



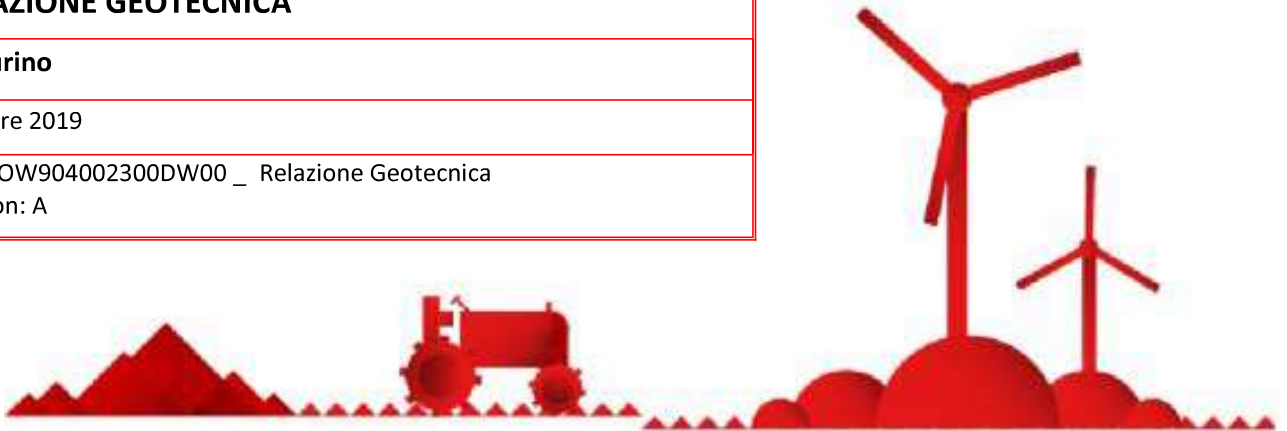
WIND FARM SELVA PIANA

RELAZIONE GEOTECNICA

Volturino

Ottobre 2019

REF.: OW904002300DW00 _ Relazione Geotecnica
Version: A



Investor

Dott. Geol. Luigi Buttiglione
Ordine dei Geologi di Puglia n. 244
studiobuttiglione@fastwebnet.it



STIM Engineering srl
via Garruba 3
70121 Bari
080/5210232
segreteria@stimeng.it

SOMMARIO

1. Premessa	pag. 2
2. Inquadramento morfologico e geologico generale	pag. 3
3. Inquadramento morfologico e geologico di dettaglio dell'area	pag.10
4. Inquadramento idrologico ed idrogeologico. Previsioni P.A.I.	pag.13
5. Inquadramento sismico dell'area	pag.18
6. Azione sismica locale – categoria sottosuolo	pag.25
7. Principali caratteristiche geotecniche dei terreni	pag.33
6. Conclusioni	pag.35

Allegati

- Ubicazione dell'area su corografia in scala 1:25.000
- Carta litologica in scala 1:25.000
- Stralcio Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia su CTR

1.Premessa

La EDP RENEWABLES ITALIA HOLDING SRL, ha in progetto la realizzazione di una centrale eolica in agro di Volturino (Fg) Ctr “Selva Piana”, costituita da quattordici aerogeneratori e dalle opere accessorie quali viabilità, cavidotti e cabine di smistamento.

Al riguardo è stato conferito alla scrivente l’incarico per la redazione della relazione geologica per il progetto definitivo.

Per l’espletamento dell’incarico ricevuto, lo scrivente ha eseguito una serie di studi e di indagini comprendenti:

- raccolta dei dati contenuti nella bibliografia geologica e geologico-tecnica;
- esecuzione di un rilevamento geologico di superficie dell’area d’intervento.

L’insieme dei dati desunti dalle fonti bibliografiche e da rilievi di superficie sono stati integrati con i dati rivenienti da prospezioni geofisiche, eseguite dallo scrivente nel medesimo contesto territoriale, al fine della caratterizzazione sismica dell’area, ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018.

Nel corso della presente relazione si sintetizzeranno, con l’ausilio degli elaborati grafici allegati, gli esiti delle indagini e degli studi condotti al fine della caratterizzazione geologica, idrogeologica e sismica del sottosuolo dell’area di intervento.

2. Inquadramento morfologico e geologico generale

Cartograficamente l'area d'intervento ricade nella porzione occidentale della Tavoletta n.163 IV S.E. "Pietra Montercorvino" della Carta d'Italia in scala 1:25.000 (All.1) e negli Elementi n.407062, 407073, 407101e 407114 della Carta Tecnica Regionale.

La porzione di territorio prescelta per la realizzazione del parco eolico, ricade in un ambito morfologico complesso, dominato da due contesti differenti, quello più occidentale, occupato dai rilievi più o meno accentuati del sub-Appennino dauno e quello orientale, ove si individua l'area pianeggiante che si estende, più ad est, sino alla linea di costa adriatica.

La morfologia dell'area appenninica è quella tipica di bassa montagna, con rilievi dai versanti anche molti ripidi e che alternano a depressioni vallive incise dai corsi d'acqua regime torrentizio. Lungo la dorsale che passa per M. Orlando (m 974), M. Ventolosa (901 m) e M. Sambuco (981 m), sono localizzate le creste più alte. Ad Est di questa linea i pendii degradano irregolarmente sino a quote di 500 m s.l.m. al limite con le porzioni più elevate del Tavoliere delle Puglie.

Nella fascia più orientale la morfologia cambia per le diverse condizioni stratigrafiche e tettoniche. In questa zona, a causa della generale debole inclinazione verso ENE dei terreni dell'unità bradanica, i corsi d'acqua scorrono in tale direzione, paralleli fra di loro, separati da rilievi a sommità piatta degradante verso Est. In tale direzione le quote del p.c. diminuiscono progressivamente fino a raggiungere il valore minimo di 285 m s.l.m. lungo margine orientale dell'area d'intervento.

Così come dal punto di vista morfologico, anche per quanto attiene le condizioni geologiche, la porzione di territorio in esame è distinguibile in due zone. La prima, centro-occidentale, è occupata dai terreni della catena appenninica, più antichi ed intensamente tettonizzati. La seconda, centro-orientale, ove si rinvengono i depositi quaternari del Tavoliere (fig.1).

