



SORGENIA RENEWABLES s.r.l.
Via A. Algardi n.4, 20148 Milano (MI)

**PROGETTO DEFINITIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO
RICADENTE NEL COMUNE DI FERRANDINA (MT),
IN LOCALITA' "SERRA SAN PIETRO" ED OPERE DI
CONNESSIONE NEL COMUNE DI GARAGUSO (MT)**



Via Napoli, 363/I - 70132 Bari - Italy
tel (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net

Azienda con Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Tecnico

Dott. Geol. Antonio De Carlo

Collaborazioni

Responsabile commessa

Dott. Ing. Danilo Pomponio

TAVOLA	TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA			
A.2.10	RELAZIONE DI MICROZONAZIONE SISMICA	21062	D			
REVISIONE		CODICE ELABORATO				
00		DC21062D-V34				
FOGLIO		SOSTITUISCE		SOSTITUITO DA		
1/1		CODICE ELABORATO		CODICE ELABORATO		
	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	NOME FILE	SCALA			
		DC21062D-V34.doc				
REV	DATA	MODIFICA		DISEGNATO	CONTROLLATO	APPROVATO
00	25/11/2022	Emissione	De Carlo	De Carlo	De Carlo	
01						
02						
03						
04						
05						

INDICE ANALITICO

1. PREMESSA	2
2. SISMICITA' STORICA DELL'AREA.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'AREA	8
4. INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO DELL'AREA	11
5. MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO	16
5.1 Definizione della pericolosità di base.....	16
5.2 Accelerogrammi per lo stato limite ultimo SLV	19
5.2.1 Area parco eolico Comune di Ferrandina.....	19
5.2.2 Area sottostazione elettrica Comune di Garaguso.....	22
6. RISPOSTA SISMICA LOCALE	26
6.1 Modelli litostratigrafici e sismostratigrafici dell'area parco eolico.....	28
6.2 Modello litostratigrafico e sismostratigrafico dell'area sottostazione elettrica	31
6.3 Analisi numerica monodimensionale	31
6.4 Aree parco eolico: analisi per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV.....	33
6.4.1 Parco eolico: Aerogeneratore A5 - MASW/Re.Mi. 1	34
6.4.2 Parco eolico: Aerogeneratore A6 - MASW/Re.Mi. 2	40
6.4.3 Parco eolico: Aerogeneratore A7 - MASW/Re.Mi. 3	45
6.4.4 Parco eolico: Aerogeneratore A3 - MASW/Re.Mi. 4	50
6.4.5 Parco eolico: Aerogeneratore A8 - MASW/Re.Mi. 5	55
6.5 Area sottostazione: analisi per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV.....	60
6.5.1 Sottostazione elettrica - MASW/Re.Mi. 6: analisi per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV.....	60
7. CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO E CONCLUSIONI	65

ALLEGATI:

01: CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICAEOLICO

1. PREMESSA

Per incarico ricevuto dalla Società Sorgenia Srl lo scrivente ha provveduto a condurre lo studio sulla pericolosità sismica locale mediante un approccio di tipo quantitativo (Microzonazione Sismica di III livello) relativamente all'areale interessato dal **Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT), in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)**.

Nel presente studio saranno pertanto trattate le modificazioni del modo sismico dovute a condizioni litologiche e morfologiche in corrispondenza dell'area di interesse del parco eolico e della stazione elettrica. Più in dettaglio saranno fornite le *quantificazioni numeriche di tipo 1D (non sono state riscontrate particolari condizioni stratigrafiche o geomorfologiche sepolte da trattare con analisi numeriche 2D) delle amplificazioni locali ottenute mediante l'utilizzo di specifici codici di calcolo; in particolare sarà definito lo spettro di scuotimento e di risposta a partire dalle caratteristiche della sorgente e del sottosuolo e saranno effettuate stime probabilistiche della pericolosità sismica, trattati gli spettri di risposta a pericolosità costante e definito il moto di riferimento.*

Il presente studio è redatto secondo le direttive della vigente normativa nazionale emanate nel **D.M. del 17-01-2018 "Norme tecniche per le costruzioni"** e **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 del C. S. LL. PP.** – Istruzioni per l'applicazione dell' *"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"*; e regionale emanate nella **Delibera Consiglio Regionale n. 575 del 4 agosto 2009** -Istruzioni tecniche per l'applicazione del *"Regolamento per l'esecuzione dei controlli – Regolamento di attuazione della L.R. n. 38 del 06 agosto 1997 – Norme per esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico"* e **L.R. n. 9 del 07 giugno 2011 "Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica"**.

2. SISMICITA' STORICA DELL'AREA

La sismicità dell'Appennino campano-lucano presenta una attività sismica tra le più importanti dell'intera penisola sia in termini di intensità che di frequenza di eventi sismici. I dati di sismicità storica e strumentale, desunti dalla letteratura, sono concordi nell'indicare che il settore dell'Appennino campano-lucano, è attualmente in fase di deformazione sismica attiva (AMATO & MONTONE, 1997; FREPOLI & AMATO, 2000a e b; GASPARINI et al., 1985; MONTONE et al., 1997 e 1999) ed è concentrata in una fascia che corre a cavallo della catena di larghezza pari a 30-40 km. L'Appennino campano-lucano, negli ultimi anni, è stato caratterizzato da alcune sequenze sismiche significative che hanno colpito la zona del potentino (maggio 1990 e maggio 1991), l'area settentrionale del Pollino (settembre 1998) e l'area del Melandro-Pergola (aprile 2002). Questa porzione di catena presenta una diversa distribuzione dell'attività sismica che contraddistingue ciascun dominio geologico-strutturale del territorio lucano. Si ha una scarsa sismicità nella porzione orientale (fossa Bradanica fino al Mar Ionio) ed una predominanza di eventi nella zona di catena, con relativi addensamenti in tre distinte aree: area potentina (a nord-est); zona irpina (a nord-ovest) ed area del pollino (a sud).

