



COMUNE DI ROCCHETTA SANT'ANTONIO

PROVINCIA DI FOGGIA



COMUNE DI CANDELA

PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica

COD. ID.				
Livello prog.	Tipo documentazione	N. elaborato	Data	Scala
PD	Definitiva	4.2.2	09/2020	

Nome file	
-----------	--

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	SETTEMBRE 2020	PRIMA EMISSIONE	RP	RP	RP

COMMITTENTE:



SINERGIA EWR1 SRL

Centro direzionale snc, Is. G1
80143 Napoli (NA), Italia
P.IVA 09486531214

Sinergia EWR1 S.r.l.

Centro Direzionale
Is. G1, Sc. C, int. 58
80143 Napoli
p.iva 09486531214

GEOLOGIA:

DOTT. GEOL. ROCCO PORSIA

via Tacito, 31
75100 Matera (MT), Italia



SOMMARIO

1. PREMESSA	pag. 3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO DELL'AREA	“ 8
2.1 – i – <<Complesso indifferenziato>>	“ 11
2.2 – co –	“ 12
2.3 – Mm –	“ 13
2.4 – bcD – <<Formazione della Daunia>>	“ 14
2.5 – Ms –	“ 15
2.6 – Pp – <<Conglomerati poligenici di base, fortemente cementati>>	“ 15
2.7 – Ps – <<Sabbie di colore giallo-bruno con lenti ciottolose, localmente fossilifere>>	“ 16
2.8 – Pc – <<Calcari conchigliari di facies garganica>>	“ 17
2.9 – PQa – <<Argille e argille marnose grigio-azzurrognole, localmente sabbiose>>	“ 17
2.10 – PQs – <<Sabbie e sabbie argillose a volte con livelli Arenacei giallastri e lenti ciottolose>>	“ 18
2.11 – Qc1 – <<Conglomerati poligenici con ciottoli di medie e Grandi dimensioni: a volte fortemente cementati e con intercalazioni di sabbie ed arenarie>>	“ 19
2.12 – Qt1 – <<Terrazzi di 90 – 100 metri sull'alveo dell'Ofanto>>	“ 19
2.13 – Qt2 – <<Terrazzi di 15 metri sull'alveo dell'Ofanto e del Carapelle>>	“ 20
2.14 – Qt3 – <<Alluvioni terrazzate poco superiori all'alveo attuale, terre nere e crostoni evaporitici>>	“ 20
2.15 – Q – <<Alluvioni recenti ed attuali>>. Dt – <<Detriti di falda recenti ed attuali>>	“ 21
3. MORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA	“ 22
4. INDAGINI GEOFISICHE, CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA E DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	“ 28
4.1 – Indagine sismica a rifrazione	“ 29
4.1.1. – Risultati delle indagini simiche a rifrazione	“ 37
4.2 – Categoria di sottosuolo, condizioni topografiche, indagine Sismica attiva con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Spectral Analysis of Surface Waves)	“ 40
4.2.1 – Categoria di sottosuolo	“ 41
4.2.2 – Condizioni topografiche	“ 44
4.2.3 – Indagini sismiche con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)	“ 45
4.2.3.1 – Risultati delle indagini M.A.S.W. effettuate	“ 50
4.3 – Azioni sismiche	“ 52

5. CARATTERISTICHE LITOLOGICO-STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DELLE AREE IN STUDIO E STRUTTURE DI FONDAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	“ 70
6. CONCLUSIONI	“ 74
7. BIBLIOGRAFIA	“ 79

ALLEGATI:

Allegato 1: Corografia – Scala 1:25.000

Allegato 2: Carta di Pericolosità Geomorfologica, Idraulica e del
Rischio – Scala 1:25.000 – Scala 1:50.000

Allegato 3: Carta Geologica e Geomorfologica – Scala 1:25.000

Allegato 4: Ubicazione Indagini Geofisiche– Scala 1:25.000

Allegato 5: Risultati delle Indagini Geofisiche

1. PREMESSA

Nell'ambito del **“Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant’Antonio e Candela (FG)”** la Società Sinergia EWR1 s.r.l. con sede in Napoli – Centro Direzionale snc, Is. G1 scala C interno 58, ha dato incarico allo scrivente di effettuare uno studio geologico-geotecnico e sismico su una vasta area ubicata a cavallo tra gli agri di Rocchetta Sant’Antonio e Candela, al fine di verificare lo stato dei luoghi ed accertare la fattibilità dei lavori sopra indicati.

Lo studio in oggetto, volto a definire il modello geologico-geotecnico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrologici, idrogeologici, geomorfologici, litotecnici e fisici, con lo scopo precipuo di valutare il conseguente livello di pericolosità geologica ed il comportamento prima e dopo la realizzazione delle opere, così come richiesto dalla normativa tecnica vigente ed in particolare della **LEGGE 02 febbraio 1974 n. 64** e successive modifiche ed integrazioni, del **D.M. LL.PP. 11 marzo 1988** e delle loro relative norme di attuazione, del **D.Min. Infrastrutture 14**

gennaio 2008, del D.Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018 e Circolare esplicativa n. 7 del 21 gennaio 2019, tenendo in debito conto le prescrizioni del **Piano dell’Autorità di Bacino della Puglia** istituita con la **Legge Regionale n. 19 del 9 dicembre 2002** e delle relative norme tecniche di attuazione (30 novembre 2005).

La consultazione delle norme di attuazione del **PIANO DI BACINO - STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO** - e della cartografia ad esso allegato ha consentito di verificare che le aree su cui sarà realizzato l’intervento non ricadono tra quelle a Rischio e a Pericolosità Idraulica, mentre ricadono tra le aree a Pericolosità Geomorfologica Media e Moderata PG1 ed elevata PG2 (vedi cartografia allegata), per cui le stesse sono soggette alle prescrizioni ed alle restrizioni ai sensi dello stesso Piano solo per la componente geomorfologica.

In particolare la sottostazione e gli aerogeneratori WTG1 – WTG2 – WTG13 – WTG17 ricadono all’interno di aree a Pericolosità Geomorfologica Media e Moderata PG1, gli aerogeneratori WTG3 – WTG4 – WTG5 – WTG6 – WTG7 – WTG8 – WTG9 – WTG10 – WTG11 – WTG12 – WTG14 – WTG15 – WTG16 ricadono all’interno di aree a Pericolosità Geomorfologica elevata PG2, mentre gli aerogeneratori WTG18 – WTG19 sono fuori da aree a Pericolosità Geomorfologica.

I lavori previsti, che certamente determineranno la variazione dell’assetto idrografico-idrogeologico attuale dei versanti in oggetto, dovranno

essere condotti con le necessarie accortezze (corretto rimodellamento dei versanti, regimazione delle acque meteoriche, eventuale realizzazione di opere di presidio o interventi finalizzati al miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni, ecc.) al fine di continuare a garantire, anche dopo i lavori di sterro e rinterro, di realizzazione delle piazzole e di tutte le opere a servizio di ciascun aerogeneratore da realizzare, la stabilità dell'intera area.

La gestione controllata delle acque meteoriche, che attualmente scorrono liberamente sui versanti in oggetto, dovrà garantire sia durante che dopo gli interventi in progetto il contenimento dei processi erosivi areali o concentrati che siano e, plausibilmente, potrà determinare anche un incremento della stabilità dei siti che saranno interessati dagli interventi e, quindi, anche un decremento della pericolosità geomorfologica dell'intera area.

In seguito alla pubblicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 ed alla Deliberazione della Giunta Regionale di Puglia n. 153 del 2 marzo 2004, che ha aggiornato la classificazione sismica del territorio regionale, si è resa necessaria la caratterizzazione sismica delle aree in esame al fine di verificare le caratteristiche di tali aree alla luce della nuova normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica (**D.Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018**).

Le informazioni sui caratteri litologico-stratigrafici del sottosuolo e le principali caratteristiche geologiche, geotecniche ed idrogeologiche delle aree interessate dal progetto sono state estrapolate dalla vasta bibliografia relativa ai terreni affioranti nell'area, mentre i caratteri morfologici sono stati raccolti nel

corso di alcune ricognizioni di superficie effettuate nella zona interessata e nelle zone limitrofe e confrontando i dati acquisiti con quelli desunti dalla bibliografia e dalla cartografia ufficiale esistente.

Le indagini sismiche con metodologia M.A.S.W. e quelle effettuate con il metodo della sismica a rifrazione in onda P eseguite su poco più del 50% delle aree in cui saranno realizzati gli aerogeneratori al fine di verificare le caratteristiche sismiche del sedime dove saranno realizzate le suddette opere hanno consentito, altresì, di ricostruire, seppure in maniera indiretta, gli spessori e le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni presenti nel sottosuolo di tali aree.

Le indagini sismiche effettuate e lo studio geologico generale delle aree in cui saranno realizzati gli aerogeneratori sono state utilizzate per effettuare la ricostruzione del modello geotecnico del volume di terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione di ciascun manufatto e che a sua volta influenzerà il comportamento del manufatto stesso.

La definizione dei parametri geotecnici dei terreni affioranti nelle aree in esame, sulla base dei quali è stato effettuato un primo dimensionamento delle opere da realizzare, sono stati desunti dalla vasta bibliografia ufficiale esistente, mentre i moduli elastici sono stati calcolati dalle indagini sismiche realizzate.

Di seguito, dopo la descrizione del contesto geologico-morfologico generale delle aree interessate dalla realizzazione dei lavori in oggetto, si

riportano i dati acquisiti nel corso dello studio effettuato ed il parere sulla fattibilità delle opere in progetto.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – TETTONICO DELL'AREA

La vasta zona interessata dal progetto ricade a cavallo tra il I e II quadrante del Foglio 174 – Ariano Irpino ed il III e IV quadrante del Foglio 175 – Cerignola della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, di cui viene riportato uno stralcio in allegato.

L'area in esame si colloca al passaggio tra il margine nord-orientale dell'appennino appulo-campano ed il margine occidentale della Capitanata, l'estesa superficie spianata ed erosa che dalle estreme propaggini orientali dell'Appennino degrada dolcemente verso il mare adriatico.

La natura delle rocce affioranti è di origine sedimentaria clastica, con assoluta prevalenza dei sedimenti argillosi o a componente argillosa.

I terreni affioranti nell'area in esame e nelle zone immediatamente circostanti sono rappresentati prevalentemente da terreni depositatisi in ambiente marino costituiti in massima parte dai depositi flyschoidi dell'Appennino Dauno su cui ricadono quasi tutte le opere in progetto e da sedimenti plio-pleistocenici

I sedimenti plio-plestocenici sono costituiti, nel complesso, da una serie sabbioso-argillosa con episodi conglomeratici alla base ed alla sommità e, pertanto, essi rappresentano, genericamente, un intero ed unico ciclo sedimentario, anche se i termini più alti possono comprendere episodi secondari di oscillazioni marine e di alluvionamento.

In generale nella regione affiorano formazioni sedimentarie marine e continentali ed è caratterizzata da rilievi di media ed alta collina.

Le quote minori corrispondono al fondovalle dei corsi d'acqua defluenti verso il Tirreno, mentre le quote dei letti fluviali defluenti verso l'Adriatico si collocano ad altitudini leggermente più elevate.

Queste differenti distribuzioni delle quote minime sono in diretto rapporto con le variazioni delle massime altitudini, infatti, i rilievi più vicini al versante adriatico raggiungono quote più elevate di quelle delle aree più occidentali.

La tettonica di distensione della serie plio-pleistocenica rispecchia grossomodo quella del substrato calcareo.

Mentre le formazioni plioceniche affioranti, che poggiano sui sedimenti del flysch, sono notevolmente rialzate, quelle pleistoceniche distanziate da quelli, risentendo solo degli ultimi movimenti distensivi del Quaternario, sono suborizzontali e presentano una costante immersione verso E-NE con inclinazione non superiore ai 15°.

Sulle due direttrici principali, quella appenninica NO-SE e quella tirrenica quasi trasversale ad essa, hanno impostato il loro corso i due maggiori

fiumi della regione, l'Ofanto ed il Carapelle, il primo solo in parte del suo corso principale.

Tale costituzione litologica influenza direttamente l'aspetto morfologico del rilievo che generalmente si presenta molto morbido, anche se non mancano pendii scoscesi e forre più o meno incise, ma sempre di modesta entità, in corrispondenza di affioramenti più soggetti all'erosione differenziata, come ad esempio nelle aree di affioramento dei depositi sabbioso-arenacei e conglomeratici o dove sono più frequenti i banchi di breccie calcaree e di calcareniti.