Nel complesso, nell'area di catena si rinvengono unità flyscioidi, lagronegresi ed irpine, caratterizzate da una spiccata

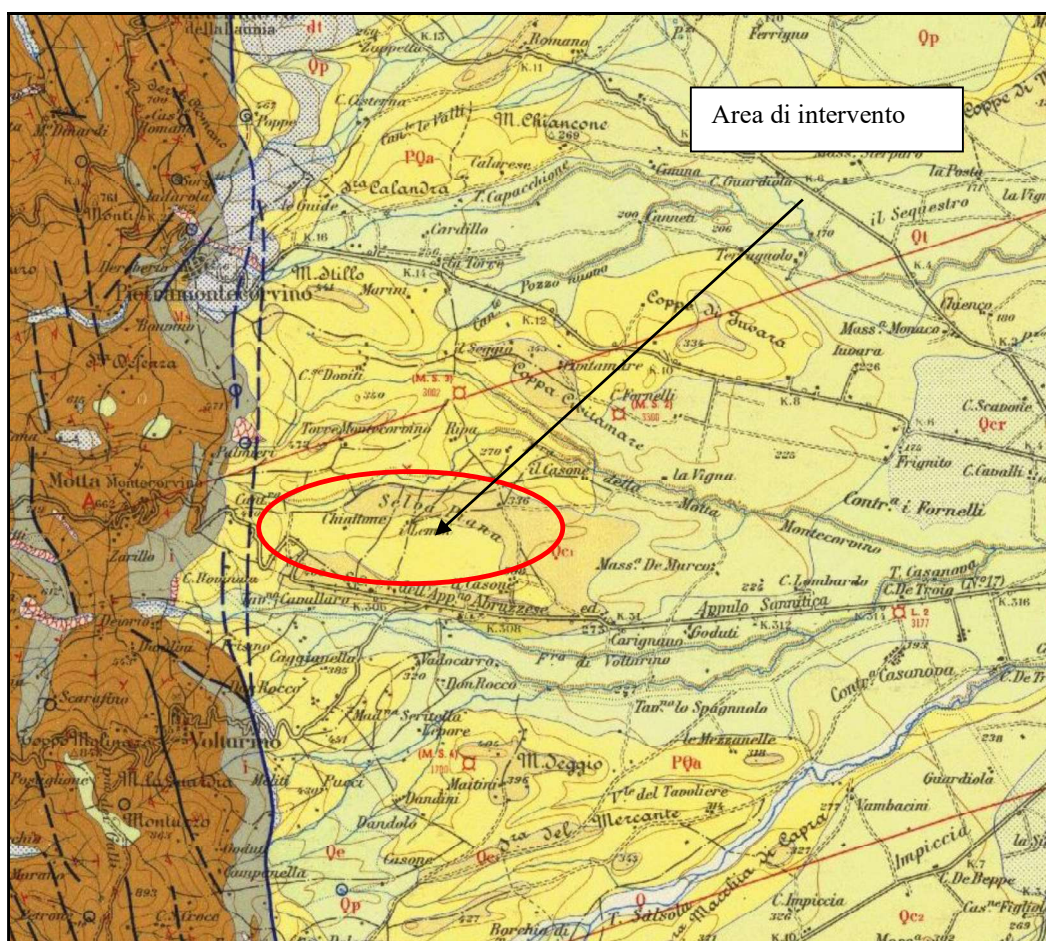


Figura 1: stralcio del Foglio "Lucera" della Carta Geologica d'Italia con ubicazione della zona di installazione degli aerogeneratori.

variabilità litologica e da un grado di tettonizzazione sempre molto elevato. Nella zona di avanfossa, ove è prevista la realizzazione della centrale eolica in esame, si rinvengono invece i terreni di colmamento del bacino di sedimentazione

attivo a partire dal Pliocene inferiore che, nell'insieme costituiscono una tipica successione regressiva, rimodellata nelle porzioni superficiali dai depositi alluvionali continentali.

Il contatto tra le unità di catena ed i terreni dell'avampese si dispone lungo un allineamento tettonico orientato all'incirca Nord-Sud, ben evidente anche dal punto di vista morfologico.

Alla descrizione generale della geologia dell'area possono, con maggiore dettaglio, riferirsi le unità litostratigrafiche di seguito indicate in successione:

Formazioni delle Unità Lagonegresi ed Irpine – Area di Catena

Flysch Rosso (unità lagonegrese)

Questa formazione affiora in maniera discontinua all'interno dell'area studiata, in vaste plaghe comprese tra gli abitati di Casalnuovo Monterotaro e Casalvecchio di Puglia.

Nell'ambito della porzione di territorio in esame il letto di questa unità non affiora, mentre a tetto passa per alternanze al Flysch di Faeto.

Il Flysch rosso, non in letteratura anche con il nome di “Complesso indifferenziato” o di “Argille varicolori”, è costituito da da argille, argilliti e marne policrome di prevalente colore rossastro, con rare e sottili intercalazioni di diaspri, arenarie, calcareniti e calcilutiti (fig.2). Diffusa è anche la presenza di argille bentonitiche. Si tratta di un membro dello spessore di



Figura 2: argille rossastre con intercalazioni calcarenitiche del Flysch rosso.

100-150 m, formato prevalentemente da argille ed argilliti verdastre con intercalazioni di bentonite, biocalcareni, calcilutiti marnose e spongoliti. Le bentoniti, che hanno un colore variabile dall'avana, al verde, al grigio, si presentano in strati e banchi spessi fino a m 6.

Lo spessore totale della formazione si aggira sui 300 m. Le facies emipelagiche delle argille, la gradazione granulometrica degli strati lapidei e le impronte da carico e da corrente, consentono di affermare che la deposizione è avvenuta tramite meccanismi torbiditici, in ambiente di mare profondo.

L'età della formazione è oligocenico – langhiana.

Flysch di Faeto (unità irpina)

Questa formazione affiora estesamente nell'area compresa tra gli abitati di Casalvecchi e Biccari.

A tetto, al di fuori dell'area studiata passa per alternanze ad unità marnoso-argillose, mentre nella zona d'interesse poggia in continuità di sedimentazione sul Flysch rosso.

Il Flysch di Faeto è costituito da calcareniti, calcisiltiti e calcari marnosi e rare calciruditi, con intercalazioni polittiche (fig.3). Localmente si rinvengono rari banchi di arenarie a composizione arcossico-litica.



Figura 3: alternanze di calcareniti, calcari marnosi e argille del Flysch di Faeto.

Nella parte alta della formazione si ha un aumento della componente marnosa.

Lo spessore del Flysch di Faeto raggiunge i 400 m circa.

Le strutture sedimentarie, quali la gradazione granulometrica degli strati calcarenitici, le impronte di carico e da corrente, indicano che la deposizione di questa formazione è avvenuta in ambiente di bacino profondo durante il Serravalliano.

Formazioni quaternarie del Tavoliere – Zona di Avanfossa

Argille azzurre subappennine

Affiorano estesamente lungo i versanti e nelle porzioni più basse dei rilievi e degli avvallamenti che si rinvengono nella zona centrale dell'area studiata, con particolare riferimento anche all'area prescelta per la realizzazione di gran parte del parco eolico in esame.

Si tratta di argille marnose grigio-azzurre con intercalazioni limoso-sabbiose che aumentano nella parte alta della formazione.

Dai dati riportati sul Foglio “Lucera” della Carta Geologica d'Italia, relativi alla perforazione eseguita dall'AGIP a Monte Stillo, risulta che il letto delle Argille subappennine è costituito dai depositi flyshiodi della catena, cui quali poggiano in discordanza angolare. A tetto, nell'ambito della zona studiata, sono coperte da depositi alluvionali recenti ed attuali di origine fluviale.

Lo spessore della formazione argillosa è elevato, raggiungendo i 600 m circa.

L'età della Argille subappennine, nella porzione affiorante, è riferibile al Pleistocene inferiore, durante il quale si deposero in ambiente marino neritico.

Depositi alluvionali terrazzati

Si rinvengono a formare vasti terrazzamenti disposti secondo più ordini, digradanti in quota verso Est, con particolare riferimento alla porzione orientale dell'area studiata.