Negli ultimi tre secoli l'Appennino campano-lucano è stato caratterizzato da una considerevole attività sismica espressa da ben otto terremoti che possono essere paragonati all'energia liberata dal terremoto dell'Irpinia (23/11/1980). Dal Catalogo dei Forti Terremoti Italiani (BOSCHI et al., 1995; 1997) ed dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (BOSCHI et al., 1999) per un arco di tempo complessivo di mille anni si evince che l'Appennino lucano è caratterizzato da numerosi terremoti distruttivi e che comprende le zone sismicamente più attive d'Italia sia per frequenza sia per l'elevata intensità degli eventi. Complessivamente l'area è stata colpita da 71 eventi di cui 15 con $M \geq 5.5$ pari al 20% della sismicità storica complessiva, mentre dal XIX secolo fino alla fine del Catalogo sono accaduti 9 eventi di $M \geq 5.5$.

Della sismicità storica di Ferrandina, Garaguso ed in generale della Basilicata, vi è traccia nella memoria collettiva e in numerosi documenti, che confermano la distruzione di molti centri abitati, anche se vi sono "buchi storici" che certamente non corrispondono a periodi di "quiete sismica". Infatti, nel data-base dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (che archivia gli eventi verificatisi in Italia a partire dal 1450 a.C.), è riportato il primo sisma, con epicentro in Basilicata, soltanto nel 300 d.C. (terremoto di Atella, nel Vulture), con un salto di circa 1000 anni rispetto all'evento successivo, accaduto a Potenza, nel 1273.

Un nuovo evento sismico avvenne nel luglio del 1561 (indicato impropriamente come terremoto di

Vallo di Diano), che interessò il potentino, causando danni molto limitati.

Si ha inoltre notizia di due grandi terremoti in Basilicata nel 1683, uno dei quali il 23 agosto. Non si conosce la data del secondo, né si hanno dati certi sulle zone colpite.

Del grande terremoto del 1694, osservando la mappa con le isosisme, è importante vedere come questo evento sia l'esatta fotocopia di quello occorso 286 anni dopo, nel novembre 1980 (e forse anche di quello del 1990). Il 1° febbraio 1826 un altro forte terremoto colpì il potentino, tra Potenza e Tito (ove probabilmente va localizzato l'epicentro). Il terremoto del 14 agosto 1851 interessò tutta la Basilicata provocando 671 morti. Di gran lunga più rovinoso fu il terremoto del 1857, per gravità di fenomeni, durata e frequenza di scosse, estensione di centri urbani colpiti (tra cui Potenza), copia incalcolabile di danni, numero di morti e di feriti.

Il più recente terremoto del 23 novembre 1980, che colpì l'Irpinia e la Basilicata, al pari dell'evento sismico del 1857, è da annoverarsi tra quelli più catastrofici, come magnitudo e come danni provocati.

L'esigenza di poter avere opportuni strumenti di rilevamento e di controllo fu particolarmente sentita solo dopo il terremoto del 1980, quando, dopo la sequenza principale con epicentri in Irpinia (ma al confine con la Basilicata), si sviluppò un'intensa attività residua localizzata anche nella nostra regione, fino a quel momento completamente scoperta da qualsiasi tipo di monitoraggio sismico.

La nuova crisi sismica del successivo decennio, verificatasi in prossimità del capoluogo lucano, a partire dal 5 maggio del 1990, ha poi messo in luce una peculiare sismicità della zona circostante il capoluogo, evidenziando tipiche caratteristiche sismogenetiche dell'area, precedentemente del tutto sconosciute.

L'evento del 26 maggio 1991, consentendo l'avvio di una fase di ricerca completamente innovativa, che ha poi portato all'individuazione di una particolare sismicità locale che, a partire dal già citato evento del 1273 in prossimità di Potenza (forse lungo la valle del Basento, e quindi chiaramente in corrispondenza della stessa zona sismogenetica), rappresenta uno specifico aspetto del problema sismico nell'area circostante il capoluogo regionale.

Geo-localizzando gli eventi osservati, si evidenzia un allineamento orientato secondo l'asse Est-Ovest (definito antiappenninico), invece di seguire la direzione già nota delle faglie principali appenniniche, vale a dire N-W/S-E, alle quali era attribuita la "responsabilità" di tutti i sismi.

La sismicità storica di Ferrandina e Garaguso è stata ricavata dalla consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) e del Database Macrosismico Italiano (DBMI15). In particolare, il CPTI15 fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale

1000-2014; il DBMI15 è costituito da un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014; l'intensità è da riferirsi alla scala Mercalli modificata, basata sull'osservazione degli effetti superficiali causati dal terremoto.

Le tabelle e i grafici che seguono, riassumono la sismicità storica che hanno interessato direttamente il Comune di Ferrandina e Garaguso. I dati sono stati reperiti al seguente indirizzo: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>

Ferrandina

PlaceID	IT_63413
Coordinate (lat, lon)	40.495, 16.457
Comune (ISTAT 2015)	Ferrandina
Provincia	Matera
Regione	Basilicata
Numero di eventi riportati	20