Condizioni di particolare instabilità dei versanti delle valli si notano, nella maggior parte dei casi, sia nelle zone di affioramento dei sedimenti argillosi del flysch, dove si osservano frequentemente frane di scivolamento, che nelle aree di affioramento dei depositi argilloso-sabbiosi del Pliocene dove è più facile osservare vistose frane di crollo.

Per quanto riguarda il complesso contraddistinto dalla sigla **i** è da osservare, in primo luogo, che non si tratta di una <<formazione>>, ma di una serie nel cui corpo sono comprese anche formazioni lenticolari di dimensioni più o meno ampie e con passaggi laterali più o meno frequenti (le lenti sono contraddistinte con le sigle **Mm**, **co**, **bcD** ed **Ms**); a tale serie è attribuibile un'età che va dall'Oligocene alto a tutto il Miocene.

Tutte le rocce che compongono la serie costituiscono un unico ed inscindibile complesso sedimentario definito comunemente con il nome di <<flysch>>.

Di seguito si descrivono con maggiore dettaglio le unità geologiche affioranti nell'area in esame.

2.1 – i – <<Complesso indifferenziato>>

Questo complesso, come è stato appena accennato, è il sedimento entro il quale e sul quale giacciono tutti i tipi litologici che verranno di seguito descritti.

Non si tratta affatto di un complesso <<indifferenziato>>, bensì di un complesso che ha un'età riconoscibile, che ha i suoi elementi stratificati depositi <<in loco>> e che racchiude faune, sebbene rarissime, coeve alla sedimentazione associate ad abbondantissimi reperti fossili di età più antica, evidentemente rimaneggiati.

Il ritrovamento esclusivo di microfossili di età più antica del Miocene, legati a particolari tipi litologici di **i**, non ha alcun valore stratigrafico perché queste litofacies sono intimamente associate ad altre attribuibili al Miocene e anch'esse comprese in **i**.

I componenti principali di **i** sono costituiti da argille e marne argillose, prevalentemente siltose, varicolori, con differente grado di costipazione e scistosità.

Ad esse si associano, si alternano o si sovrappongono, a volte con visibile passaggio graduale e con volumi variabili da luogo a luogo, strati o gruppi di strati di calcari talora marnosi, di calcareniti, di brecce e brecciole calcaree, di arenarie, di sabbie e molasse, di puddinghe minute e di diaspri varicolori.

Quando tali gruppi assumono notevoli dimensioni è stato possibile cartografarli e ben definirli e costituiscono quelle formazioni che verranno in seguito descritte.

L'affioramento maggiore di **i** è situato a sud dell'abitato di Candela ed è compreso nel triangolo che ha per vertici tale abitato, il paese di Rocchetta Sant'Antonio e lo scalo ferroviario di quest'ultimo centro che, più o meno, corrisponde alla superficie su cui si sviluppa il parco eolico in progetto.

2.2 – co –

Con questa sigla convenzionale si definisce un complesso formato da innumerevoli piccoli affioramenti che si trovano un po' ovunque nella regione che è ubicata nella zona sud-occidentale del Foglio n. 175 "Cerignola" e sono intercalati entro **i** ed **Mm** o a loro sovrapposti.

Questo complesso ha un legame ben preciso con **i** ed **Mm** perché sempre si può osservare che da queste due formazioni si passa gradualmente ad argille marnoso-scistose variegata di colore prevalentemente rosso che si rinvencono alla base di calcareniti, brecce e brecciole calcaree ben stratificate.

Tali argille si notano, inoltre, associate a marne di colore rosso fegato sia tra strato e strato che alla sommità dei sedimenti più calcarei.

2.3 – Mm –

Si tratta di marne calcaree, marne ed argille siltose di colore prevalentemente rossastro e deboli intercalazioni di brecciole calcaree, calcareniti, calcari biancastri, arenarie giallo-ocracee e livelli di diaspri.

Tali sedimenti si rinvengono soprastanti ed entro il complesso **i**.

Sebbene nel suo insieme **Mm** sia distinguibile sul terreno dalle altre formazioni, è però difficile definirne i suoi limiti quando si ha il contatto con il complesso **i**, data l'identità di molti tipi litologici contenuti nell'uno e nell'altro sedimento.

A sua volta **Mm** è stratigraficamente sottoposto a parte della formazione **co** ed anche ad estesi affioramenti di **Ms**.

Per quanto riguarda i rapporti con **Ms** si osserva spesso che quest'ultima serie, particolarmente sulla destra del Fiume Ofanto, è associata con la parte più alta di **Mm**; infatti è possibile notare il passaggio graduale da **Mm** a **Ms** nella località Cugni dove ha sede un piccolo bacino artificiale.

Parziale eteropia esiste anche tra la parte alta di **Mm** e la base della serie della <<Daunia>> (**bcD**).

Infatti ambedue queste serie giacciono, con l'uno o con l'altro dei loro termini, direttamente su **i** e non è sempre facile fare una distinzione tra di esse quando scompaiono le argille e le marne di colore rossastro.

2.4 – bcD – <<Formazione della Daunia>>

Questa denominazione è stata desunta dal toponimo della dorsale montuosa dei Monti della Daunia.

I componenti della formazione sono relativamente numerosi; sono costituiti, infatti, da calcari microgranulari biancastri e giallastri, calcareniti e brecciole calcaree di colore chiaro, calcari marnosi biancastri, marne ed argilloscisti bianco-giallastri, calcari pulverulenti organogeni (tipo <<craie>>), arenarie giallastre, livelli di puddinghe poligeniche ed orizzonti di diaspro rosato.

In varie zone entro **bcD**, i cui termini sono in genere stratificati, si osservano talvolta numerose spiegazzature di origine intraformazionale, spesso affette da laminazioni.

Nella maggior parte dei casi **bcD** giace direttamente sulla formazione **i** ed in più luoghi si osserva, tra di esse, un passaggio graduale.

Ciò si può osservare ai bordi degli affioramenti del Monte Calvario (a nord di Rocchetta Sant'Antonio) e nella zona a nord della Masseria Olivastri.

Laddove **bcD** è a contatto con **Mm** si nota che la parte inferiore del primo complesso è eteropica con la parte superiore del secondo.

Modesti affioramenti di questi depositi sono sparsi nel triangolo Candela – Rocchetta Sant’Antonio – stazione di Rocchetta Sant’Antonio.

L'assetto caotico di questa formazione è strettamente connesso alle vicissitudini subite durante la tetto-genesi appenninica.

2.5 – Ms –

Questa formazione si potrebbe denominare, oltre che <<formazione delle arenarie inferiori>>, anche delle <<arenarie di Rocchetta>> perché su queste è fondato l’abitato di Rocchetta Sant’Antonio.

Si tratta di arenarie quarzose, micacee, di colore ocraceo e bruno, talora in grossi banchi, associati a livelli di sabbie e sabbie argillose.

Nei dintorni di Rocchetta Sant’Antonio gli affioramenti di **Ms** costituiscono, per smembramento, due file subparallele con direzione NO-SE.

Ms poggia indifferentemente su **i** e su **Mm**, infatti nei pressi di Rocchetta Sant’Antonio membri di **i** passano gradualmente a questa formazione arenacea.

2.6 – Pp – <<Conglomerati poligenici di base, fortemente cementati>>

Sovrastante ed in discordanza angolare sul complesso del *flysch*, si ha una formazione conglomeratica ben distinta.

Si tratta di conglomerati poligenici fortemente cementati con matrice sabbiosa, a stratificazione a volte ben evidente, ma con spessore molto variabile e quindi di difficile valutazione; si passa infatti da pochi metri ad una quarantina di metri nei pressi di Candela.

I ciottoli che compongono tale formazione sono in generale ben arrotondati e con dimensioni molto variabili (dai 5 ai 10 cm di diametro).

La loro composizione è eterogenea; sono costituiti, infatti, da elementi del flysch (calcari, breccie calcaree, arenarie, ecc.) e da elementi di rocce eruttive.

I caratteri litologici e stratigrafici di tale formazione risultano ben evidenti nei pressi di Candela.

2.7 – Ps – <<Sabbie di colore giallo-bruno con lenti ciottolose, localmente fossilifere>>

Un complesso sabbioso in generale a stratificazione scarsamente definita, di limitato spessore (30-40 metri) è sovrapposto ai suddetti conglomerati, anche se talvolta si osserva un passaggio laterale.

Si tratta di sabbie di colore giallo-bruno con lenti e strati di conglomerati poligenici ed argille grigie sabbiose, solo localmente cementate per cemento calcareo-marnoso.

2.8 – Pc – <<Calcari conchigliari di facies garganica>>

Presso la Masseria Tufarelle ed in corrispondenza di un affioramento di conglomerati basali fortemente cementati affiora una placca di arenaria calcarea grossolana ricca di frammenti di molluschi marini.

2.9 – PQa – <<Argille e argille marnose grigio-azzurrognole, localmente sabbiose>>

Si tratta di sedimenti argillosi e argilloso-marnosi di colore grigio-azzurrognolo e costituiscono la parte bassa della serie pleistocenica.

I depositi prevalentemente argillosi si sviluppano principalmente lungo una larga fascia che, con direzione NO – SE, bordano ad occidente il grande pianoro che si estende con lieve pendenza da Ascoli Satriano e Lavello, verso il paese di Cerignola e fino al mare Adriatico.

Tali argille affiorano anche a nord di Ascoli Satriano e lungo il corso del fiume Ofanto sotto l'estesa copertura dei suoi depositi alluvionali terrazzati.

Le associazioni micropaleontologiche fanno ritenere che tali argille siano un termine di passaggio tra il Pliocene superiore ed il Calabriano, come è stato riscontrato in regioni vicine.

Lo spessore massimo si aggira intorno ai 1.500 metri.

2.10 – PQs – <<Sabbie e sabbie argillose a volte con livelli arenacei giallastri e lenti ciottolose>>

In continuità di sedimentazione con le argille si hanno, in alto, sedimenti sabbiosi a volte fittamente stratificati con intercalazioni e lenti ciottolose verso la parte superiore della serie.

Si tratta di sabbie più o meno argillose nelle quali la parte argillosa diminuisce progressivamente dal basso verso l'alto.

Esse sono di colore generalmente giallastro ed hanno uno spessore di poco superiore ai 50 metri.

Estese zone da Ascoli Satriano a Lavello ed oltre, sono ricoperte da questi sedimenti sabbiosi.

Ciò è dovuto principalmente al fatto che l'azione erosiva dei numerosi, ma modesti corsi d'acqua, non è tale da raggiungere il complesso argilloso sottostante.

In base alle associazioni fossilifere rinvenute in questi depositi, si ritiene che questi sedimenti debbano essere ascritti ad una fase del Pleistocene antico caratterizzata da un impoverimento delle faune plioceniche in relazione all'abbassamento di temperatura già in atto.

2.11 – Qc₁ – <<Conglomerati poligenici con ciottoli di medie e grandi dimensioni: a volte fortemente cementati e con intercalazioni di sabbie ed arenarie>>

Questo termine della serie di cui si riscontrano i primi indizi nella parte alta del complesso PQs, è costituito da depositi di ciottolame poligenico con ganga sabbiosa ad elementi arenacei e calcarei di dimensioni variabili da i 5 ai 30 cm.

Tale formazione ciottolosa generalmente poco compatta, si presenta solo localmente fortemente cementata con aspetto di puddinga.

Essa costituisce buona parte del grande pianoro morfologico Ascoli Satriano – Lavello, inciso nel mezzo dal Fiume Ofanto e di quello, meno esteso, di Castelluccio dei Sauri.

Lo spessore varia da punto a punto, ma in generale si aggira sui 50 metri.

Concrezioni e crostoni calcarei sono presenti talvolta nella parte alta della serie.

2.12 – Qt₁ – <<Terrazzi di 90 – 100 metri sull'alveo dell'Ofanto>>

A quota piuttosto elevata (90 – 100 metri circa) rispetto all'alveo attuale ed a distanza a volte notevole dall'attuale sistema idrografico affiorano le alluvioni terrazzate antiche con sedimenti prevalentemente ciottoloso-

sabbiosi, piuttosto evidenti soprattutto in sinistra Ofanto nella zona compresa tra Ascoli Satriano e la Stazione di Rocchetta Sant'Antonio.

2.13 – Qt₂ – <<Terrazzi di 15 metri sull'alveo dell'Ofanto e del Carapelle>>

I sedimenti generalmente sabbiosi, talvolta argillosi, vistosamente terrazzati, sopraelevati di 15 metri circa sugli alvei attuali, costituiscono i terrazzi medi dell'Ofanto e del Carapelle.

L'ampia pianura alluvionale dell'Ofanto è formata quasi completamente dai depositi di questo ciclo alluvionale e sono particolarmente estesi sul fianco destro della valle.