Sono costituiti da sabbie, ghiaie e limi variamente alternati, di spessore non superiore a 20 m.

Depositi alluvionali selciosi

Formano anch'essi vasti terrazzamenti con assetto tabulare digradanti in quota da Ovest verso Est. Affioramento estesamente ad Est dell'area di intervento, poggiando in discordanza sulle unità sottostanti. Sono costituiti da ciottolame calcareo e selcioso di dimensioni variabili tra 2 e 10 cm, misto ed alternato a sabbie di origine alluvionale. L'unità, di età tardo pleistocenica, raggiunge uno spessore massimo di alcune decine di metri.

Depositi alluvionali attuali

Si rinvengono sul fondo degli avvallamenti che solcano le superfici spianate del Tavoliere. Nell'ambito dell'area in esame, affiorano estesamente a Sud della zona di intervento.

Sono costituiti da sabbie con livelli di ciottolate minuto e raggiungono uno spessore massimo di una decina di metri.



3. Inquadramento morfologico e geologico di dettaglio dell'area

3.1 Assetto Morfologico

L'assetto morfologico dell'area d'intervento si caratterizza per la presenza di rilievi collinari con versanti debolmente acclivi. Da questo punto di vista spicca, in posizione baricentrica rispetto all'areale del parco eolico in progetto, il rilievo di M. San Martino, la cui cresta si eleva alla quota di 468 m s.l.m. Progressivamente ed attraverso blande ondulazioni, la superficie topografica degrada in quota verso Est con gradienti di pendenza dell'ordine del 6-7%. Due ampi avvallamenti attraversano da Ovest verso Est l'area in esame, in corrispondenza del reticolo idrografico del Canale Lavandaio (a Nord) e del Canale Troiano (zona centro-orientale). L'assetto idrografico dell'area sarà specificatamente descritto nel prosieguo della presente relazione.

3.2 Assetto geologico e stratigrafico

Come descritto in precedenza, l'area d'intervento ricade nel contesto geologico dell'Avanfossa Bradanica. L'assetto stratigrafico dell'area è caratterizzato dalla presenza di un'unità geologica di base costituita da argille ed argille marnose grigio azzurre, compatte e sovraconsolidate. Tale unità costituisce l'unità basale del ciclo regressivo di colmamento del bacino dell'Avanfossa. Su tale substrato poggiano, in discontinuità di sedimentazione, terreni di origine alluvionale, sabbioso-ghiaiosi e limosi. Lungo l'alveo dei principali corsi d'acqua esistenti in zona, si rinvencono alluvioni recenti ed attuali.

Le unità appena indicate, vengono di seguito descritte in successione.

Argille subapennine

Si tratta di argille marnose grigio-azzurre con intercalazioni limoso-sabbiose che aumentano nella parte alta della formazione.

Dai dati riportati sul Foglio “Lucera” della Carta Geologica d’Italia, relativi alla perforazione eseguita dall’AGIP a Monte Stillo, risulta che il letto delle Argille subappennine è costituito dai depositi flyshioidi della catena, cui quali poggiano in discordanza angolare. A tetto, nell’ambito della zona studiata, sono coperte da depositi alluvionali recenti ed attuali di origine fluviale.

Lo spessore della formazione argillosa è elevato e raggiunge i 600 m circa.

L’età della Argille subappennine, nella porzione affiorante, è riferibile al Pleistocene inferiore, durante il quale si deposero in ambiente marino neritico.

Depositi alluvionali terrazzati

Formano vasti terrazzamenti disposti secondo più ordini, digradanti in quota verso Est, con particolare riferimento alla porzione orientale dell’area studiata.

Sono costituiti da sabbie, ghiaie e limi variamente alternati, di spessore non superiore a 20 m.

Depositi alluvionali attuali

Affiorano limitatamente alle aree di pertinenza e contermini agli alvei delle principali linee di deflusso delle acque superficiali, con particolare riferimento al T. Tamerice. Si tratta di terreni sabbiosi e ciottolosi con intercalazioni limose, di esiguo spessore.

L'assetto geologico dell'area è riportato nella carta ad indirizzo litologico in scala 1:25.000 (All.2).



4. Inquadramento idrologico ed idrogeologico. Previsioni P.A.I.

Circolazione idrica di superficie

La circolazione idrica di superficie dell'area in esame si sviluppa nelle linee di deflusso afferenti a due corsi d'acqua a regime torrentizio, il Canale Motta, situato a Nord ed il Canale Valle, ubicato a Sud.

Si tratta di corsi d'acqua caratterizzati da un regime idraulico di tipo torrentizio, con prolungati periodi di magra o di secca, interrotti da improvvisi ed a volte violenti eventi di piena corrispondenti o immediatamente successivi agli eventi meteorici più cospicui.

L'assetto del reticoli idrografico dell'area in esame è ben rappresentato dalla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino regionale, uno stralcio della quale è riportato nell'All.3 su CTR. Il rapporto delle opere in progetto con il reticolo idrografico dell'area viene trattato in un apposito studio, con particolare riferimento alla compatibilità dell'intervento con le norme di salvaguardia di cui agli artt.6 e 10 della N.T.A. del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia.

Sulla base del più recente aggiornamento cartografico, il P.A.I. non individua nei siti di sedime degli aerogeneratori aree caratterizzate da pericolosità idraulica(vedi figura seguente).