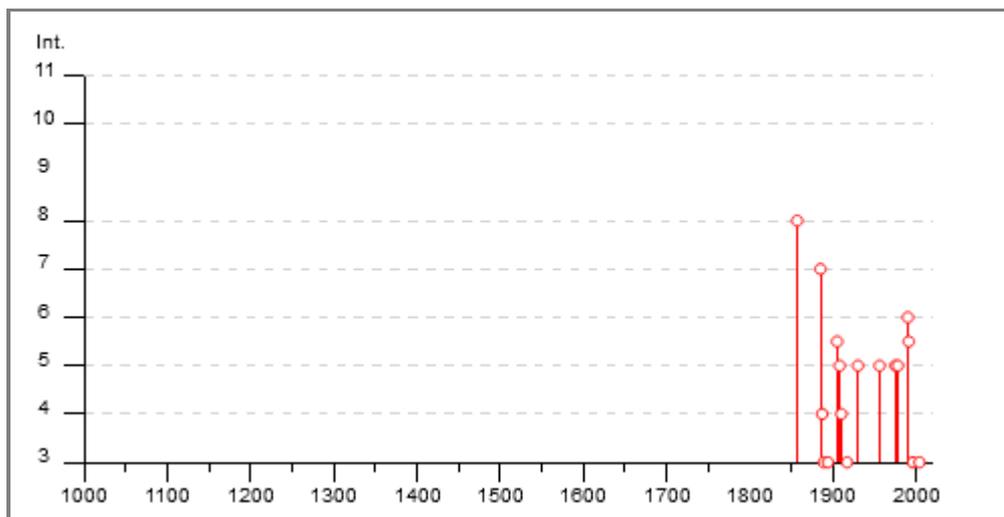


Figura 1: Diagramma della storia sismica di Ferrandina (Fonte DBMI15)

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
7	1885	12	24	10	50		Basilicata	7	6-7	5.09
4	1887	12	03	03	45		Calabria settentrionale	142	8	5.55
3	1889	12	08				Gargano	122	7	5.47
3	1894	05	28	20	15		Pollino	122	7	5.01
5-6	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
5	1908	03	26	13	49		Materano	21	5	4.31
4	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
2	1913	06	28	08	53	0	Calabria settentrionale	151	8	5.64
3	1917	06	12	18	44		Golfo di Taranto	11	4-5	5.35
5	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
2	1932	03	30	09	56	2	Bassa Murgia	28	5	4.54
5	1956	01	09	00	44		Materano	45	6	4.72
5	1975	06	19	10	11		Gargano	61	6	5.02
5	1978	09	24	08	07	4	Materano	121	6	4.75
6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
5-6	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
3	2004	09	03	00	04	1	Potentino	156	5	4.41
NF	2006	06	22	19	34	5	Costa calabra settentrionale	161		4.70

Figura 2: Valori tabellari della storia sismica di Ferrandina (Fonte DBMI15)

Garaguso

PlaceID IT_63417
 Coordinate (lat, lon) 40.548, 16.227
 Comune (ISTAT 2015) Garaguso
 Provincia Matera
 Regione Basilicata
 Numero di eventi riportati 16

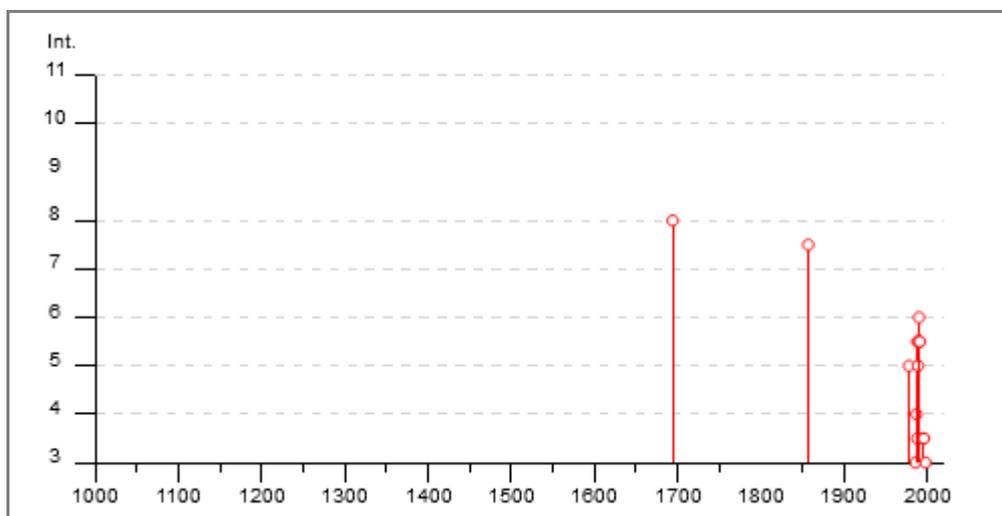


Figura 3: Diagramma della storia sismica di Garaguso (Fonte DBMI15)

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
7-8	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
5	1978	09	24	08	07	4	Materano	121	6	4.75
3	1986	07	23	08	19	5	Potentino	48	6	4.61
4	1987	01	28	05	33	2	Potentino	62	5	4.54
3-4	1988	01	08	13	05	4	Pollino	169	7	4.70
5-6	1988	04	13	21	28	2	Golfo di Taranto	272	6-7	4.86
5	1989	05	29	11	19	1	Appennino lucano	77	5	4.34
6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
5-6	1990	08	28	19	02	5	Potentino	84		4.21
5-6	1991	04	18	19	24	0	Piana di Metaponto	26		4.13
5-6	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3-4	1995	05	29	20	44	2	Val d'Agri	103	5	4.18
3-4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
3	1998	04	26	05	38	0	Potentino	67	4-5	3.76
NF	2006	06	22	19	34	5	Costa calabrese settentrionale	161		4.70

Figura 4: Valori tabellari della storia sismica di Garaguso (Fonte DBMI15)

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'AREA

L'area in esame ricade ai margini del bacino di sedimentazione dell'Avanfossa Bradanica, nel settore esterno dell'Appennino Meridionale generato mediante la propagazione di thrusts a progradazione normale, con geometrie di tipo flat-ramp, e di thrusts fuori sequenza.

Assieme al *peripheral bulgedelle Murge* (Avampaese Apulo) costituisce l'espressione e l'effetto strutturale della subduzione litosferica della piattaforma Apula al di sotto della catena Appenninica.

Lo stile tettonico della catena è riferibile ad un sistema duplex, in cui un complesso di thrust sheets carbonatici, derivanti dalla deformazione dell'avampaese apulo, è sepolto al di sotto di una serie di coltri di ricoprimento, derivanti dalla deformazione dei domini di piattaforma e di bacino in posizione interna (occidentale) rispetto alla piattaforma apula.