2.14 – Qt₃ – <<Alluvioni terrazzate poco superiori all'alveo attuale, terre nere e crostoni evaporitici>>

Con tale sigla sono state indicate le alluvioni terrazzate recenti sopraelevate di pochi metri sull'alveo attuale.

Formate in prevalenza da sedimenti sabbioso-argillosi, subordinatamente ciottolosi, presentano nella loro compagine a stratificazione varvata ben evidente, nonché incrostazioni calcaree generate probabilmente dalla risalita per capillarità di acque di ristagno.

Tali alluvioni terrazzate assumono eccezionale vastità lungo i corsi del Torrente Carapelle e dei suoi affluenti Calaggio e Carapellotto, nonché lungo il corso del Fiume Ofanto.

2.15 – Q – <<Alluvioni recenti ed attuali>>. Dt - <<Detriti di falda recenti ed attuali>>

Si tratta quasi ovunque di sedimenti conglomeratici formati da materiali litoidi o, assai più raramente argillosi; i ciottoli sono in generale arrotondati di piccole e medie dimensioni.

Queste puddinghe derivano dalla rielaborazione di conglomerati pliocenici o di età più antica, oppure dalla distruzione degli interstrati arenacei, marnosi, calcarei e calcarenitici del flysch.

Estese zone detritiche dello stesso materiale si rinvencono lungo i versanti del corso superiore dell'Ofanto e del torrente Calaggio.

Non si hanno elementi sufficienti per definire lo spessore massimo degli accumuli alluvionali dei principali corsi d'acqua.

Esso comunque non dovrebbe superare l'ordine di alcune decine di metri, poiché tutta la regione manifesta più i fenomeni erosivi che non i processi di alluvionamento.

3. MORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

La totalità degli aerogeneratori, ad eccezione dell'aerogeneratore WTG1, ricade sulle formazioni costituite da rocce preplioceniche con facies di <<flysch>>.

I rilievi collinari della zona del <<flysch>> raggiungono quote intorno ai 600 metri s.l.m., mentre nel resto dell'area su cui si estende il parco eolico in progetto, che fa parte del Tavoliere, le quote oscillano tra i 400 ed i 100 metri s.l.m..

Poiché i sedimenti della zona del <<flysch>> danno origine a rilievi essenzialmente argillosi, la morfologia è dolce ed i fianchi delle colline scendono con moderato pendio.

Tale circostanza è stata direttamente verificata nel corso dei sopralluoghi e dalla cartografia esistente (CTR in scala 1:5.000) che hanno consentito di riscontrare che i pendii ed i rilievi su cui saranno realizzati gli aerogeneratori sono tutti al disotto dei 15°, permettendo di definire, in relazione alle NTC 2018 in prospettiva sismica, che i siti su cui saranno realizzati gli aerogeneratori ricadono tutti in categoria topografica T1.

Solo la sommità di alcune alture si mostra aspra e scoscesa in corrispondenza di limitati affioramenti di calcari, di brecce e di arenarie, ma in tali aree non è prevista la realizzazione di alcun aerogeneratore.

Un esempio tipico di questa situazione è rappresentato dal colle su cui sorge il paese di Rocchetta Sant'Antonio ripido ed accidentato in alto, per l'esistenza di un complesso di strati di arenarie compatte, e con pendici morbide in basso, fino a digradare del tutto in pianura a causa della presenza delle argille variegata.

La morfologia, quindi, è condizionata dal grado di erodibilità delle formazioni affioranti, quindi dalle loro caratteristiche litologiche, stratigrafiche e granulometriche.

I depositi sedimentari del <<flysch>> molto eterogenei, per costituzione litologica e caratteristiche geotecniche, fanno riscontro ad una certa variabilità di forme e processi di versante.

I processi di denudazione gravitativa sono più evidenti nelle zone di monte, dove risulta per lo più raggiunto uno stato di equilibrio geodinamico, ma non mancano fenomeni di deformazione plastica, con fenomeni franosi sia di <<colamento>>, che di <<scorrimento>> e non sono del tutto assenti fenomeni franosi complessi e di dissesto più generalizzato.

Le osservazioni effettuate direttamente in campagna e, soprattutto lo studio della cartografia geomorfologica e della cartografia dell'ADB Puglia evidenzia quanto appena detto.

Come già ricordato in premessa la quasi totalità dei siti interessati dalla costruzione degli aerogeneratori ricadono all'interno di aree a Pericolosità Geomorfologica Media e Moderata (PG1) ed Elevata (PG2) e, in particolare, alcuni di essi (WTG12 - WTG16 - WTG17) ricadono ai margini di zone in frana ed altri (WTG13 - WTG19) ricadono ai margini di aree interessate da dissesto diffuso, mentre tutti gli altri, compresa la sottostazione, sono più o meno a distanza di sicurezza da tali aree.

Per continuare a mantenere un certo equilibrio morfologico delle aree interessate dai lavori di costruzione del parco eolico e, in un certo senso, per aumentarne anche la stabilità morfologica, gli interventi in progetto dovranno prevedere la realizzazione di opere di raccolta ed allontanamento controllato delle acque di pioggia nella zona delle piazzole con lo scopo di non incrementare la corrivazione di tali acque sulle porzioni di versante interessate dal progetto e per evitare fenomeni di erosione areale dovuta al dilavamento delle acque non incanalate, in particolare si dovranno realizzare fossi di guardia sulla testata delle scarpate nelle sezioni in scavo ed al piede dei rilevati nelle sezioni in riporto.

Nella restante area in cui si sviluppa il parco eolico la morfologia è quella propria di tutta la Capitanata, cioè con vaste spianate inclinate debolmente verso il mare, interrotte da valli ampie, ma con fianchi assai ripidi.

Le caratteristiche di questo paesaggio appaiono particolarmente accentuate nella zona di Ascoli Satriano e presso Madonna di Ripalta.

Manifestazioni di frane e di smottamenti si riscontrano, con una certa frequenza, in vaste aree dove prevalgono versanti a composizione argillosa del <<flysch>>, dove si manifestano anche crolli nelle rocce calcaree o arenacee compatte, sovrastanti la porzione argillosa del <<flysch>>.

Frane vistosissime, alcune delle quali ancora in atto, si possono osservare sul versante sinistro del fiume Ofanto, a valle della rotabile Rocchetta Sant'Antonio – Monteverde, e sulla destra del torrente Osento.

Neppure i sedimenti plio-pleistocenici sono sempre stabili, infatti in corrispondenza della scarpata sotto Ascoli Satriano ed anche un po' più a sud si riscontrano fenomeni franosi di una certa entità.

La zona è solcata da due importanti corsi d'acqua Ofanto e Carapelle e da tutta una rete di tributari localmente chiamati <<marane>> o <<canali>>, molti dei quali hanno un deflusso esclusivamente stagionale.

Nel complesso tutta l'idrografia rivela una fase di maturità molto avanzata.

Le valli dei due fiumi sono in media assai ampie, sebbene risentano sensibilmente della differenza litologica tra il corso più alto e il corso più basso che attraversa il Tavoliere.

A tal riguardo si può considerare caratteristico l'improvviso cambiamento del profilo trasversale della valle dell'Ofanto al passaggio dai rilievi della regione a nord di Melfi al Tavoliere della Capitanata.

Infatti il profilo dalla forma a <<V>> stretta e dai fianchi alti e ripidi del corso superiore passa ad una forma a <<V>> molto larga dai fianchi bassi e poco inclinati.

Le valli dei principali corsi d'acqua della regione presentano vasti depositi terrazzati delle ultime fasi del Pleistocene.

La morfologia pianeggiante del Tavoliere dipende essenzialmente dalla giacitura orizzontale o appena inclinata delle formazioni plio-pleistoceniche.

Per la presenza nella parte alta di una serie di livelli conglomeratici e di crostoni calcarei, che proteggono in parte dal dilavamento le sottostanti formazioni sabbiose, si determinano, dove l'incisione è più attiva, fianchi scoscesi o a gradinata.

La generale pendenza verso est della spianata del Tavoliere coincide probabilmente con l'originaria inclinazione della superficie di regressione del mare pleistocenico e dei depositi fluviali che su di essa si sono depositati.

Dal punto di vista idrogeologico l'area su cui si sviluppa il parco eolico può essere suddiviso in due zone.

Nella zona in cui si ha una dominante estensione delle formazioni argillose, la maggior parte delle rocce affioranti è praticamente impermeabile.

Nelle aree ricoperte dai sedimenti pre-pliocenici non sgorgano sorgenti perenni di sufficiente portata tali da consentire un sufficiente approvvigionamento, pertanto le uniche acque ottenibili sono relative a piccoli pozzi che possono trovare alimentazione in qualche piccola falda locale confinata in lenti di arenarie, sabbie o calcare fessurato e brecciato.

Anche nelle aree ricoperte dai sedimenti plio-pleistocenici, di natura permeabile essendo costituiti prevalentemente da depositi sabbioso-conglomeratici, non esistono sorgenti di una certa importanza, ma solo piccole sorgenti che danno luogo a piccoli <<canali>> o <<marane>> al contatto tra le formazioni ciottolose e sabbiose della parte alta della serie plio-pleistocenica con le argille marnose sottostanti.

4. INDAGINI GEOFISICHE, CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA E DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

Nel corso dello studio sono state effettuate prospezioni indirette del sottosuolo condotte con il metodo della sismica a rifrazione in onda P e con il metodo della sismica attiva con metodologia M.A.S.W. con il fine di valutare il comportamento elasto-dinamico del sottosuolo in esame, per ricostruire, con l'ausilio delle informazioni bibliografiche, la sequenza litostratigrafica dei siti su cui sorgeranno gli aerogeneratori e per individuare la categoria di suolo di fondazione ai sensi della nuova normativa tecnica per le costruzioni in area sismica (NTC 2018).

Pur non essendo state effettuate indagini su tutte le aree in cui è prevista la realizzazione degli aerogeneratori, considerata la generale uniformità delle caratteristiche geologico-stratigrafiche dell'area in esame, i risultati delle indagini realizzate sono state estese, in questa fase progettuale, a tutto il parco eolico.

Nella tabella sotto riportata sono riassunti i dati salienti relativi a ciascun aerogeneratore e nel seguito si riportano i risultati delle indagini geofisiche effettuate che hanno consentito di definire quanto sopra specificato.

4.1 - Indagine sismica a rifrazione

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche, generate in un punto in superficie (punto sorgente), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni).

Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà geometriche e fisico-meccaniche dei terreni.

Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla composizione litologica di massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo (“bedrock”).

L'unica condizione per eseguire studi di sismica a rifrazione è che la successione rocciosa da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità.

Normalmente il sottosuolo è caratterizzato da strati piano-paralleli con velocità crescente all'aumentare della profondità.

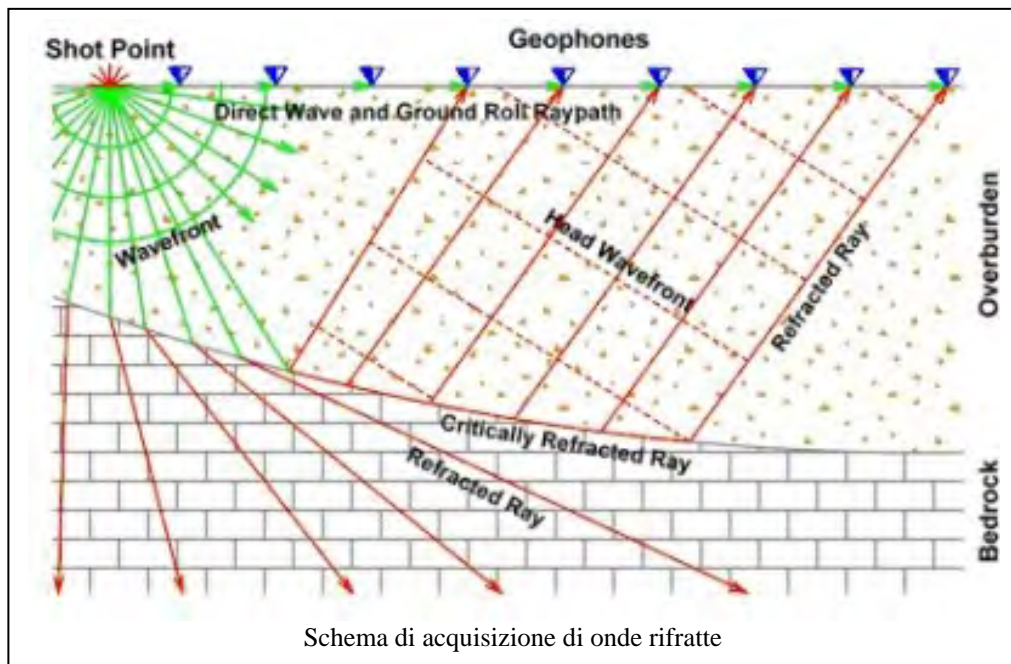
In contesti più complessi (inversioni di velocità o presenza di corpi non stratificati) bisogna tener conto del modello tridimensionale del sottosuolo ed