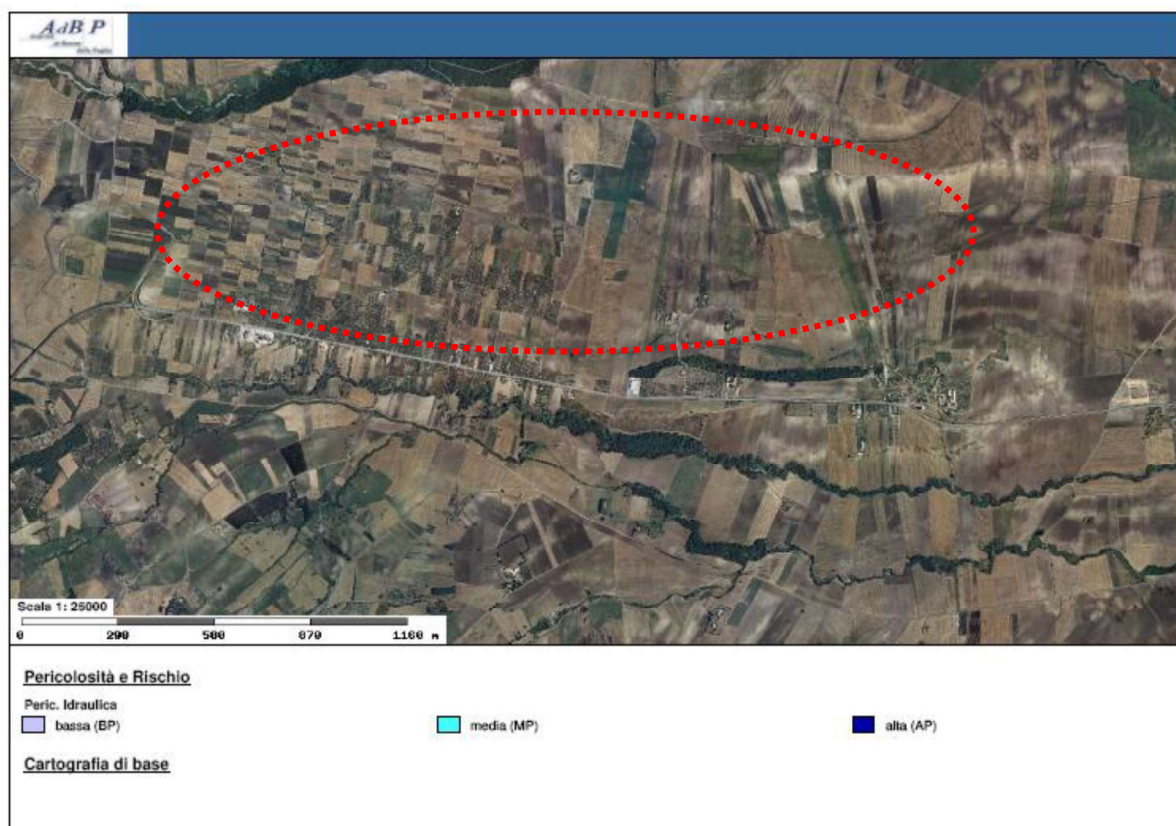


Figura 4: stralcio cartografia PAI con delimitazione areale di intervento

Gran parte del parco eolico ricade in aree esterne alle perimetrazione delle zone classificate a pericolosità geomorfologica dal P.A.I. Fanno eccezione i siti della WTG₁, della WTG₇ e della WTG₈, i quali ricadono in aree PG₁ (pericolosità geomorfologica media e moderata – fig.5).

Il comma 3 dell'art.11 delle N.T.A. del P.A.I. disciplina come segue la realizzazione di interventi nelle aree contraddistinte da pericolosità geomorfologica:

“Nelle aree a pericolosità geomorfologica, tutte le nuove attività e i nuovi interventi devono essere tali da:

- a) migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di sicurezza del territorio e di difesa del suolo;*
- b) non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità geomorfologica;*

- c) non compromettere la stabilità del territorio;*
- d) non costituire elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione definitiva della pericolosità geomorfologica esistente;*
- e) non pregiudicare la sistemazione geomorfologica definitiva né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;*
- f) garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di pericolosità;*
- g) limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;*
- h) rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.*

Nelle aree a pericolosità media e moderata (PG1), in base all'art.15 delle NTA del P.A.I., è consentita la realizzazione dei seguenti interventi:

1. Nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.

2. Per tutti gli interventi di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata.

3. In tali aree, nel rispetto delle condizioni fissate dagli strumenti di governo del territorio, il PAI persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti, ai sensi della legge 225/92, di programmi di previsione e prevenzione.

Pertanto, la realizzazione dell'intervento in progetto risulta compatibile con le norme di tutela delle aree PG1 previste dal P.A.I., previa redazione di specifico studio di compatibilità.

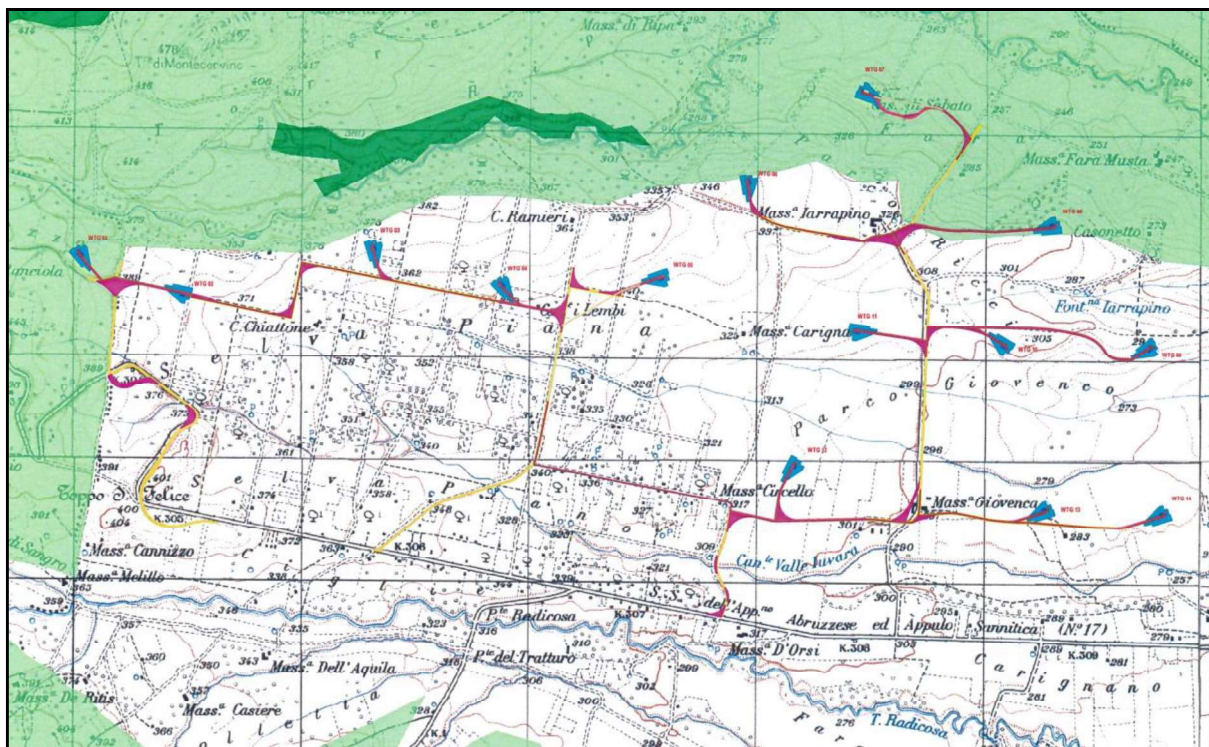


Figura 5: stralcio PAI aree a pericolosità geomorfologica con indicazione areale di intervento

Circolazione idrica sotterranea

Per ciò che attiene la circolazione idrica sotterranea, è necessario distinguere i terreni affioranti nella zona oggetto di studio in base al loro grado di permeabilità come di seguito descritto:

Terreni impermeabili

Sono costituiti dalla formazione delle “Argille subappennine”. Tale unità costituisce la superficie di fondo definita e fissa delle acque circolanti nelle formazioni sovrastanti.

Terreni ad alta permeabilità

Sono costituiti dai depositi alluvionali terrazzati, ciottolosi e sabbiosi. Tali unità sono dotate di un’alta permeabilità di tipo primario. Localmente si verificano condizioni favorevoli alla formazione di piccole falde idriche sotterranee contenute nella formazione conglomeratica. Tali falde, presenti durante o immediatamente dopo le stagioni più piovose, sono utilizzate per alimentare piccoli insediamenti agricoli attraverso la realizzazione di pozzi-cisterna o di bottini di presa.

5. Inquadramento sismico dell'area

Storia sismica

La sismicità storica dell'area di Volturino è stata ricostruita esaminando i dati macrosismici forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano, chiamata DBMI15, è stata rilasciata a luglio 2016 ed aggiorna e sostituisce la precedente DBMI11 (Locati et al., 2011).

DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

Nella tabella seguente sono riportati gli eventi sismici per il sito d'interesse che hanno comportato effetti significativi nell'arco temporale dall'anno 1000 sino al 2014.

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
8-9	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7,19
4-5	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5,35
NF	1958 06 24 06 07	Aquilano	222	7	5,04
5	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6,15
6	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
NF	1988 04 26 00 53 43.83	Adriatico centrale	78		5,36
NF	1989 03 11 21 05	Gargano	61	5	4,34
NF	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5,77
NF	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5,08
3	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5,15
NF	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4,9
4	1996 11 10 23 23 10.77	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4,35
NF	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4,52
NF	2001 07 02 10 04 43.18	Tavoliere delle Puglie	60	5	4,26
5	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5,72
4-5	2002 11 12 09 27 48.57	Molise	174	5-6	4,57
4-5	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4,53
4-5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4,64

NF	2006 10 04 17 34 20.50	Adriatico centrale	98	4-5	4,3
NF	2006 12 10 11 03 41.57	Adriatico centrale	54		4,48

I dati inerenti gli eventi sismici successivi al 2014 sono stati ricavati dal database *ISIDE* dell'INGV, tenendo conto di un raggio di influenza di 100 km rispetto al sito oggetto di studio (vedi figura seguente).

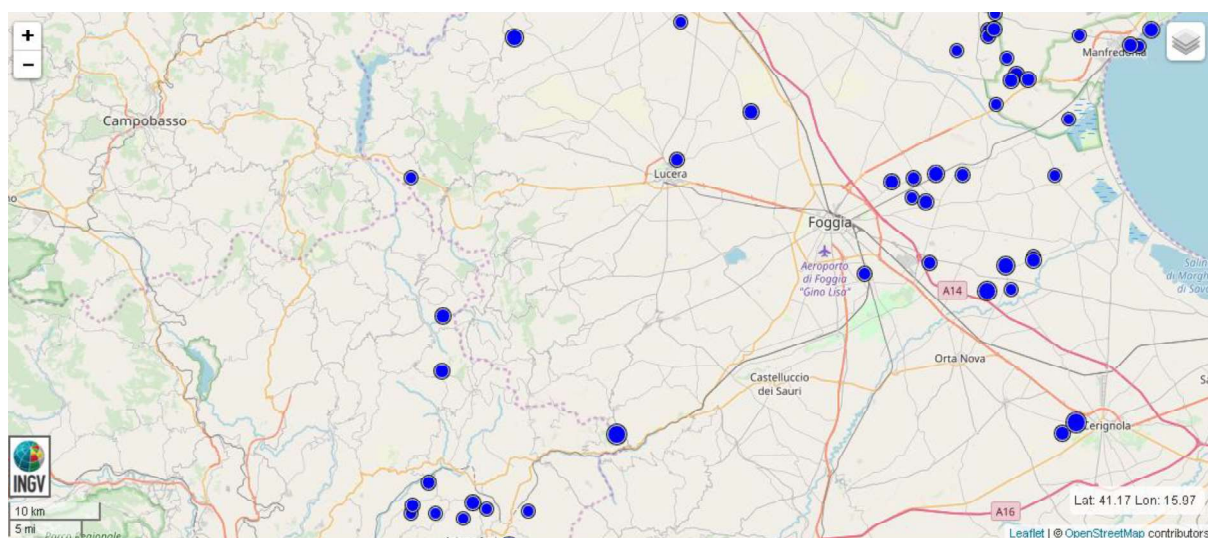


Figura 6: lista terremoti ISIDE

Gli eventi documentati hanno epicentri anche non distanti dall'area oggetto di studio.

Pericolosità e classificazione sismica dell'area in esame

Il database DSS3, messo a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, identifica e caratterizza le sorgenti sismogenetiche sul territorio nazionale.

Tale sorgenti possono essere individuali (piani di faglia), o composite (ossia regioni allungate contenenti un certo numero di sorgenti allineate ma non identificabili singolarmente).

La sorgente sismogenetica più vicina all'area in esame è quella di "Ripabottoni San Severo – DISS ID ITCS003" distante

circa 17 Km a N (vedi figura seguente). Si tratta di una sismozona caratterizzata da una magnitudo massima attesa (M_w) pari a 6.7, con eventi sismici localizzati a profondità variabili da un minimo di 6 Km ad un massimo di 25 Km.

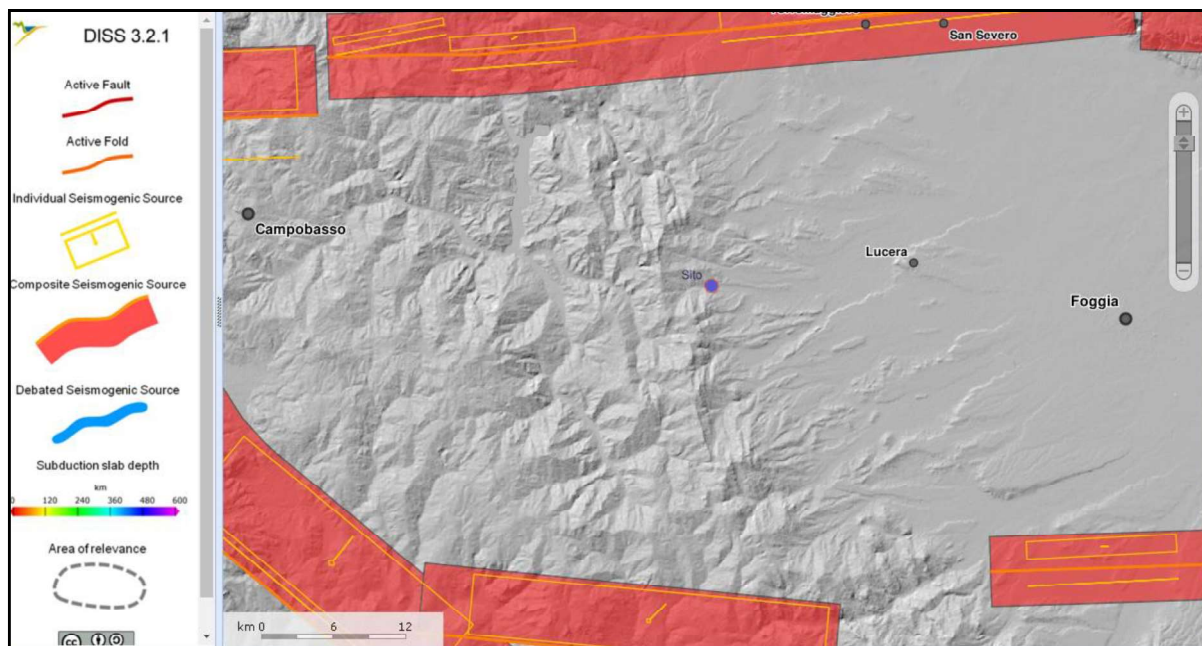


Figura 7: stralcio cartografia DSS3

Un'altra sorgente sismogenetica è situata a Sud del sito in esame, denominata "Pano Veiano Montaguto – DISS ID ITCS057" dista circa 25 Km. Si tratta di una sismozona caratterizzata da una magnitudo massima attesa (M_w) pari a 6.9, con eventi sismici localizzati a profondità variabili da un minimo di 11 Km ad un massimo di 25 Km.