Il segmento di catena in esame è disseccato da sistemi di faglie (dirette e inverse) prevalentemente ad andamento NW-SE, NE-SW e W-E.

L'evoluzione geodinamica della Fossa Bradanica, secondo Casnedi (1988), ha visto l'attivazione progressiva verso l'esterno di faglie inverse che mutano, nei fianchi interni, in sovrascorrimenti e scivolamenti gravitativi. La migrazione e la progradazione dei terreni alloctoni ha concorso allo spostamento di quelli torbiditici, verso l'esterno. Le depressioni più interne vengono colmate, strutturate da faglie longitudinali e quindi molto allungate in senso NO-SE

Pertanto, i principali sistemi di faglie dirette ad andamento NW-SE che dissecano i settori occidentali della catena si sono attivati, prevalentemente, come risposta all'apertura del Bacino tirrenico, mentre quelli che dissecano il margine esterno della catena si sono attivati probabilmente per effetto del rebound della litosfera della placca adriatica a seguito del distacco dello slab in subduzione con conseguente sollevamento dei settori esterni della catena. In corrispondenza di questi sistemi di faglia si concentrano gli epicentri dei terremoti che in epoca storica e recente hanno colpito l'Italia meridionale.

Per quel che riguarda i sistemi di faglie ad andamento W-E si ipotizza che si siano attivati in un regime tettonico distensivo connesso all'apertura dell'oceano tetideo e che oggi siano attivi come risposta alla convergenza tra le placche adriatico-africana ed europea.

3.1 FAGLIE ATTIVE E CAPACI

In generale per faglia attiva e capace, si intende una Faglia Attiva e Capace di rompere la superficie topografica (FAC).

In accordo con quanto stabilito negli ICMS (Gruppo di lavoro MS, 2008), è considerata attiva una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-

Olocene), ed è considerata capace una faglia attiva che raggiunge la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno. Questa definizione si riferisce al piano di rottura principale della faglia (piano su cui avviene la maggiore dislocazione).

Le FAC possono essere classificate in due categorie in funzione delle incertezze nella loro identificazione:

CATEGORIA (FAC_x) ¹	DEFINIZIONE DELLA FAC_x	NOTE ESPLICATIVE
FAC_a	Certa e definita	Il piano di rottura principale e fenomeni cosismici ad essa collegati sono riconosciuti con certezza. In questa categoria sono comprese anche le strutture tettoniche secondarie e le zone di trasferimento tra segmenti distinti di una faglia attiva e capace.
FAC_b	Incerta	Gli elementi che compongono una faglia attiva e capace e i fenomeni cosismici collegati non sono cartografabili con certezza e/o dettaglio, per assenza di dati o perché non possono essere identificati (zone di trasferimento, gap, erosione, coperture, ecc.).

Figura 5: Definizioni di Faglie Attive e capaci (Fonte ICMS,2008)

È da sottolineare che una stessa faglia attiva e capace può avere dei tratti differenziati e classificati come FAC_a e FAC_b.

Le Faglie Potenzialmente Attive e Capaci (FPAC), sono identificate con l'ausilio di dati di letteratura o durante i rilievi di terreno per la redazione della carta geologico tecnica, non è prevista alcuna zonazione nella carta MS1.

Nel livello 3 tali faglie verranno investigate con indagini appropriate al fine di identificarne l'eventuale attività negli ultimi 40.000 anni, oltre che definirne con certezza la geometria. Dal database delle sorgenti sismiche, l'istituto di geofisica e vulcanologia ha redatto una mappa con le ubicazioni delle diverse sorgenti sismiche distribuite per tipologia per un ampio raggio intorno all'area oggetto di studio. Dalla consultazione del catalogo ITHACA, **non si evince la presenza di faglie attive e capaci nei dintorni delle aree di interesse progettuale.**

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

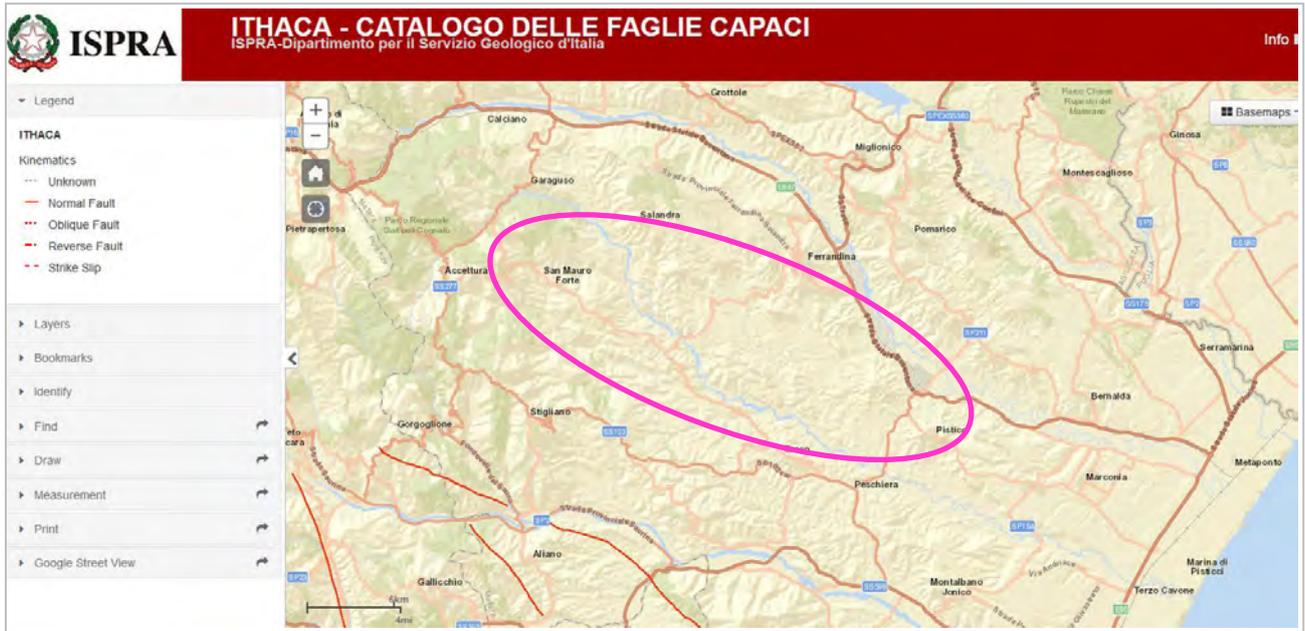


Figura 6: Carta delle faglie attive e capaci del catalogo Ithaca con individuazione dell'area in studio (cerchio magenta)

4. INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO DELL'AREA

L'area oggetto di studio ricade all'interno del Foglio 200 "Tricarico" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) ed i depositi che vi affiorano fanno parte del ciclo deposizionale plio-pleistocenico dell'Avanfossa Bradanica, serie regressiva e trasgressiva sui Calcari di Altamura e sui Flysch della Catena Appenninica.

La Fossa Bradanica è un bacino di sedimentazione plio-pleistocenico (3-1,5 Ma) compreso tra la catena appenninica meridionale ad ovest, ed il Gargano e le Murge ad est. La fisiografia di quest'area di sedimentazione è definita ad occidente da un margine interno, a sedimentazione silicoclastica, e a oriente da un margine esterno, a sedimentazione carbonatica. Il primo è costituito dai *thrust* attivi appenninici che deformano unità, prevalentemente terziarie, già accavallatesi sui depositi di avanfossa pliocenici autoctoni, ed è caratterizzato da una parte interna (con una zona emersa ed una sommersa, rappresentata da una ristretta piattaforma), ad alto gradiente ed in sollevamento, e da una parte esterna, costituita da scarpata e da bacino, in forte subsidenza. Per questi motivi il margine interno è interessato da alti tassi di sedimentazione silicoclastica.

In questo quadro paleogeografico si è formato il complesso di sedimenti che costituisce la nota successione della Fossa Bradanica. Questa è costituita da depositi le cui litologie, facies e spessori variano in funzione della loro posizione rispetto ai due margini sopra descritti e che possono schematicamente essere ricondotti a:

- successioni silicoclastiche connesse al margine occidentale del bacino.
- successioni carbonatiche connesse al margine orientale del bacino.
- successioni silicoclastiche e miste di colmamento del bacino.

Le successioni silicoclastiche sono essenzialmente costituite da notevoli spessori di sedimenti siltoso-argillosi con livelli sabbiosi (Argille subappennine), all'interno dei quali si rinvencono isolati corpi ghiaiosi deltizi (Conglomerato di Serra del Cedro).

Le successioni carbonatiche sono rappresentate dalla nota unità della Calcarenite di Gravina, costituita da biocalcareniti e biocalciruditi intrabacinali e/o da calciruditi terrigene. Queste passano in alto, per alternanze, alle Argille Subappennine. Le due unità ora descritte costituiscono i termini trasgressivi della successione della Fossa Bradanica, dovuti al lento e progressivo annegamento della rampa regionale e all'approfondimento batimetrico del bacino.

Le successioni silicoclastiche e miste di colmamento rappresentano la parte alta del ciclo sedimentario bradanico e sono costituite da unità sabbiose e conglomeratiche silicoclastiche e/o

miste. Queste poggiano stratigraficamente sulle Argille subappennine, con passaggio graduale e rapido o con contatto erosivo, e sono denominate Sabbie di Monte Marano, Calcareniti di Monte Castiglione, Sabbie dello Staturo e Conglomerato di Irsina. Nel complesso tali successioni rappresentano i termini regressivi bradanici, legati alla successiva fase di emersione dell'avanfossa.

Riguardo all'assetto dei depositi bradanici, seguendo una sezione trasversale allo sviluppo del bacino, risulta che i corpi sedimentari del margine ovest sono inclinati ($25/30^\circ$) verso l'asse e tendono gradualmente all'orizzontalità superato l'asse del bacino. Gli altri sedimenti (parte alta delle Argille subappennine, Calcarenite di Gravina ed il complesso dei depositi regressivi) presentano assetto orizzontale e se mostrano deboli immersioni (10°) verso l'asse, queste sono dovute a tettonica sin-sedimentaria.

Nell'entroterra dell'arco ionico, infine, affiorano estesamente depositi terrazzati sabbioso - conglomeratici, trasgressivi sui depositi argillosi plio- pleistocenici, riferiti a sette brevi cicli sedimentari di età da siciliana a versiliana; tali depositi, che mostrano spessori esigui, poggiano su superfici di abrasione poste a quote progressivamente decrescenti verso il Mar Ionio.

Le caratteristiche peculiari delle formazioni, come anche riportato nella Carta Geologica in scala 1:5000 (elaborato A.2.15) e schematizzato nell'elaborato Profili Geologici (A.2.18) sono, dall'alto verso il basso stratigrafico, quelle di seguito descritte:

a) **Depositi Alluvionali attuali del Torrente Salandrella** (*Attuale*)

Rappresentano i materiali rilevabili all'interno dell'alveo del Torrente Salandrella e depositi dallo stesso corso d'acqua durante la sua dinamica fluviale. Sono costituiti da sedimenti provenienti dall'erosione delle formazioni affioranti in gran parte dell'area di alimentazione del bacino imbrifero dello stesso torrente e si presentano sciolti, ghiaiosi con ciottoli eterometrici e poligenici, arrotondati, e sabbie grossolane grigiastre con limo spesso sotto forma di corpi lenticolari ed in eteropia di facies. Si presentano generalmente ben addensati, non plastici e sono rilevabili per la maggior parte sotto il pelo libero dell'acqua del fiume.

b) **Depositi Alluvionali recenti del Torrente Salandrella** (*Recente*)