PUNTO DI INDAGINE	TIPOLOGIA DI INDAGINE	FORMAZIONE GEOLOGICA AFFIORANTE	LITOLOGIA	CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE/ CATEGORIA TOPOGRAFICA
Coordinate geografiche	Sismica a rifrazione in onda P - M.A.S.W.			ai sensi delle N.T.C. 2018
SOTTOSTAZIONE Lat. 41.217733° Long. 15.473925°	NO - NO	PQa/Qc1	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose/Conglomerati poligenici con ciottoli di medie e grandi dimensioni a volte fortemente cementati e con intercalazioni di sabbie ed arenarie	C – T1
AEROGENERATORE WTG1 Lat. 41.145896° Long. 15.484068°	NO - NO	Qt2	Ghiaie e sabbie argillose, localmente torbose. In profondità argille e argille marnose grigio azzurrognole	C – T1
AEROGENERATORE WTG2 Lat. 41.140916° Long. 15.487987°	SI - SI	bcD	Calcari microgranulari biancastri o giallastri, calcareniti e brecciole calcaree di colore chiaro, calcari marnosi biancastri, marne ed argilloscisti bianco-giallastri, calcari pulverulenti organogeni (tipo “craie”), arenarie giallastre, livelli di puddinghe poligeniche ed orizzonti di diaspro rosato	C – T1
AEROGENERATORE WTG3 Lat. 41.134572° Long. 15.492742°	NO - NO	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	C – T1

AEROGENERATORE WTG4 Lat. 41.132761° Long. 15.473570°	SI - SI	bcD	Calcari microgranulari biancastri o giallastri, calcareniti e brecciole calcaree di colore chiaro, calcari marnosi biancastri, marne ed argiloscisti bianco-giallastri, calcari pulverulenti organogeni (tipo "craie"), arenarie giallastre, livelli di puddinghe poligeniche ed orizzonti di diaspro rosato	C – T1
AEROGENERATORE WTG5 Lat. 41.131365° Long. 15.451031°	SI - SI	bcD	Calcari microgranulari biancastri o giallastri, calcareniti e brecciole calcaree di colore chiaro, calcari marnosi biancastri, marne ed argiloscisti bianco-giallastri, calcari pulverulenti organogeni (tipo "craie"), arenarie giallastre, livelli di puddinghe poligeniche ed orizzonti di diaspro rosato	C – T1
AEROGENERATORE WTG6 Lat. 41.121791° Long. 15.477410°	SI - SI	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	B – T1
AEROGENERATORE WTG7 Lat. 41.126180° Long. 15.496086°	SI - SI	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	B – T1
AEROGENERATORE WTG8 Lat. 41.121006° Long. 15.439345°	SI - SI	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	C – T1
AEROGENERATORE WTG9 Lat. 41.114736° Long. 15.486412°	NO - NO	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	C – T1

AEROGENERATORE WTG10 Lat. 41.111632° Long. 15.438509°	NO - NO	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	C – T1
AEROGENERATORE WTG11 Lat. 41.111669° Long. 15.426205°	NO - NO	Mm	Marne calcaree, marne ed argille siltose, prevalentemente rossastre, con rare intercalazioni di brecciole calcaree, calcareniti, calcari biancastri, arenarie giallo-ocracee e diaspri	C – T1
AEROGENERATORE WTG12 Lat. 41.103112° Long. 15.430794°	SI - SI	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	C – T1
AEROGENERATORE WTG13 Lat. 41.102994° Long. 15.487492°	SI - SI	Ms	Arenarie quarzose, sabbie e sabbie argillose	C – T1
AEROGENERATORE WTG14 Lat. 41.092942° Long. 15.433252°	NO - NO	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	C – T1
AEROGENERATORE WTG15 Lat. 41.087324° Long. 15.453515°	SI - SI	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	B – T1
AEROGENERATORE WTG16 Lat. 41.085284° Long. 15.459061°	NO - NO	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	C – T1

AEROGENERATORE WTG17 Lat. 41.080428° Long. 15.463754°	NO - NO	Mm	Marne calcaree, marne ed argille siltose, prevalentemente rossastre, con rare intercalazioni di brecciole calcaree, calcareniti, calcari biancastri, arenarie giallo-ocracee e diaspri	C – T1
AEROGENERATORE WTG18 Lat. 41.103241° Long. 15.521637°	SI - SI	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	C – T1
AEROGENERATORE WTG19 Lat. 41.098141° Long. 15.515988°	NO - NO	i	Argille e marne argillose, prevalentemente siltose. Subordinatamente a luoghi affiorano calcari marnosi, calcareniti, breccie e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri varicolori	C – T1

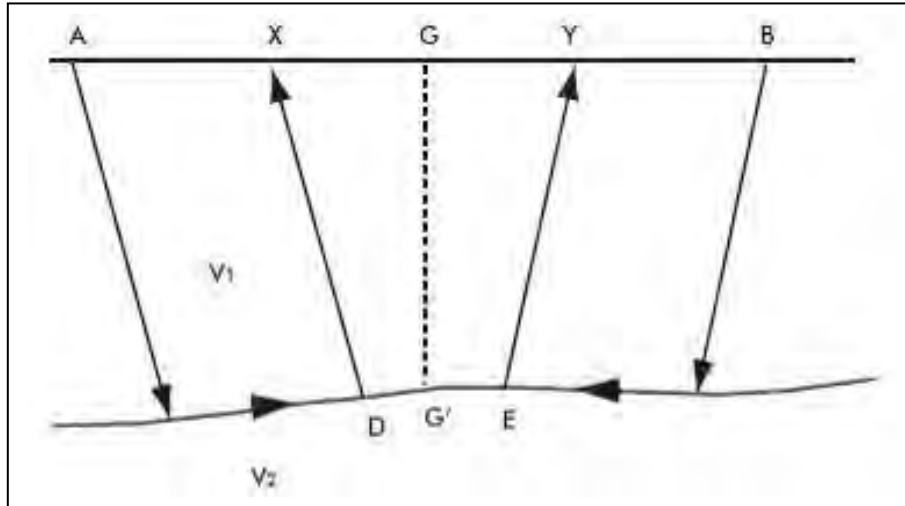


intervenire con indagini più specifiche (misure sismiche in foro) per non incorrere in errori interpretativi.

Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati a rifrazione è stato il Generalized Reciprocal Method (GRM: Palmer - 1980).

L'analisi GRM (metodo reciproco generalizzato) si basa sulla determinazione del tempo di tragitto delle onde sismiche tra due geofoni, separati da una distanza variabile XY , ottimale affinché i segmenti dei raggi che viaggiano verso l'alto e arrivano a ciascun geofono emergano quasi dallo stesso punto del riflettore (G').

Ciò permette di valutare tutte le eventuali variazioni laterali di velocità del rifrattore e, quindi, di ricostruire anche morfologie complesse



Successivamente, con l'ausilio del software "Rayfract" della Intelligent Resources Inc., si è proceduto all'analisi del sottosuolo in tomografia sismica.

Il software, utilizzando i tempi d'arrivo delle onde lette sui sismogrammi sperimentali, permette di eseguire delle ottimizzazioni del modello di velocità.

Tali interpretazioni danno modo di rappresentare le velocità sismiche sia secondo sismostrati e sia secondo un'imaging bidimensionale a colori.

Per i profili eseguiti sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della "Seismic Source Co" con intervallo minimo di campionamento di 0.0208 ms e altissima risoluzione (118 db).
- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni;
- Ventiquattro geofoni a componente verticale con frequenza di 14 Hz;

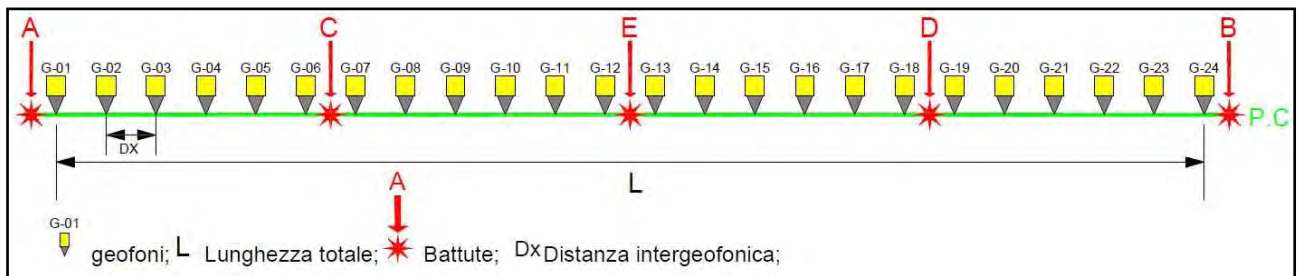


Strumentazione utilizzata

- Un piattello in alluminio;
- Un generatore di onde ad impatti trasversali;
- Un martello di 8 Kg dotato di trigger;

	Lunghezza (metri)	Distanza geofonica (metri)
Tutti i profili sismici	72	3,00

Di seguito è mostrato lo schema geometrico di acquisizione.



Il picking delle onde sismiche è stato effettuato sui sismogrammi sperimentali (vedi allegato) mediante il software TomTime della Geotom, LCC, dopo un opportuno filtraggio delle tracce.

I primi arrivi sono riportati nei diagrammi tempo-distanza “dromocrone” (vedi allegato).

4.1.1. – Risultati delle indagini sismiche a rifrazione

L'elaborazione dei dati di campagna ha permesso di definire che il sottosuolo di tutti i siti investigati è caratterizzato, almeno fino alle profondità raggiunte, da tre “sismostrati”, così differenziati:

il primo sismostrato intercettato fino ad una profondità media di circa 2.20 m dal p.c. ha fatto registrare una velocità V_p variabile tra 380 e 470 m/s e da una velocità V_s variabile tra 107 e 191 m/s;

il secondo sismostrato intercettato fino ad una profondità media di circa 7.3 m dal p.c. ha fatto registrare una velocità V_p variabile tra 870 e 1340 m/s e da una velocità V_s variabile tra 164 e 327 m/s;

il terzo sismostrato di spessore indefinito ha fatto registrare una velocità V_p variabile tra 1550 e 1960 m/s e da una velocità V_s variabile tra 269 e 452 m/s.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-stratigrafiche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

il primo sismostrato è associabile a a terreno vegetale frammisto a depositi detritici superficiali molto aerati, poco o per niente consistenti;

il secondo sismostrato è associabile a depositi da scarsamente a mediamente consistenti di natura argilloso-limoso-sabbiosa;

il terzo sismostrato è associabile a depositi da mediamente consistenti a consistenti di natura prevalentemente argillosa.

Nella tabella che segue sono mostrati tutti i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di Poisson ed i valori dei moduli dinamici E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di compressibilità), espressi in Kg/cm².

Questi valori sono stati calcolati considerando un peso di volume dei terreni γ pari ad uno e, pertanto, per ottenere i moduli dinamici reali è necessario moltiplicarli per il peso di volume effettivo dei terreni.

Le velocità Vs sono state ricavate dai valori medi dei risultati ottenuti con l'indagine MASW.