Utilizzando le mappe interattive di pericolosità sismica fornite da INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), nel nodo del reticolo di riferimento più prossimo all'area in esame, caratterizzato da un'accelerazione compresa tra 0.125 e 0.15, la magnitudo media attesa per eventi sismici con probabilità di superamento del 5% in 50 anni – $Tr = 1000$ anni, è pari a 6.13

Mw, ad una distanza di 30 km dall'area in esame (vedi figure seguenti).

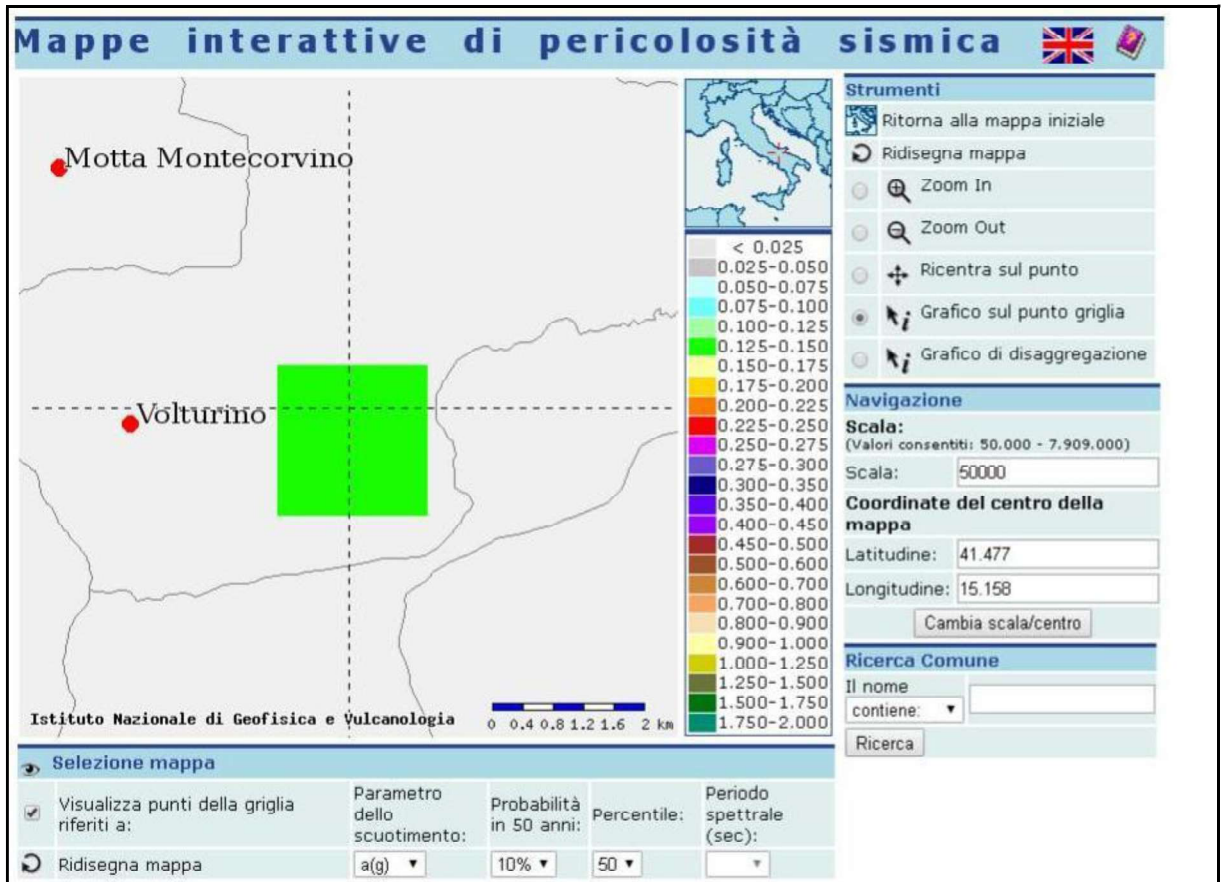


Figura 8: mappa di pericolosità sismica

Distanza in km	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	0.903	2.190	1.720	1.090	0.568	0.252	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.860	6.060	6.580	5.540	3.770	2.110	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.028	0.939	2.940	4.690	5.820	6.060	0.731	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.004	0.690	2.910	5.540	7.930	3.960	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.014	0.887	3.020	5.550	3.680	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	1.260	3.220	2.670	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.299	1.300	1.160	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.537	0.579	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.195	0.250	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.064	0.130	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.071	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.034	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.130	30.100	1.480

Figura 9: dati pericolosità sismica

Si riportano di seguito i parametri di pericolosità sismica di base per il sito in esame, determinati secondo le norme vigenti, attraverso la piattaforma messa a disposizione dal sito “Geostru”.

Classe d'uso: II.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Stati limite

 Classe Edificio
 II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e...

 Vita Nominale 50

 Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.051	2.368	0.308
Danno (SLD)	50	0.064	2.460	0.327
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.157	2.586	0.406
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.201	2.568	0.431
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Figura 10: parametri pericolosità sismica

La classificazione sismica del territorio nazionale, così come modificata dalla O.P.C.M. n.3274/03, inserisce il territorio comunale di Volturino in **Zona 2**. Trattasi quindi di una porzione di territorio caratterizzata da una pericolosità medio-alta.

Quanto stabilito dall'ordinanza n.3274/03 è stato confermato dalla D.G.R. n.153 del 02/03/2004, con la quale la

Regione Puglia ha recepito, a livello regionale, l'indirizzo nazionale in materia di classificazione sismica del territorio.

6. Azione sismica locale – Categoria di sottosuolo

Come indicato in precedenza, la classificazione sismica del territorio nazionale, così come modificata dalla O.P.C.M. n.3274/03, inserisce il territorio comunale di Volturino in Zona 2.

Quanto stabilito dall'ordinanza n.3274/03 è stato confermato dalla D.G.R. n.153 del 02/03/2004, con la quale la Regione Puglia ha recepito, a livello regionale, l'indirizzo nazionale in materia di classificazione sismica del territorio.

In vigore del D.M. 17 Gennaio 2018, l'inserimento dell'area d'intervento nella Zona 2 della classificazione sismica del territorio nazionale rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Tali categorie sono indicate nella tabella seguente:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Al fine della definizione dell'azione sismica locale, così come stabilito, si è proceduto alla individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento, attraverso la determinazione del parametro $V_{s_{eq}}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio) definito dalla seguente relazione

$$V_{s_{eq}} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ m/s} \quad (1)$$

dove

h_i = spessore in metri dello strato (sismostrato) i -esimo;

$V_{s,i}$ = velocità dell'onda di taglio i -esima;

N = numero di strati (sismostrati);

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

Per la determinazione del parametro $v_{s_{eq}}$ si fa riferimento alle risultanze di indagini geosismiche MASW eseguita dallo scrivente per un analogo studio nel medesimo contesto geografico e geologico.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) rappresenta una tecnica di indagine sismica non invasiva, utile per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s e quindi a definire la risposta sismica di un determinato sito, classificando il sottosuolo in 5 categorie differenti.

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni posti in superficie lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale.