Rappresentano i terreni di fondazione della SSE in progetto. Si tratta di materiale alluvionale depositato dal corso d'acqua dal Pleistocene nell'antica piana alluvionale. Affiorano praticamente in tutto il sito di sedime. Risultano essere costituiti da successioni eteropiche di limi ed argille, originatesi per fenomeni di decantazione nella allora piana alluvionale, conseguentemente ad episodi di alluvionamento, e di depositi ghiaiosi in matrice argilloso-limosa e/o sabbiosa, con ciottoli calcarei

calcareo-marnosi e silicei provenienti dall'erosione delle formazioni affioranti in gran parte dell'area di alimentazione del bacino imbrifero del Torrente Salandrella. I materiali di che trattasi, molto spesso si presentano sotto forme lentiformi con la prevalenza o della frazione limo-argillosa o di quella ghiaiosa. Anche granulometricamente la frazione prevalente è alquanto variabile da punto a punto con la prevalenza o subordinazione della ghiaia, del limo, della sabbia e dell'argilla. Da un punto di vista litotecnico è possibile differenziare i depositi alluvionali, in questo settore dell'asta torrentizia, in due facies:

1) **Facies Limoso-Argillosa**

In questo gruppo vengono associate le alluvioni costituite da limi ed argille organiche. Più in dettaglio, trattasi di limi con argilla con sostanze organiche diffuse e/o zone torbose. La granulometria generalmente presenta come frazione prevalente il "limo" con sensibili percentuali di "argilla" (> 15%) e code nel campo della "sabbia". Si tratta generalmente di terreni a bassa consistenza, di colore marroncino o grigiastro se carotate in profondità, plastiche con microstrutture di laminazione. A luoghi si rinvencono lenti di sabbie limose o livelletti di ghiaietto.

2) **Facies Sabbioso-Ghiaiosa:**

Si tratta di livelli di sabbie limose e sabbie argillose e ghiaiose grossolane o medio fini con ciottoli sparsi e/o livelli lenticolari di ghiaie in matrice limosa. Sono possibili eteropie di facies sia lungo la verticale che in orizzontale. Le proprietà geomeccaniche variano in relazione alla componente preponderante, con valori di deformazione crescenti e, quindi, parametri geotecnici (coesione e attrito interno) minori all'aumentare della frazione argilloso-limosa.

Alla luce delle considerazioni appena fatte, nell'ambito della superficie di appoggio del corpo fondazioni possono affiorare localmente in modo differente livelli limoso-argillosi o livelli più grossolani costituiti da sabbie o limi che fanno da matrice ad un materiale ghiaioso. Questo contesto implica un marcato carattere di eterogeneità ed anisotropia sia verticale che orizzontale in senso litologico e fisico-meccanico che si potrebbe esplicare con un pericoloso comportamento differenziale delle fondazioni se non ben progettate.

c) **Argille Subappennine (Pliocene - Calabriano)**

Per la maggior parte del parco eolico (**Aerogeneratori A1 – 2 – 3 – 4 – 6 – 8 – 10 - 11**) i terreni di sedime sono rappresentati da facies in prevalenza limoso-argillose, contenenti numerosi orizzonti con resti faunistici di mare basso. In generale questi litotipi sono caratterizzati da una grande omogeneità laterale e verticale e sono costituiti da alternanze di strati e livelli di limo argilloso, di argille limose

grigio-chiare e di sabbie-argillose sottilmente stratificate e generalmente laminate, cui si intercalano straterelli siltosi o argilloso-siltosi caratterizzati di norma da una laminazione parallela. A più altezze si rinvencono corpi lenticolari, di spessore inferiore al metro, costituiti da microconglomerati a matrice sabbiosa, gradati e talora amalgamati. Non di rado si intercalano strati decimetrici di siltiti ed arenarie. Granulometricamente affiora come un'alternanza di livelli costituiti da argille sabbiose o limose oppure da limi-argillosi con sabbia. A luoghi in questi livelli prevale esclusivamente la componente pelitica o quella sabbiosa. Gli orizzonti argillosi si presentano molto coesivi, consistenti e per niente plastici, mentre quelli sabbiosi affiorano ben addensati. Abbondanti sono le intercalazioni di resti fossiliferi carbonatici. La struttura dell'insieme è tale da far ritenere verosimilmente che questi terreni siano stati interessati da forti sollecitazioni meccaniche, anche di tipo ciclico, originate da varie fasi tettoniche. Nella massa sono distinguibili discontinuità primarie connesse alle fasi di deposizione dei sedimenti, quali le superfici di strato, e discontinuità secondarie prodotte da sollecitazioni successive alla deposizione, quali giunti e fessure a geometria discontinua. Queste ultime sembrano per lo più dovute a sforzi di taglio e non di trazione. Lo spessore totale dell'Unità pliocenica in parola si aggira sui 100-metri circa. **Da un punto di vista applicativo i terreni appena descritti saranno indicati come Substrato s.s. (Litofacies Argillosa-Siltosa).**

I livelli più superficiali che si presentano alterati, invece, saranno definiti come Substrato alterato (Litofacies Argillosa-Siltosa alterata): rappresenta il prodotto dell'alterazione chimica del substrato in posto, dei processi morfoevolutivi che marcatamente hanno interessato nei tempi non solo l'area in parola, ma buona parte dei versanti in cui affiora tale unità litologica. E' costituito da argille limose e limi argillosi debolmente sabbiosi di tonalità giallastro-marroncina per alterazione con venature grigiastre e brunastre. A luoghi si rilevano intercalazioni di livelli limosi di colorazione brunastra. Sono stati anche rilevati resti carboniosi e frammenti fossiliferi carbonatici. Sono stati anche rilevati resti carboniosi e frammenti fossiliferi carbonatici. Pur risultando alterati e granulometricamente eterogenei con percentuali di argilla non trascurabili, questi materiali affiorano ben addensati, discretamente compatti, mostrando una compressibilità e plasticità medio-bassa. Questi caratteri migliorano sensibilmente all'aumentare della profondità. Caratteristica peculiare è la fessurazione strutturata in reticoli che ripartiscono il terreno in blocchi e zolle. Tali caratteristiche influiscono, come noto, non solo sulla permeabilità, quanto sul comportamento meccanico.