PROFILO WTG2

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷3.0	410	166	0.40	1.00	785	280	1342
2° sismostrato 3.0÷8.0	870	198	0.47	1.00	1183	402	7188
substrato >8.0	1770	439	0.47	1.00	5771	1967	29346

PROFILO WTG4

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷2.8	400	170	0.39	1.00	824	296	1237
2° sismostrato 2.8÷7.0	980	197	0.48	1.00	1176	398	9270
substrato >7.0	1790	400	0.47	1.00	4812	1633	30518

PROFILO WTG5

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷3.5	470	123	0.46	1.00	454	155	2047
2° sismostrato 3.5÷10.5	880	164	0.48	1.00	812	274	7537
substrato >10.5	1550	320	0.48	1.00	3088	1045	23122

PROFILO WTG6

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷1.9	390	180	0.37	1.00	899	329	1113
2° sismostrato 1.9÷7.5	1340	275	0.48	1.00	2275	770	17296

substrato >7.5	1960	427	0.48	1.00	5490	1861	36719
----------------	------	-----	------	------	------	------	-------

PROFILO WTG7

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷1.8	400	142	0.43	1.00	585	205	1360
2° sismostrato 1.8÷7.0	1310	327	0.47	1.00	3202	1092	16056
substrato >7.0	1920	452	0.47	1.00	6132	2085	34837

PROFILO WTG8

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷2.2	400	191	0.35	1.00	1004	371	1138
2° sismostrato 2.2÷8.0	970	251	0.46	1.00	1882	643	8744
substrato >8.0	1670	380	0.47	1.00	4332	1471	26497

PROFILO WTG12

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷2.0	380	107	0.46	1.00	337	116	1319
2° sismostrato 2.0÷6.0	1130	172	0.49	1.00	895	301	12629
substrato >6.0	1740	282	0.49	1.00	2420	814	29808

PROFILO WTG13

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷1.8	380	113	0.45	1.00	379	131	1299
2° sismostrato 1.8÷5.5	1100	198	0.48	1.00	1192	402	11811
substrato >5.5	1690	269	0.49	1.00	2193	737	28161

PROFILO WTG15

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷1.7	420	116	0.46	1.00	401	137	1617
2° sismostrato 1.7÷5.0	1020	250	0.47	1.00	1869	637	9768
substrato >5.0	1770	330	0.48	1.00	3299	1113	30485

PROFILO WTG18

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷1.8	470	110	0.47	1.00	363	123	2089
2° sismostrato 1.7÷8.5	990	186	0.48	1.00	1044	352	9531
substrato >8.5	1740	377	0.48	1.00	4279	1450	28960

4.2 - Categoria di sottosuolo, condizioni topografiche, indagine sismica attiva con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Spectral Analysis of Surface Waves)

In seguito alla pubblicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 ed alla Deliberazione della Giunta Regionale di Puglia n. 153 del 2 marzo 2004, che ha aggiornato la classificazione sismica del territorio regionale, si è resa necessaria la caratterizzazione geotecnica e sismica dell'area in esame, al fine di verificare le caratteristiche di tale area alla luce della nuova normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC 2018.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

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, di cui al § 6.2.2 delle NTC 2018.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Nel caso in esame l'esecuzione di un'indagine sismica di superficie condotta con metodologia M.A.S.W. ha consentito di calcolare in maniera diretta il valore delle V_s in corrispondenza di dieci aerogeneratori, mentre per gli altri siti, considerata la generale uniformità geologico-stratigrafica dell'area in studio e la relativa vicinanza degli aerogeneratori tra di loro, sono stati estesi i risultati delle indagini geofisiche realizzate.

4.2.1 - Categoria di sottosuolo

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:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (3.2.1)$$

con:

h_i spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

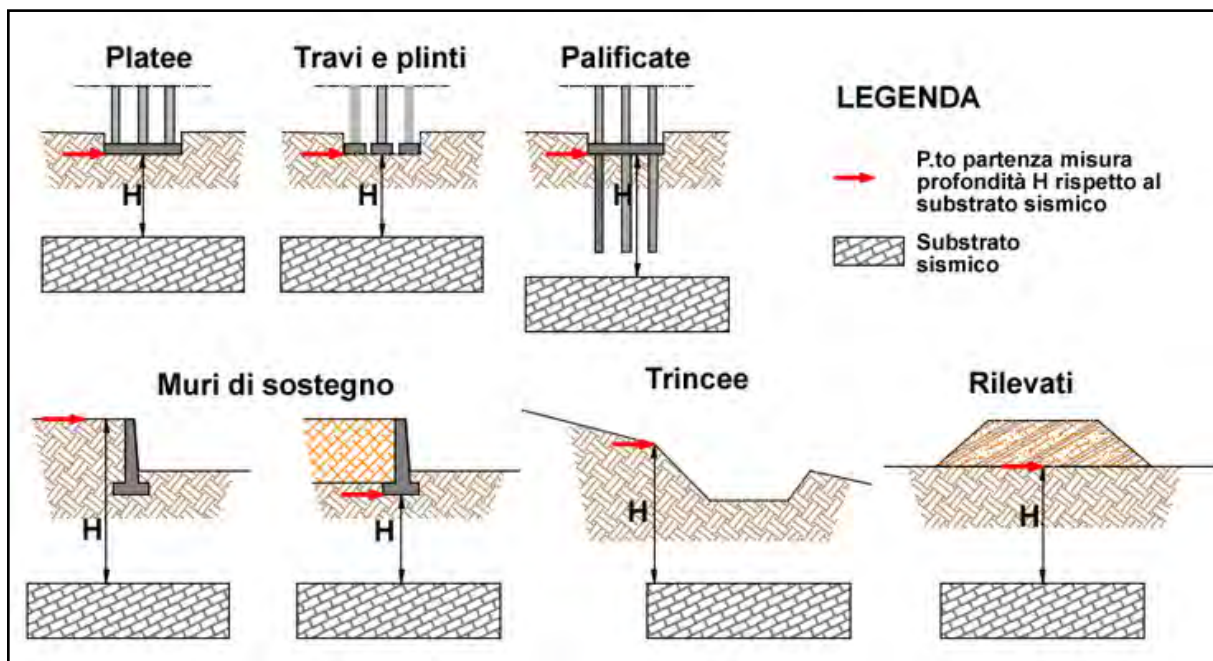
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione (3.2.1) e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.



Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in **Tab. 3.2.II** delle NTC 2018

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato - NTC 2018

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

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle NTC 2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

4.2.2 - Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione **Tab. 3.2.III** delle NTC 2018.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

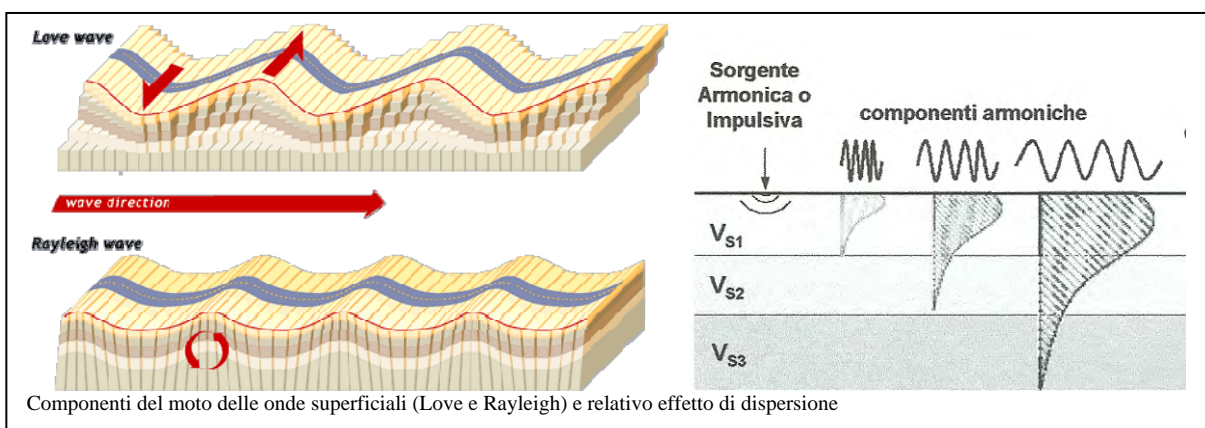
Le suddette categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

4.2.3 – Indagini sismiche con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (nel nostro caso geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.



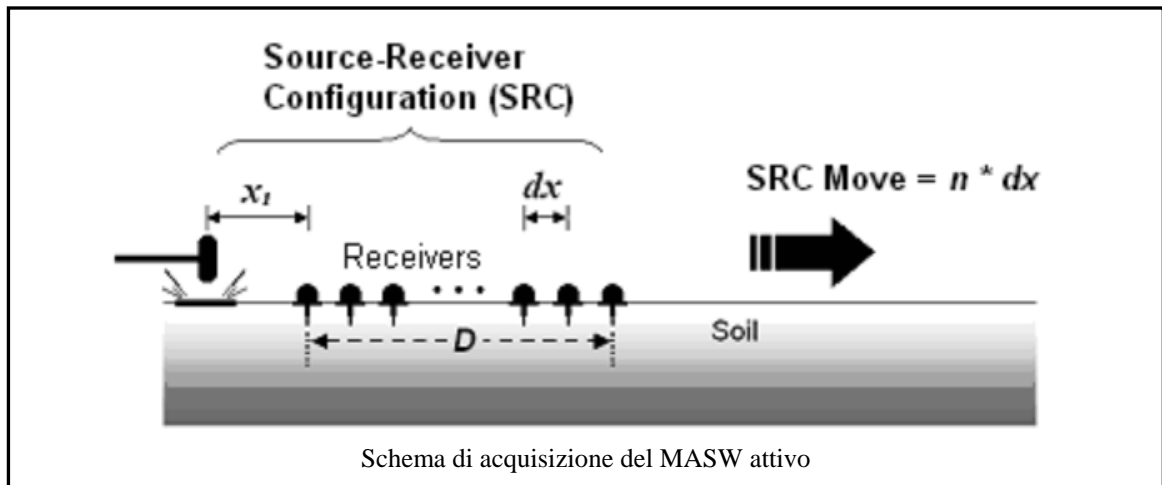
La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più

superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in “attivo” e “passivo” (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006).

- Nel “**metodo attivo**” le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).
- Nel “**metodo passivo**” (Re.Mi.) lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “microtremori”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali). E’ possibile utilizzare alcune varianti geometriche del metodo passivo (disposizione dei geofoni a cerchio, quadrato, triangolo e croce) per una valutazione più accurata del trend dispersivo delle onde superficiali (Park e Miller, 2006).

In questa indagine è stato utilizzato il “metodo attivo” poiché rappresenta il metodo più indicato in ambito extraurbano ed in quasi totale assenza di rumore di fondo.

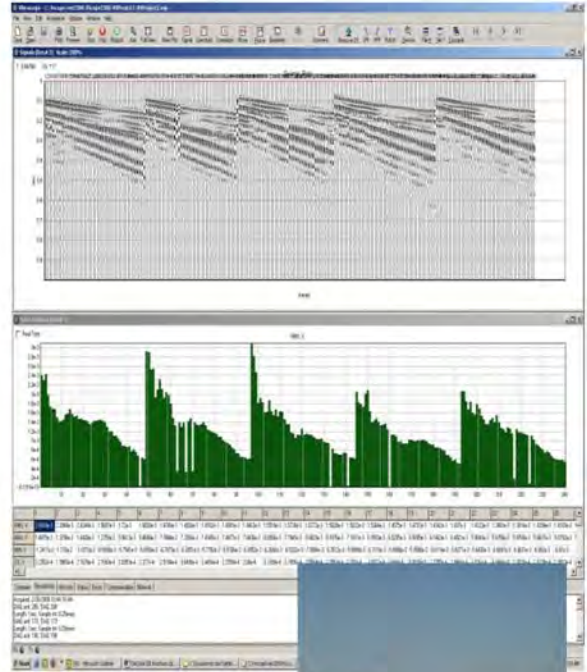


Per la misura eseguita sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della “Seismic Source Co” con intervallo minimo di campionamento di 0.0208 ms e altissima risoluzione (118 db).
- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni.
- 24 geofoni a componente verticale con frequenza di 4.5 Hz.
- SurfSeis 3.0 della Kansas Geological Survey.

DAQlink Specifications

- 1 to 24 channels per unit
- Weatherproof enclosure
- Multiple units can be used together for large channel count
- A/D conversion:**
 - 24 bit high-speed sigma delta converters
- Dynamic range:**
 - 144 dB (system)
 - Greater than 118 dB (measured at 2msec)
- Bandwidth:**
 - DC to 15 KHz –
 - Analog filter flat response to 8000 Hz
 - Digital Filter Bandwidth = 85% of (sample rate)
- Common Mode Rejection:**
 - Greater than 100 dB
- Crosstalk:**
 - Better than 125 dB
- Noise Floor:**
 - 0.2 microvolt RMS noise (2 msec sample rate)
- Trigger Accuracy:**
 - +/- 1 microsecond at all sample rates
- Maximum Input Signal:**
 - Standard (x 2 gain): 3.58 volts peak to peak
 - (Optional: (x1 gain): 7.16 volts peak to peak)
- Input Impedance:**
 - 100 K ohms
- Preamplifier Gains:**
 - X2, and x32 standard; software selectable
 - (X1 and x16 available on special request)
- Anti-alias Filters:**
 - 85 % of Nyquist frequency
- Digital Filters:**
 - Low Cut – User Selectable frequency
 - Notch – 50 or 60 Hz standard – User selectable
 - High Cut – User Selectable
- Sample Interval:**
 - 0.0208, 0.0625, 0.125, 0.250, 0.500, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00 millisecond
- Sample Frequency:**
 - 48000, 16000, 8000, 4000, 2000, 1000, 500, 250, 125, 64.5 samples/second
- Record Length:**
 - Up to 4 Gbytes/ number of channels
- Pre- trigger delay:**
 - 10 second
- Continuous Recording Option**
- GPS Interface Standard**
 - Internal Clock synchronized to GPS time
 - GPS Time and Position saved with data
- Internal Storage:**
 - Compact Flash style storage media
 - Standard FAT16 or FAT32 file system
 - (Maximum file size = 32GB)
- 100Mbit Ethernet**
 - Download speed 8MByte/sec; real time transfer
- Power consumption:**
 - 24 channels – less than 0.4 watts/channel
- Built in Line Testing and Instrument Tests**
- Size:** 330x230x60 mm
- Weight:** 3.4 Kg



I profili MASW realizzati hanno tutti le seguenti caratteristiche geometriche:

	Lunghezza (metri)	Distanza geofonica (metri)
MASW	46.0	2.00

Sono state acquisite, per ogni misura, sei registrazioni, sommate tra loro al fine di ottenere un buon rapporto segnale/rumore.