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 11) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente viaggiando con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni superficiali e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

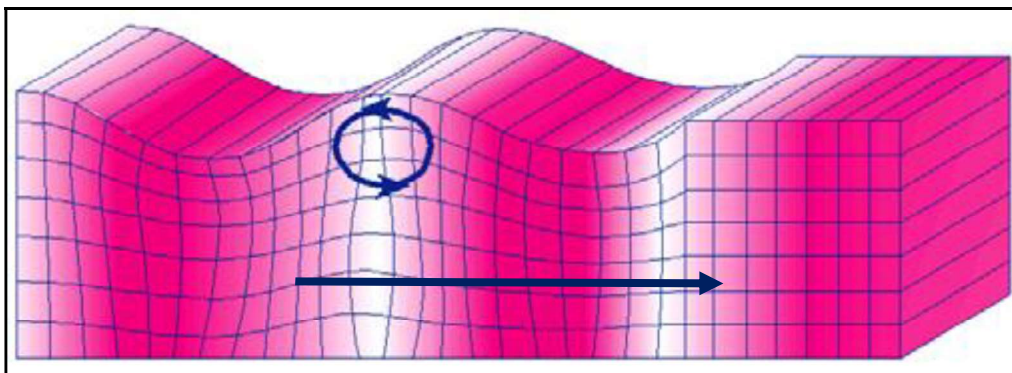


Fig. 11 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle

V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione (Fig. 12).

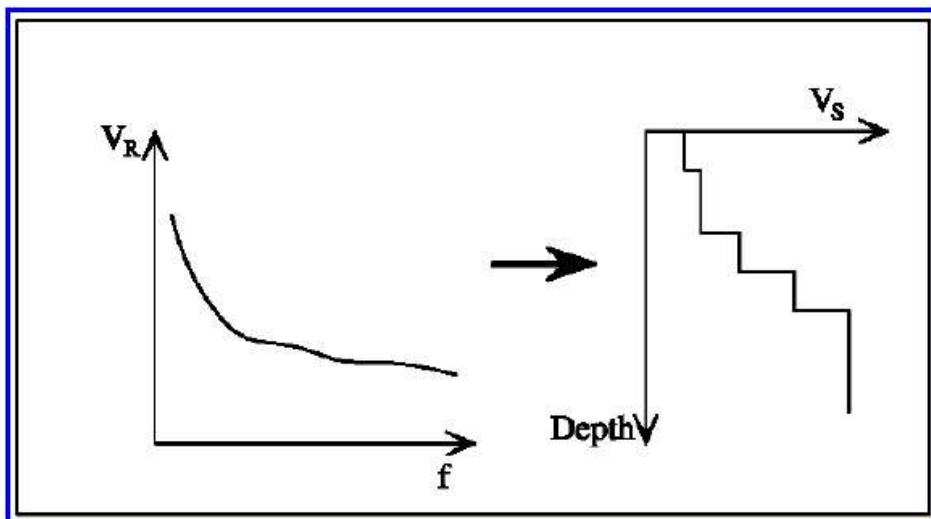


Fig. 12 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

In altre parole, nell'indagine MASW, le onde superficiali generate in un punto del terreno di fondazione, sono misurate da uno stendimento lineare di sensori (geofoni) che permettono di ottenere una velocità di fase o curva di dispersione, sperimentale e apparente, in un range di frequenze variabile.

Ciò, fornisce informazioni sulla parte di terreno generalmente compresa entro i primi 30 metri di profondità.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_S). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle V_S <15%.

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo in area progettuale, la prospezione sismica MASW venne eseguita con uno stendimento geofonico di 24 m. L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 12 canali.

La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 6 kg che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della piastra posizionata alla distanza di 5.00 m dal primo geofono. Quando la battuta sulla superficie della piastra non risultava netta o veniva colpita due volte erroneamente, la prova veniva ripetuta.

Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 12 geofoni verticali (Geospace – 4.5 Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset di 2.00 m. I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con appositi programmi (GEOPSY e DINVER) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;
2. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle V_s (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);
4. Ricostruzione di una sezione delle V_s dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero uno spostamento lungo la linea dello stendimento).

Dall'insieme delle risultanze della prospezione sismica MASW si rileva l'esistenza di tre sismostrati a V_s differenti:

- il primo sismostrato si individua a partire dal piano campagna e fino alla profondità di circa 1,0 m con valori di V_s pari a 154,38 m/s;
- il secondo sismostrato è caratterizzato da valori di V_s pari a 608,30 m/s per uno spessore di circa 5,0 m;
- al letto del suddetto sismostrato si osserva un aumento costante delle V_s con la profondità caratterizzato da

velocità delle onde di taglio elevate ($V_s = 857.62$ m/s).
Tale valore caratterizza il bedrock.

Sulla base delle risultanze dell'indagine MASW il valore di V_{seq} , misurato sperimentalmente, è pari a **437.5 m/s**. Questo valore è stato ricavato, come da normativa, dalla succitata relazione:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} m/s$$

Il valore del parametro V_{seq} consente di ascrivere il sottosuolo dell'area d'indagine alla **categoria B** di cui alla tabella n.3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018.

Per ciò che attiene la classificazione delle condizioni topografiche secondo quanto previsto nella tabella 3.2.III delle NTC, poiché il sito è ubicato in area pianeggiante, l'area d'intervento può essere classificata come appartenente alla

categoria 'T1':

“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.



7. Principali caratteristiche geotecniche dei terreni

Come indicato nei paragrafi precedenti il sottosuolo dell'area di intervento è costituito da una copertura di sabbie e sabbie ciottolose alla quale soggiacciono argille e argille limose grigio azzurre compatte.

Alle sabbie di copertura possono attribuirsi, sulla scorta di analisi di laboratorio effettuati sul medesimo litotipo, i seguenti principali parametri fisici e geotecnici medi:

- γ_n 20 Kn/mc
- γ_d 16 Kn/mc
- C 0.0 kg/cmq
- ϕ 28°

Si tratta pertanto di materiali incoerenti, in grado di mobilitare resistenza al taglio solo per attrito. In relazione al modesto carico litostatico al quale sono sottoposte, le sabbie in esame risultano scarsamente addensate, soprattutto nei livelli prossimi al piano campagna.

Non trascurabile sul comportamento geotecnico della copertura sabbiosa è anche l'effetto dovuto alla possibile presenza di acque sotterranee ed alla notevole oscillazione stagionale della superficie freatica.

Al di sotto dell'unità sabbiosa, si rinviene l'unità argillosa afferente alla formazione delle "Argille subappennine".

A tali argille possono attribuirsi, sulla scorta di analisi di laboratorio effettuati sul medesimo litotipo, i seguenti principali parametri fisici e geotecnici medi:

- γ_n 19 Kn/mc

- γ_d 15 Kn/mc
- Cont. Nat. Acqua (W) 23%
- L.L. 32%
- L.P. 23%
- I.C. 1.27
- I.P. 8%
- Consistenza solido-plastica
- C 26 Kn/mq
- ϕ 25°

Si tratta di argille debolmente sovraconsolidate, in grado di mobilitare un buona resistenza al taglio per attrito e, soprattutto, per coesione. Il grado di sovraconsolidazione del litotipo varia da luogo a luogo, in funzione del carico litostatico in essere rispetto a quello originario.