A copertura dei terreni di substrato, a luoghi sono stati rilevati lembi di **Terrazzi Alluvionali** dello spessore variabile da 1.00 al massimo di 10.00 m, costituiti da sabbie limose a cui si intercalano livelli ghiaiosi. Le caratteristiche litotecniche di questi materiali sono buoni, in quanto si presentano ben

addensati, non compressibili e non plastici. Questi ultimi terreni sono il sedime di fondazione della turbina A5 e A9.

d) **Formazione di Serra Palazzo** (*Serravalliano Sup. - Tortoniano Sup.*)

Lambisce a luoghi il cavidotto. E' costituita da alternanze di calcilutiti bianche sottilmente stratificate, argille ed argille siltose laminate, marne argillose, marne calcaree con intercalazioni di calcareniti, a grana media e calciruditi bioclastiche in strati decimetrici canalizzati e con base erosiva, organizzati in corpi lenticolari spessi da 60 cm a 10 metri. La facies è riferibile ad un ambiente pelagico a sedimentazione torbidity, prossimo alla base di una scarpata. Lo spessore affiorante varia tra 50 metri e 250 metri.

Di seguito si riporta lo stralcio del Foglio 200 "Tricarico" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100000) in cui vengono mostrati il terreno di sedime del parco eolico, il cavidotto e la sottostazione (Fig 07).

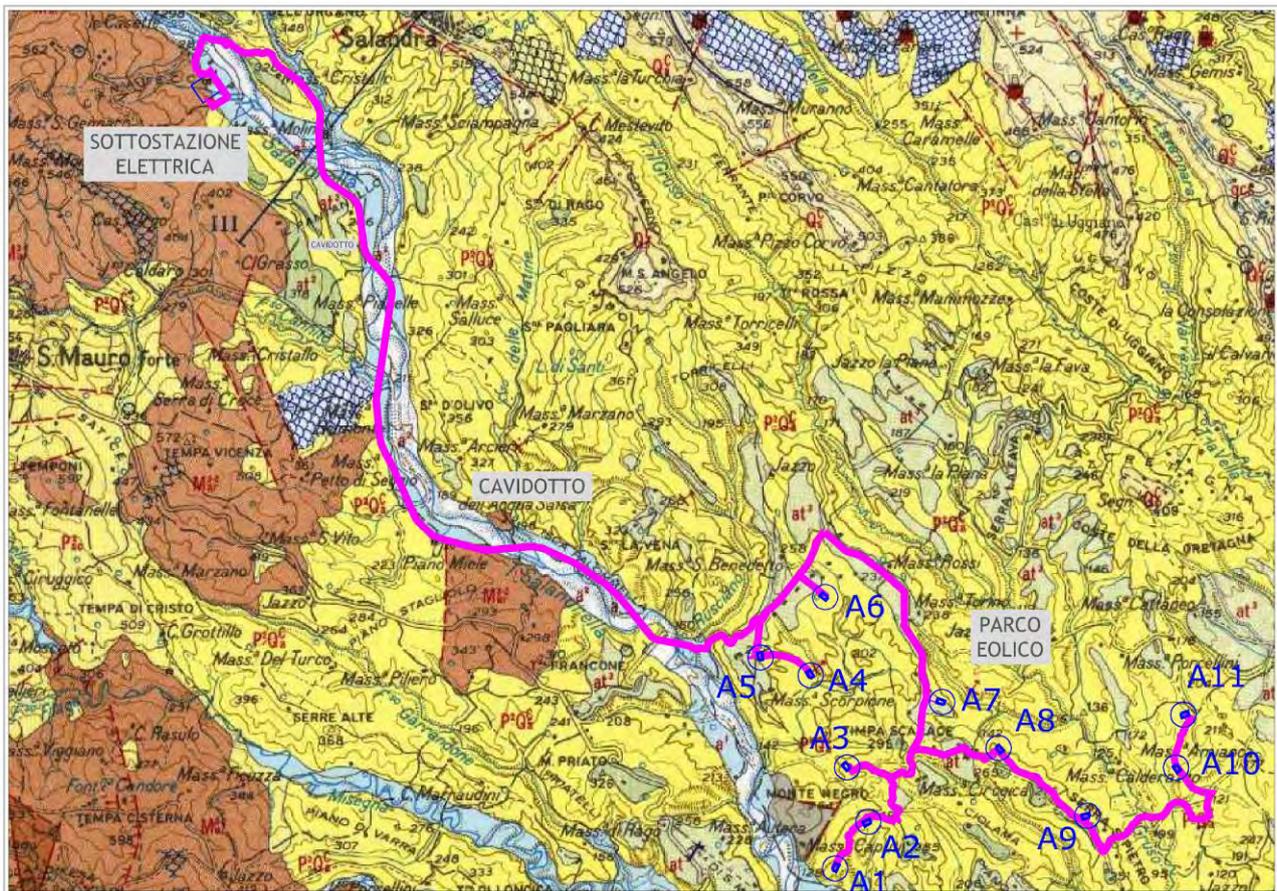


Figura 7: Carta Geologica dell'area interessata dal progetto

5. MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO

5.1 Definizione della pericolosità di base

La valutazione della risposta sismica locale mediante analisi numerica permette di definire una realistica risposta sismico-stratigrafica dei terreni. Questo approccio è ritenuto la via ufficiale delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018) che al Cap. 3.2.2 riportano: *“La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.”*

In determinati contesti sismostratigrafici e mediante il confronto con la relativa categoria di sottosuolo (Cap.3.2.2 delle NTC 2018), esso consente di individuare elementi di risparmio rispetto all'approccio semplificato di normativa (categorie di sottosuolo), poiché identifica l'amplificazione di sito per intervalli di periodi solitamente più limitati rispetto a quelli indicati dalla normativa.