Esse hanno le seguenti caratteristiche:

	frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
Masw attivo	0.5 millisecondi	1 secondo	martello

I sismogrammi ottenuti sono stati elaborati con una trasformazione bidimensionale dal dominio tempo-distanza (t-x), al dominio velocità di fase-frequenza (p-f).

E' stato così possibile analizzare l'energia di propagazione del "rumore ambientale" lungo tutte le direzioni della linea sismica e riconoscere le onde superficiali con carattere dispersivo.

I sei spettri di potenza p-f ottenuti sono stati sommati e sullo spettro risultante sono stati individuati una serie di punti sul confine inferiore dell'area ad alta energia (picking).

Tali valori sono stati riportati su un grafico velocità di fase/periodo ed è stata analizzata la relativa curva di dispersione.

E' stato poi calcolato un modello ottimale di velocità di onde trasversali mediante il "fitting" tra curva di dispersione e valori sperimentali.

4.2.3.1 – Risultati delle indagini M.A.S.W. effettuate

I modelli Vs-profondità, ottenuti mediante l'analisi MASW, sono di seguito schematizzati:

MASW WTG2		MASW WTG4		MASW WTG5		MASW WTG6		MASW WTG7	
Profondità	Vs	Profondità	Vs	Profondità	Vs	Profondità	Vs	Profondità	Vs
-2.9	166	-2.8	170	-3.2	123	-1.9	180	-1.9	142
-8.2	198	-7.2	197	-10.6	164	-7.2	275	-6.9	327
-12.8	424	-17.6	413	-19.3	297	-12.8	427	-12.5	420
-19.4	453	-25.3	384	-25.4	341	-19.4	544	-19.0	485
-27.6	577	-31.3	505	-28.8	581	-27.6	611	-27.0	527
-34.6	811	-39.1	783	-36.0	583	-34.6	593	-33.7	661

MASW WTG8		MASW WTG12		MASW WTG13		MASW WTG15		MASW WTG18	
Profondità	Vs	Profondità	Vs	Profondità	Vs	Profondità	Vs	Profondità	Vs
-2.2	191	-2.0	107	-1.8	113	-1.7	116	-1.8	110
-8.4	251	-6.2	172	-5.3	198	-5.2	250	-8.5	186
-17.9	380	-11.7	282	-14.3	269	-12.9	330	-14.5	359
-27.0	477	-20.4	387	-29.0	400	-19.5	543	-21.9	396
-38.5	622	-32.0	413	-41.3	501	-27.8	575	-31.2	367
-48.1	826	-40.0	582	-51.6	682	-34.7	573	-38.9	514

In conformità al D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, come nel caso in esame, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella sotto riportata espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

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

Poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s nei primi 30 m di profondità, pertanto i siti investigati rientrano nelle seguenti **categorie di suolo di fondazione**:

- Profilo WTG2 – $V_{S,30} = 329$ m/s - **Categoria di suolo di fondazione C**
- Profilo WTG4 – $V_{S,30} = 322$ m/s - **Categoria di suolo di fondazione C**
- Profilo WTG5 – $V_{S,30} = 238$ m/s - **Categoria di suolo di fondazione C**
- Profilo WTG6 – $V_{S,30} = 413$ m/s - **Categoria di suolo di fondazione B**
- Profilo WTG7 – $V_{S,30} = 400$ m/s - **Categoria di suolo di fondazione B**
- Profilo WTG8 – $V_{S,30} = 352$ m/s - **Categoria di suolo di fondazione C**
- Profilo WTG12 – $V_{S,30} = 277$ m/s - **Categoria di suolo di fondazione C**
- Profilo WTG13 – $V_{S,30} = 284$ m/s - **Categoria di suolo di fondazione C**
- Profilo WTG15 – $V_{S,30} = 365$ m/s - **Categoria di suolo di fondazione B**
- Profilo WTG18 – $V_{S,30} = 273$ m/s - **Categoria di suolo di fondazione C**

A tal proposito è necessario fare alcune considerazioni sul calcolo della V_{S30} e sulla determinazione della categoria di suolo di fondazione dei siti investigati.

Se si calcola la V_{S30} partendo dal piano campagna la categoria di suolo di fondazione di tali siti deve essere annoverata tra le categorie di suolo di

fondazione come sopra riportato, ma se si considera un piano di appoggio delle fondazioni posto almeno a -2.50 m di profondità dal piano campagna si deve considerare che alcuni siti ricadenti tra le categorie di suoli di fondazione di tipo C rientrerebbe tra le categorie di suolo di fondazione di tipo B.

Nella fase esecutiva, una volta stabilita la profondità di imposta delle fondazioni, si potrà verificare questa eventualità.

Per tutti gli aerogeneratori dove non è stato possibile definire con l'indagine in sito la categoria di suolo di fondazione in maniera diretta, si rimanda a quanto indicato nella tabella riportata all'inizio del presente paragrafo, in cui è riportata, anche per questi siti, la **categoria di suolo di fondazione**.

In questa fase del progetto è stato possibile fare tale associazione in considerazione dell'uniformità delle formazioni geologiche affioranti in tutta l'area su cui si sviluppa il parco eolico.

In allegato sono riportati tutti gli elaborati relativi alle acquisizioni effettuate in campagna e le relative interpretazioni, sia delle indagini sismiche a rifrazione che delle indagini M.A.S.W..

4.3 - Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità

sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2 delle NTC), 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} come definite nel § 3.2.1 delle NTC, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4.

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

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_c valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_o e T^*_c , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle

Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (17/01/2018) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale.

In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale.

Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*_c).

Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Secondo le NTC l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.200-0.225 g, come evidenziato nella figura, in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (riferita a suoli rigidi - categoria A $V_{S30}>800\text{m/s}$).

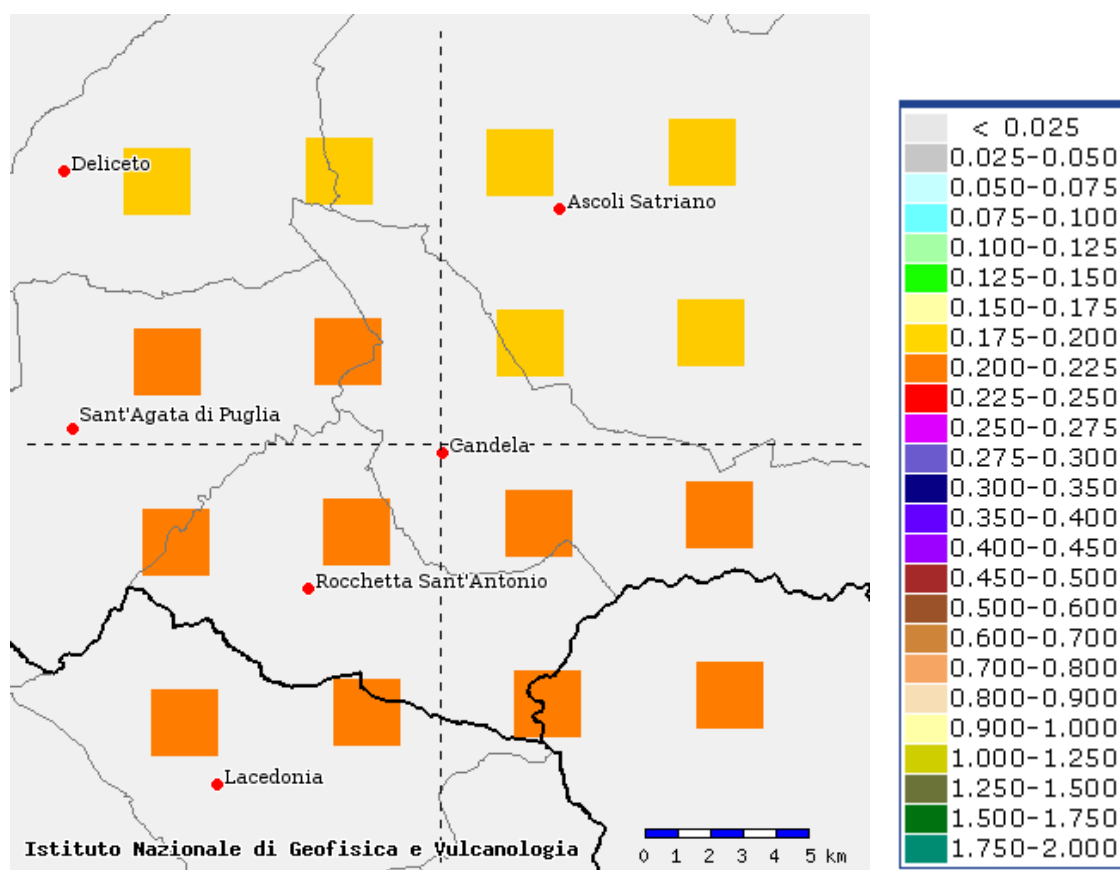


Fig. 1 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06)

Tale mappa di pericolosità sismica è riferita ad un periodo di ritorno $T_R=475$, corrispondente ad una vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni e ad un coefficiente d'uso $C_U = 1$ (struttura ordinaria), parametri legati tra loro dalla seguente formula:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) \text{ dove } V_R = V_N \cdot C_U$$

Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno		
P_{V_R} (Stato Limite)	C_U	V_N [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	

Nota la zona sismica in cui ricade l'area in studio e definita la categoria di suolo di fondazione della medesima area, è possibile arrivare a valutare le caratteristiche del moto sismico del sito.

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende, quindi, dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{\max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa.

Il valore dell'accelerazione massima a_{\max} può essere ricavato dalla relazione

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_T \cdot S_s \cdot a_g$$

dove S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_s \cdot S_T$$

essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica calcolabile mediante la tabella sotto riportata

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

e S_T il coefficiente di amplificazione topografica.

E' stata omessa la verifica della potenziale suscettibilità alla liquefazione dei terreni presenti nel sottosuolo dei siti sui quali sorgeranno gli aerogeneratori, in quanto le informazioni in possesso dello scrivente allo stato attuale non consentono di fare alcuna valutazione, pertanto si rimanda la verifica alla fase progettuale esecutiva solo dopo l'esecuzione delle necessarie indagini geognostiche, in sito ed in laboratorio, per verificare l'effettiva successione litostratigrafica dei terreni nel sottosuolo, per verificare la presenza o meno della falda e la composizione granulometrica dei terreni.

