrare grandi e irrealistiche variazioni nei valori di resistività del modello che potrebbe non essere sempre il modello "migliore" dal punto di vista geologico. In generale, l'approccio più prudente è quello di utilizzare il modello con 3-5 iterazioni dopo che l'errore RMS non cambia più significativamente (per ulteriori informazioni è disponibile un tutorial sul sito web www.geoelectrical.com). Il programma sceglie automaticamente i parametri ottimali per l'inversione per un particolare insieme di dati, tuttavia, questi parametri possono anche essere modificati dall'utente (Loke and Barker, 1996a). L'utente può essere guidato nelle scelte dei parametri ottimali per l'inversione, valendosi di informazioni come quelle ottenute dalle trivellazioni o da altre fonti che possono essere incluse nel modello. Tutti i metodi d'inversione cercano di determinare un modello per il sottosuolo la cui risposta sia in accordo con i dati misurati. I PARAMETRI (Q) sono i valori di resistività delle celle

GeoService S.a.s.		
Via Kennedy, 36		
71036 Lucera (FG)		
tel 0881500025		



del modello, mentre i DATI osservati (y) sono i valori di resistività apparente misurati. Un modello iniziale, solitamente omogeneo, viene modificato in modo iterativo, facendo in modo che la differenza

g = y - f

 \Box tra i valori di resistività apparente misurati (y) e calcolati (f) si riduca ad ogni iterazione



Figura 7: parametri del modello e dati osservati

Il software utilizza due metodi per l'elaborazione dei dati, quello delle DIFFERENZE FINITE e quello degli ELEMENTI FINITI. Entrambi i metodi devono risolvere la seguente equazione di Poisson:

$$I_{c} = -\nabla \left[\frac{1}{\rho(\mathbf{x},\mathbf{y})}\nabla \phi(\mathbf{x},\mathbf{y},\mathbf{z})\right]$$

dove:

 l_c è la corrente; ρ (x,y) è la resistività; ϕ (x,y,z) è il potenziale nei nodi che deve essere calcolato.

Ogni cella del modello in cui è suddiviso il sottosuolo può avere un valore di resistività diversa. Questo secondo metodo degli Elementi Finiti, può avere delle celle non regolari e per questo motivo è il più utilizzato quando siamo in presenza di topografia non suborizzontale.



Figura 8: Schema di disposizione delle celle senza e con la topografia

Mentre il programma per l'inversione dei dati si basa sul smoothnessconstrained metodo dei minimi quadrati (Degroot-Hedlin and Constable, 1990; Sasaki, 1992). Questo metodo deve risolvere la seguente equazione:

$$(J^T J + u F) d = J^T g$$

dove:

 $F = f_X f_X^T + f_Z f_Z^T;$ $f_X = filtro di planarità orizzontale;$ $f_Z = filtro di planarità verticale;$ J = matrice delle derivate parziali; u = Damping Factor (fattore di smorzamento); d = modello perturbazione vettore;g = vettore di discrepanza.

Un vantaggio di questo metodo è che i filtri, fattore di smorzamento e di planarità possono essere regolati per adattarsi ai diversi tipi di dati. Una descrizione dettagliata delle diverse varianti del metodo dei minimi quadrati di scorrevolezza con i limiti, si può trovare nelle note tutoriali fornite da Loke (2001).

GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG) tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA



Ubicazione Tomografia



Figura 9: ubicazione della tomografia elettrica EL2.

GeoService S.a.s.		AND -
Via Kennedy, 36	RELAZIONE TECNICA	GeoService
71036 Lucera (FG)		
tel. 0881500025		Servizi Geologici

Risultati Tomografie







GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG)

tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA



Documentazione fotografica



GeoService S.a.s. Via Kennedy, 36 71036 Lucera (FG) tel. 0881500025

RELAZIONE TECNICA



Google



Foto 3