8. Conclusioni

L'assetto morfologico dell'area di intervento, a causa della generale debole inclinazione vero ENE dei terreni dell'unità bradanica, risulta subpianeggiante. Rilievi collinari con sommità piatta degradante verso Est movimentano il contesto geomorfologico. Verso oriente le quote del p.c. diminuiscono progressivamente fino a raggiungere il valore minimo di 285 m s.l.m. lungo margine Est dell'area d'intervento.

La Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, come confermato dalle osservazioni condotte in sito, non individua nella porzione di territorio in esame forme di versante legate a fenomeni di instabilità, quali corpi di frana o aree a calanchi.

La circolazione idrica di superficie dell'area in esame si sviluppa nelle linee di deflusso afferenti a due corsi d'acqua a regime torrentizio, il Canale Motta, situato a Nord ed il Canale Valle, ubicato a Sud.

Il P.A.I. non individua nell'area di intervento aree caratterizzate da pericolosità idraulica (AP, MP, BP). L'intera superficie del parco eolico non ricade in aree definite a pericolosità geomorfologica dal P.A.I., fatta eccezione per i siti di realizzazione della WTG1, della WTG7 e della WTG8, ricadenti in aree PG1. Pertanto, la realizzazione dell'intervento in progetto, con specifico riferimento agli aerogeneratori succitati ed alle opere viarie ed elettriche di collegamento, necessita della redazione di specifico studio di compatibilità geomorfologica (art.15 NTA P.A.I.).

La circolazione idrica sotterranea dell'area d'interesse è da considerarsi scarsamente significativa a causa della natura limoso-argillosa e quindi scarsamente permeabile del

sottosuolo, fatta eccezione per falde effimere che possono rinvenirsi nelle aree di affioramento dei terreni sabbiosi.

La struttura del sottosuolo dell'area oggetto di studio è costituita da terreni limoso argillosi, localmente coperti da formazioni sabbioso-ciottolose. In sintesi, il sottosuolo dell'area d'intervento è formato da terreni facenti parte della porzione sommitale dell'unità delle "Argille subappennine" precedentemente descritta e da unità di copertura di origine alluvionale.

La classificazione sismica del territorio nazionale, così come modificata dalla O.P.C.M. n.3274/03, inserisce il territorio comunale di Volturino in **Zona 2**. Trattasi quindi di una porzione di territorio caratterizzata da una pericolosità medio-alta e da una storia sismica intensa.

I terreni interessati sono ascrivibili alla *Categoria B* di cui alla Tab.3.2. II del D.M. 17 gennaio 2018.

Infine, in riferimento alla definizione della categoria topografica secondo quanto previsto nelle tabelle 3.2.IV e 3.2.VI delle NTC, considerato l'assetto planoaltimetrico della porzione di territorio in esame, l'area d'intervento può essere classificata come appartenente alla

categoria 'T1':

"Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

Nel complesso quindi, per quanto attiene gli aspetti di ordine geotecnico, l'area prescelta non presenta particolari criticità che possano risultare ostative alla realizzazione del

Dott. geol. Luigi Buttiglione

progetto in esame, fatti salvi in necessari approfondimenti da eseguirsi durante la fase della stesura del progetto esecutivo.

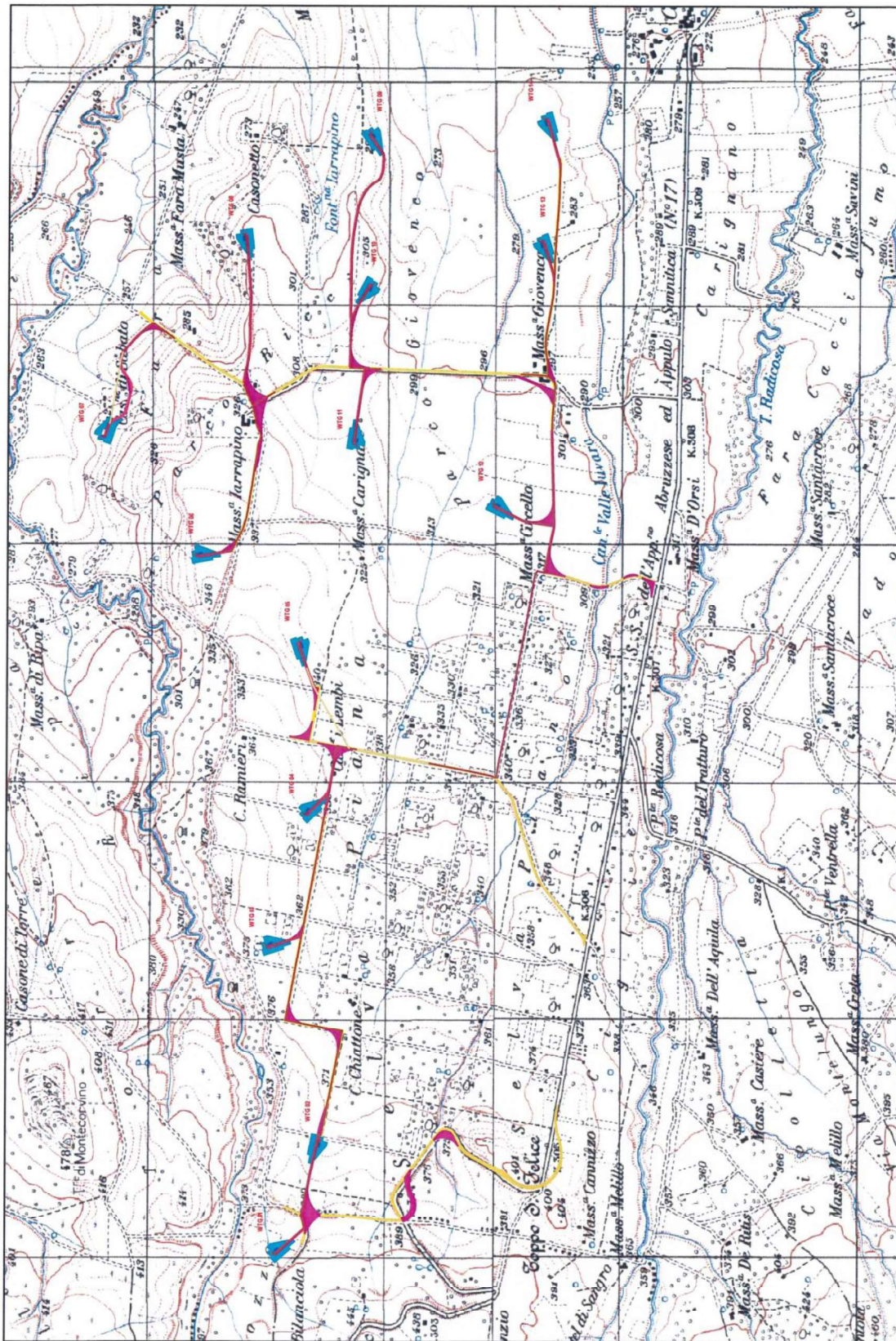
Tanto si doveva in espletamento dell'incarico ricevuto.

Bari, Luglio 2019

Dott. geol. Luigi Buttiglione



ALLEGATI



All.1 - Area impianto su Tavoleta IGM (scala 1:25.000)