Ciò premesso, nota la posizione geografica di ciascun sito in esame individuata dalle coordinate geografiche espresse in gradi decimali si procede all'individuazione della pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV, che consente di definire i valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL per la sottostazione e per ogni aerogeneratore da realizzare, che sono riportati nelle seguenti tabelle:

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL SOTTOSTAZIONE					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.068	2.524	0.325
SLD	63	101	0.090	2.472	0.342
SLV	10	949	0.258	2.422	0.421
SLC	5	1950	0.358	2.359	0.435

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG1					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.071	2.505	0.321
SLD	63	101	0.095	2.439	0.339
SLV	10	949	0.279	2.397	0.419
SLC	5	1950	0.386	2.345	0.437

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG2					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.071	2.504	0.321
SLD	63	101	0.095	2.438	0.339
SLV	10	949	0.280	2.397	0.420
SLC	5	1950	0.387	2.346	0.437

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG3					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.071	2.504	0.321
SLD	63	101	0.095	2.438	0.339

SLV	10	949	0.281	2.397	0.420
SLC	5	1950	0.388	2.346	0.437

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG4					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.072	2.512	0.321
SLD	63	101	0.097	2.442	0.339
SLV	10	949	0.283	2.399	0.421
SLC	5	1950	0.390	2.354	0.439

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG5					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.072	2.514	0.321
SLD	63	101	0.097	2.444	0.339
SLV	10	949	0.284	2.400	0.422
SLC	5	1950	0.390	2.355	0.439

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG6					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.072	2.511	0.320
SLD	63	101	0.097	2.439	0.339
SLV	10	949	0.284	2.399	0.422
SLC	5	1950	0.391	2.354	0.439

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG7					

STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.071	2.505	0.321
SLD	63	101	0.096	2.437	0.339
SLV	10	949	0.281	2.397	0.420
SLC	5	1950	0.389	2.347	0.437

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG8					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.072	2.516	0.320
SLD	63	101	0.097	2.447	0.338
SLV	10	949	0.285	2.400	0.422
SLC	5	1950	0.392	2.357	0.440

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG9					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.072	2.510	0.320
SLD	63	101	0.097	2.437	0.339
SLV	10	949	0.285	2.398	0.422
SLC	5	1950	0.392	2.354	0.439

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG10					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.074	2.516	0.319
SLD	63	101	0.099	2.455	0.337
SLV	10	949	0.290	2.398	0.424
SLC	5	1950	0.398	2.362	0.442

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG11					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.074	2.517	0.319
SLD	63	101	0.099	2.456	0.337
SLV	10	949	0.290	2.398	0.424
SLC	5	1950	0.398	2.362	0.442

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG12					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.074	2.516	0.319
SLD	63	101	0.099	2.457	0.337
SLV	10	949	0.291	2.397	0.424
SLC	5	1950	0.398	2.362	0.442

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG13					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.072	2.511	0.320
SLD	63	101	0.097	2.438	0.338
SLV	10	949	0.285	2.398	0.422
SLC	5	1950	0.392	2.355	0.439

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG14					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.074	2.515	0.319

SLD	63	101	0.099	2.459	0.337
SLV	10	949	0.292	2.397	0.425
SLC	5	1950	0.399	2.362	0.442

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG15					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.074	2.515	0.319
SLD	63	101	0.099	2.456	0.337
SLV	10	949	0.291	2.397	0.424
SLC	5	1950	0.398	2.362	0.442

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG16					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.074	2.516	0.319
SLD	63	101	0.099	2.455	0.337
SLV	10	949	0.291	2.397	0.424
SLC	5	1950	0.398	2.362	0.442

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG17					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.074	2.516	0.319
SLD	63	101	0.099	2.455	0.337
SLV	10	949	0.291	2.397	0.424
SLC	5	1950	0.398	2.362	0.442

Valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG18					
---	--	--	--	--	--

STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.072	2.509	0.320
SLD	63	101	0.097	2.437	0.338
SLV	10	949	0.284	2.397	0.421
SLC	5	1950	0.391	2.352	0.438

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL AEROGENERATORE WTG19					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_o	T_c^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.072	2.510	0.320
SLD	63	101	0.097	2.438	0.338
SLV	10	949	0.285	2.398	0.421
SLC	5	1950	0.392	2.354	0.439

Sulla base della definizione di tali parametri, individuata la **categoria di sottosuolo** per ciascun aerogeneratore e la **categoria topografica**, che per tutti gli aerogeneratori è **(T1)**, sarà possibile per il progettista individuare la strategia di progettazione e definire gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche di progetto idonei agli interventi da realizzare ed alla situazione riscontrata in ciascun sito.

Il livello di protezione antisismica da adottare per i manufatti da realizzare dipende dalla categoria di importanza, pertanto, poichè le strutture in progetto dovranno avere una **Vita Nominale $V_N \geq 50$ anni** e devono essere considerate ricadenti nella **CLASSE D'USO IV**, il **COEFFICIENTE D'USO C_U**

da utilizzare nella progettazione può essere assunto pari a 2,0 ne discende, pertanto, che la **Vita di Riferimento** sarà:

$$V_R = V_N * C_U = 100 \text{ anni}$$

Alla luce delle conoscenze acquisite nel corso dello studio effettuato ed in mancanza di studi specifici e più approfonditi per la previsione dei fenomeni di amplificazione e della risposta sismica locale, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nelle NTC, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_S , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_C che modifica il valore del periodo T_C .

Nelle seguenti tabelle sono riassunti i coefficienti sismici per i siti di riferimento in esame.

Coefficienti sismici – Fondazioni - SOTTOSTAZIONE							
	S_S [-]	C_C [-]	S_T [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,520	1,000	0,020	0,010	0,997	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,027	0,013	1,323	0,200
SLV	1,330	1,400	1,000	0,096	0,048	3,360	0,280
SLC	1,190	1,380	1,000	0,119	0,060	4,174	0,280

Coefficienti sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG1							
	S_S [-]	C_C [-]	S_T [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,021	0,011	1,046	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,029	0,014	1,400	0,200
SLV	1,300	1,400	1,000	0,102	0,051	3,563	0,280
SLC	1,160	1,380	1,000	0,126	0,063	4,396	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG2							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,021	0,011	1,047	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,029	0,014	1,402	0,200
SLV	1,300	1,400	1,000	0,102	0,051	3,570	0,280
SLC	1,160	1,380	1,000	0,126	0,063	4,403	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG3							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,021	0,011	1,049	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,029	0,014	1,405	0,200
SLV	1,300	1,400	1,000	0,102	0,051	3,578	0,280
SLC	1,150	1,380	1,000	0,125	0,062	4,373	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG4							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,060	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,029	0,014	1,420	0,200
SLV	1,290	1,400	1,000	0,102	0,051	3,582	0,280
SLC	1,150	1,380	1,000	0,126	0,063	4,398	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG5							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,062	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,029	0,015	1,423	0,200
SLV	1,290	1,400	1,000	0,102	0,051	3,588	0,280
SLC	1,150	1,380	1,000	0,126	0,063	4,403	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG6							
--	--	--	--	--	--	--	--

	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,200	1,380	1,000	0,017	0,009	0,850	0,200
SLD	1,200	1,370	1,000	0,023	0,012	1,139	0,200
SLV	1,130	1,310	1,000	0,090	0,045	3,151	0,280
SLC	1,030	1,300	1,000	0,113	0,056	3,952	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG7							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,200	1,380	1,000	0,017	0,009	0,841	0,200
SLD	1,200	1,370	1,000	0,023	0,011	1,127	0,200
SLV	1,130	1,310	1,000	0,089	0,045	3,119	0,280
SLC	1,040	1,300	1,000	0,113	0,057	3,963	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG8							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,066	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,029	0,015	1,429	0,200
SLV	1,290	1,400	1,000	0,103	0,051	3,605	0,280
SLC	1,150	1,380	1,000	0,126	0,063	4,419	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG9							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,063	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,029	0,015	1,427	0,200
SLV	1,290	1,400	1,000	0,103	0,051	3,606	0,280
SLC	1,150	1,380	1,000	0,126	0,063	4,422	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG10							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO							

LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,082	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,030	0,015	1,450	0,200
SLV	1,280	1,390	1,000	0,104	0,052	3,643	0,280
SLC	1,140	1,380	1,000	0,127	0,063	4,445	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG11							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,083	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,030	0,015	1,451	0,200
SLV	1,280	1,390	1,000	0,104	0,052	3,646	0,280
SLC	1,140	1,370	1,000	0,127	0,063	4,447	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG12							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,084	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,030	0,015	1,452	0,200
SLV	1,280	1,390	1,000	0,104	0,052	3,651	0,280
SLC	1,140	1,370	1,000	0,127	0,064	4,453	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG13							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,064	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,029	0,015	1,428	0,200
SLV	1,290	1,400	1,000	0,103	0,052	3,610	0,280
SLC	1,150	1,380	1,000	0,126	0,064	4,425	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG14							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,086	0,200

SLD	1,500	1,500	1,000	0,030	0,015	1,455	0,200
SLV	1,280	1,390	1,000	0,105	0,052	3,660	0,280
SLC	1,130	1,370	1,000	0,126	0,064	4,423	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG15							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,200	1,380	1,000	0,018	0,009	0,867	0,200
SLD	1,200	1,370	1,000	0,024	0,012	1,162	0,200
SLV	1,120	1,310	1,000	0,091	0,046	3,196	0,280
SLC	1,020	1,300	1,000	0,114	0,057	3,985	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG16							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,084	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,030	0,015	1,452	0,200
SLV	1,280	1,390	1,000	0,104	0,052	3,650	0,280
SLC	1,140	1,370	1,000	0,127	0,064	4,452	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG17							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,083	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,030	0,015	1,453	0,200
SLV	1,280	1,390	1,000	0,104	0,052	3,651	0,280
SLC	1,140	1,370	1,000	0,127	0,064	4,452	0,280

Coefficientsi sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG18							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,059	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,029	0,015	1,422	0,200
SLV	1,290	1,400	1,000	0,103	0,051	3,596	0,280

SLC	1,150	1,380	1,000	0,126	0,063	4,413	0,280
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Coefficienti sismici – Fondazioni - AEROGENERATORE WTG19							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,530	1,000	0,022	0,011	1,061	0,200
SLD	1,500	1,500	1,000	0,029	0,015	1,425	0,200
SLV	1,290	1,400	1,000	0,103	0,051	3,602	0,280
SLC	1,150	1,380	1,000	0,126	0,063	4,417	0,280

5. CARATTERISTICHE LITOLOGICO-STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DELLE AREE IN STUDIO E STRUTTURE DI FONDAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

I caratteri litostratigrafici del sottosuolo delle aree di sedime delle opere da realizzare sono stati ricostruiti in base alle osservazioni effettuate nel corso dei sopralluoghi effettuati in sito, dalle risultanze delle indagini geofisiche e dai dati desumibili dalla cartografia e bibliografia ufficiale che, congiuntamente, hanno consentito di effettuare una attendibile ricostruzione, in questa fase del progetto, delle caratteristiche geologiche e geotecniche generali dei siti in esame.

La disponibilità di tali dati e di un buon modello stratigrafico-geotecnico sono da considerarsi essenziali per valutare attendibilmente la risposta reologica del sottosuolo e, quindi, per effettuare una buona scelta tipologica e dimensionale delle strutture di fondazione delle opere da realizzare.

Il comportamento meccanico delle formazioni su cui poggeranno le fondazioni dei manufatti da realizzare (piazzole, rilevati, aerogeneratori)

dipende da diversi fattori tra cui le condizioni di giacitura e lo stato di integrità chimico-fisica dei terreni.

Sulla base dei dati raccolti si è accertato che nelle aree in studio è presente uno spessore di terreno vegetale frammisto a depositi detritici superficiali molto aerati, poco o per niente consistenti, con caratteristiche geotecniche scadenti o molto scadenti, aventi spessore medio pari a circa 2.20 m, che dovrà essere parzialmente o completamente rimosso prima di realizzare qualsiasi manufatto, a cui seguono depositi da scarsamente a mediamente consistenti di spessore medio pari a circa 5.00 m di natura argilloso-limoso-sabbiosa, aventi caratteristiche geotecniche discrete ed infine è presente un substrato costituito da depositi da mediamente consistenti a consistenti di natura prevalentemente argillosa aventi caratteristiche geotecniche anch'esse discrete.

Una prima parametrizzazione di alcune delle caratteristiche geotecniche dei terreni affioranti nelle aree in esame per il dimensionamento delle strutture di fondazione, desunta da valori bibliografici relativi ai terreni affioranti in tali aree, è riportata nella sottostante tabella.

In merito ai possibili cedimenti, sia differenziali che totali, delle realizzande strutture si può dire che, considerato lo scarso stato di addensamento dei depositi più superficiali dedotto dalle basse velocità di propagazione delle onde elastiche misurate direttamente nel corso delle indagini geofisiche e considerato che gli spessori in gioco rendono impossibile

l'ipotesi di rimuovere completamente tali depositi per il raggiungimento della quota d'imposta della base dei plinti di fondazione degli aerogeneratori, ma

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI GENERALI DELLE FORMAZIONI AFFIORANTI NELL'AREA DI CIASCUN AEROGENERATORE			
AEROGENERATORE	Peso di volume naturale γ_n (kN/m³)	Angolo d'attrito interno ϕ' (°)	Coesione drenata c'(kPa)
WTG1 WTG2 WTG4 WTG5 WTG13	18,14 – 19,12	24 - 26	4,90 – 9,81
SOTTOSTAZIONE WTG3 WTG6 WTG7 WTG8 WTG9 WTG10 WTG11 WTG12 WTG14 WTG15 WTG16 WTG17 WTG18 WTG19	18,14 – 19,12	18 - 20	9,81 – 14,71

anche, e soprattutto, le particolari caratteristiche geomorfologiche e morfoevolutive dei siti in esame, rendono indispensabile il ricorso a fondazioni profonde per la costruzione degli aerogeneratori.

In merito alla realizzazione di tutte le opere a contorno per la costruzione degli aerogeneratori (piazzole definitive e temporanee, piste di accesso ai siti, ecc), si dovrà individuare con particolare cura la quota di

imposta delle opere in rilevato, l'inclinazione delle pareti degli scavi e si dovranno scegliere con cura anche i materiali che saranno utilizzati per la realizzazione di tali opere e le modalità con cui saranno messi in opera.

In considerazione dei grossi volumi in gioco per la costruzione dei rilevati, qualora si opti per il riutilizzo dei materiali rivenienti dagli scavi e dagli sbancamenti per la costruzione delle fondazioni degli aerogeneratori, nel caso di terreni a prevalente composizione argillosa si dovrà effettuare innanzitutto il trattamento <<a calce>> dei terreni e si dovranno utilizzare prodotti geosintetici (georeti, geogriglie, geocelle) per migliorare le caratteristiche di resistenza e di portanza di tali terreni altrimenti non utilizzabili.

6. CONCLUSIONI

I dati desunti dallo studio geologico di superficie, le informazioni sulla stratigrafia del sottosuolo desunte dai dati bibliografici disponibili e dalle indagini sismiche effettuate, hanno permesso di acquisire sufficienti informazioni per la caratterizzazione geologico-geotecnica del sottosuolo delle aree di sedime.

Dal punto di vista morfologico le aree in esame, in particolare le forme del rilievo, sono condizionate in maniera determinante dalla natura clastica delle rocce che lo costituiscono e, quindi, l'acclività dei versanti è più o meno accentuata a seconda che essi siano costituiti da rocce più o meno cementate, da sabbie o argille, in relazione anche al grado di cementazione ed al loro assetto stratigrafico.

La conformazione topografica delle aree in esame e la loro costituzione litologica consentono di asserire, come già ricordato in precedenza, che l'equilibrio geomorfologico delle zone in esame è molto delicato ed è quasi esclusivamente legato agli eventi atmosferici che causano prevalentemente erosione areale o concentrata solo in occasione di forti eventi piovosi.

Sulla base di questi elementi sarà necessario, in fase di realizzazione dei lavori, usare tutte le precauzioni possibili per evitare il progressivo degrado dei versanti che saranno interessati dai lavori.

Prima fra tutte la realizzazione dei rinterri dovrà essere fatta strato per strato, con le buone norme costruttive utilizzate per la realizzazione dei rilevati stradali, compattando con mezzi idonei ciascuno strato di spessore massimo non superiore a 30-40 cm, inumidendo il materiale con un quantitativo di acqua “*optimum*” da definire con l’esecuzione di prove proctor, la pendenza delle scarpate di neorealizzazione dovrà essere accuratamente verificata affinché non ingeneri situazioni di instabilità e, qualora necessario, i rilevati dovranno essere gradonati e si dovranno utilizzare tecniche di stabilizzazione del terreno a calce o mediante impiego di geogriglie che consentono di realizzare pendii con inclinazioni abbastanza elevate, con la costante tensione a garantire sempre, sia alle realizzande opere che ai versanti su cui tali opere sorgeranno, il fattore di sicurezza richiesto dalla normativa.

Nel corso dei lavori di stesura e compattazione del terreno per la realizzazione dei piazzali si dovrà verificare che il grado di compattazione raggiunto sia quello idoneo a garantire la stabilità nel tempo delle opere da realizzare, mediante l’esecuzione di prove di carico su piastra e prove di densità in sito.

Lungo i versanti che saranno interessati dalle opere in progetto, il modello idrogeologico di riferimento, considerate le caratteristiche geologico-stratigrafiche, l’assetto strutturale complessivo, il grado di permeabilità dei

terreni affioranti, è quello tipico dei versanti argillosi, con scarsa infiltrazione e con generale tendenza allo scorrimento in superficie, in maniera areale e non controllata o concentrata, delle acque meteoriche.

La realizzazione dei lavori dovrà prevedere un riassetto dei versanti lungo cui saranno realizzati gli interventi attraverso la raccolta e l'allontanamento controllato delle acque meteoriche mediante un sistema di fossi di guardia, canalizzazioni e smaltimento delle stesse, così come precedentemente detto, che determinerà un generale miglioramento delle attuali condizioni idrauliche dei versanti oggetto dei lavori, in quanto tali acque saranno sottratte al libero deflusso fino ad eliminare o quantomeno rallentare i potenziali rischi legati all'erosione per scorrimento areale o concentrato <<selvaggio>> e privo di controllo.

In relazione ai vincoli ed alle prescrizioni richieste dal fatto che la quasi totalità dell'area su cui si sviluppa il parco eolico ricade in aree a Pericolosità Geomorfologica Media e Moderata (PG1) ed Elevata (PG2) e in riferimento agli interventi previsti, è possibile asserire che il bilancio idrologico-idrogeologico finale dell'area resterà invariato e che le condizioni idrauliche finali, se correttamente eseguite, saranno migliorative rispetto allo stato attuale.

La natura compressibile della coltre vegetale presente in superficie non rappresenta alcun problema in quanto si dovrà procedere alla totale rimozione di tale materiale per la realizzazione delle fondazioni dei manufatti in progetto.

La tipologia fondale indicata (plinto su pali), il cui dimensionamento sarà effettuato dal progettista in relazione alla effettiva entità dei carichi e alla loro esatta distribuzione, si ritiene che potrà assolvere appieno alle sue funzioni.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, in base alle indagini geofisiche effettuate ed ai dati raccolti, in particolare sulla base delle caratteristiche litostratigrafico-stratimetriche ricostruite dalle informazioni bibliografiche e nel corso delle osservazioni di superficie, è stato possibile stabilire che il substrato su cui si andranno ad esplicitare le azioni delle strutture da realizzare può essere annoverato tra le categorie di suolo di fondazione di **tipo B** o di **tipo C**.

Sulla base di questa individuazione di categoria sono definite le azioni sismiche che il progettista dovrà considerare per il calcolo strutturale di tutte le opere da realizzare, in osservanza della nuova normativa tecnica per la progettazione in zona sismica.

Gli interventi previsti e la situazione generale dell'area dal punto di vista geologico-strutturale e stratigrafico, geomorfologico, idrogeologico e geologico-tecnico portano a concludere che i siti individuati sono idonei ad accogliere la realizzazione delle strutture in progetto, a condizione che i lavori siano eseguiti con la costante tensione volta ad eliminare, laddove possibile, o a mitigare le possibili situazioni di pericolo ampiamente illustrate nel corpo della presente relazione.

In ogni caso prima della fase esecutiva sarà opportuno e necessario effettuare indagini geognostiche approfondite in grado di accertare e verificare quanto finora affermato.

Matera, settembre 2020


Dot. Geol. Rocco PORSIA



7. BIBLIOGRAFIA

- Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 – Foglio n. 174
“ARIANO IRPINO”, Foglio n. 175 “CERIGNOLA”
- Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000
– Foglio n. 174 “ARIANO IRPINO”, Foglio n. 175
“CERIGNOLA”
- Piano dell'assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino della
Puglia e relativa cartografia
- Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 14 gennaio 2008
- Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17 gennaio 2018
- Consiglio Superiore Lavori Pubblici – Azioni sismiche – Spettri di
risposta – ver 1.0.3.
- Pericolosità sismica dei comuni italiani – Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
- Classificazione sismica – Dipartimento Protezione Civile



COMUNE DI ROCCHETTA SANT'ANTONIO

PROVINCIA DI FOGGIA



COMUNE DI CANDELA

PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)

PROGETTO DEFINITIVO

Corografia - Area nord

COD. ID.		N. elaborato	Data	Scala	
Libere.prog	Tipo documentazione	4.2.2.11	09/2020	1:25.000	
PD	Definitiva				
Nome file					
REVISIONI					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESECUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	SETTEMBRE 2020	PRIMA EMISSIONE	GM	FS	FS

COMMITTENTE:

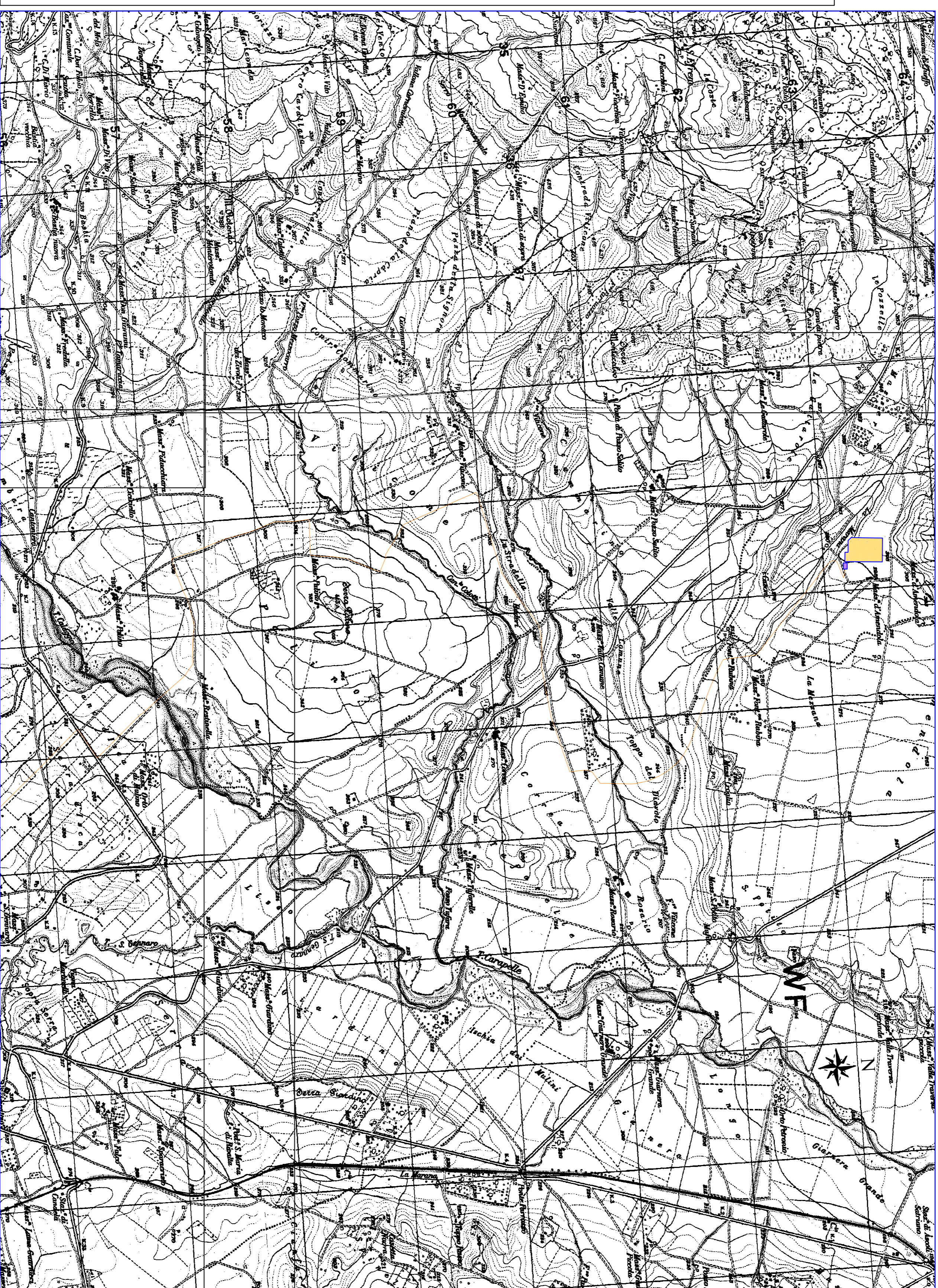


SINERGIA EWRT1 SRL
Centro direzionale soc. in GI
80143 Napoli (NA), Italia
P.IVA 09486931214

GEOLOGIA:

DOTT. GEOL. ROCCO FORSIA

Via Tullio, 31
75100 Matera (MT), Italia
Tel. +39 0837151870





COMUNE DI ROCCHETTA SANT'ANTONIO

PROVINCIA DI FOGGIA



COMUNE DI CANDELA

PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)

PROGETTO DEFINITIVO

Corografia - Area sud

COD. ID.	Tipologia	N. elaborato	Data	Scala
Univ. 000	documentazione	4.2.2.1.2	09/2020	1:25.000

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	SETTEMBRE 2020	PRIMA EMISSIONE	GM	FS	FS

COMMITTENTE:



SINERGIA EWRT1 SRL
Centro direzionale soc. in GI
80143 Napoli (NA), Italia
P.IVA 09486931214

GEOLOGIA:

DOTT. GEOL. ROCCO FORSIA

Via Tullio, 31
75100 Matera (MT), Italia
Tel. +39 0835 61700
Fax +39 0835 61700