Ai fini delle presenti norme, l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie (serve per analisi semplificate eseguite utilizzando abachi semplificati);
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie (è il risultato standard delle analisi di risposta sismica locale);
- accelerogramma (è un possibile risultato delle analisi di risposta sismica locale).

Sulla base di apposite analisi di risposta sismica locale si può passare dai valori in superficie, ai valori sui piani di riferimento definiti al punto 3.2.2 delle NTC 2018; in assenza di tali analisi l'azione in superficie può essere assunta come agente su tali piani.

Ogni struttura soggetta a moto sismico è fortemente influenzata dal suo contenuto in frequenza, cioè dalla distribuzione delle ampiezze in termini di frequenza, pertanto l'informazione derivante dalla rappresentazione in termini di spettro di una sollecitazione sismica è molto importante. Inoltre, utilizzando la rappresentazione in termini di serie di Fourier, è possibile trasformare agevolmente uno

spettro di accelerazione in spettro in velocità e successivamente in spettro di spostamento, mediante processi di integrazione. Nello spettro di risposta, infatti, è presente l'indicazione del comportamento delle strutture (il fattore di smorzamento che per lo spettro di risposta elastico è convenzionalmente pari al 5% (ξ), mentre uno spettro di Fourier rappresenta il contenuto spettrale di una sollecitazione solitamente riferita al terreno.

Di seguito verrà illustrata nel dettaglio l'approccio dell'analisi di risposta sismica locale eseguita sulla base delle informazioni emerse dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di realizzazione del parco eolico e della stazione elettrica ed elaborata per lo **stato limite ultimo SLV** così come contemplato dalla L.R. 09/2011.

Verranno esaminati tutti i passaggi necessari sia per la preliminare acquisizione dei parametri di input (sismici e geologico-tecnici), sia per la successiva analisi di risposta sismica locale.

L'intervento di progetto prevede la realizzazione di un parco eolico costituito da 11 aerogeneratori ricadenti nel Comune di Ferrandina (MT). e del cavidotto di connessione alla stazione elettrica, quest'ultima da realizzarsi nel Comune di Garaguso (MT). Trattandosi di opere di interesse pubblico e definite strategiche, la classe d'uso è IV (secondo la definizione del cap.2.4.2 del D.M. 17.01.2018), da cui deriva il coefficiente d'uso $C_u = 2,0$; la vita nominale V_N (numero di anni nei quali le opere devono poter essere utilizzate per lo scopo al quale sono destinate) è ≥ 50 anni; il periodo di riferimento V_r in base al quale vengono valutate le azioni sismiche sulle opere è di 100 anni:

Vita nominale	≥ 50 anni
Classe d'uso	IV
Coefficiente d'uso	2,00
Periodo di riferimento	≥ 100 anni

Tabella 1: Parametri di riferimento per la definizione dell'azione sismica

I dati di base per l'analisi numerica della RSL sono i seguenti:

- a) moto sismico di riferimento (accelerogramma) in corrispondenza della formazione rocciosa (bedrock sismico, alla base o affiorante) e parametri della pericolosità di base (PGA_{base} , Magnitudo, Distanza);
- b) modello geometrico del sottosuolo (stratigrafia, morfologia superficiale e sepolta, eventuali discontinuità);
- c) parametri geotecnici e geofisici dei terreni costituenti le varie unità omogenee (proprietà fisico-meccaniche da prove specifiche di laboratorio, profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo).

Per quanto riguarda la definizione del "moto sismico di riferimento" è stata utilizzata la procedura di seguito descritta. Dall'*Allegato I* alla L. R. 9 del 7 giugno 2011 sono stati selezionati i parametri descrittivi dell'azione sismica di base necessari per la definizione del terremoto di progetto (accelerogramma di input): PGA_{base} , Magnitudo, Distanza.

Infatti la Regione Basilicata con la Legge Regionale n° 9 del 7 giugno 2011 ha definito i propri parametri descrittivi delle condizioni di pericolosità sismica di base, fornendo per ogni Comune del territorio Regionale il valore relativo all'accelerazione massima attesa al suolo $PGA(g)$ e i dati di disaggregazione espressi sotto forma di coppia Magnitudo-Distanza. Di seguito i parametri forniti per il Comune di Ferrandina, sul cui territorio si svilupperà l'area del parco eolico e del Comune di Garaguso in cui verrà ubicata la sottostazione elettrica:

Comune	Zona sismica OPCM 3274	Nuova zonazione sismica	PGA subzona (g)	Magnitudo	Distanza (Km)
FERRANDINA	2	2d	0.175	5.2	5
GARAGUSO	2	2c	0.200	6.7	50

Tabella 2: Dati di disaggregazione del territorio comunale di Ferrandina e Garaguso (L.R. 07/06/2011 n°9)

Individuati tali parametri sono stati selezionati gli accelerogrammi di riferimento "spettro-compatibili e sismo-compatibili" registrati per le due macro aree prese in riferimento (area parco e area sottostazione elettrica), il cui uso è ammesso, come disposto dalla normativa (D.M. 17/01/2018), con le seguenti prescrizioni:

1. L'uso di accelerogrammi è ammesso a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito;
2. Gli accelerogrammi registrati devono essere selezionati e scalati in modo da approssimare spettri di risposta nel campo di periodi di interesse per il problema in esame;
3. Gli accelerogrammi possono essere scalati linearmente in ampiezza limitando il fattore di scala nel caso di segnali provenienti da eventi di piccola magnitudo;
4. Gli effetti sulla struttura sono rappresentati dai valori medi degli effetti più sfavorevoli ottenuti dalle analisi, se si utilizzano almeno 7 diversi gruppi di accelerogrammi, dai valori più sfavorevoli degli effetti, in caso contrario;
5. In nessun caso si possono adottare meno di tre gruppi di accelerogrammi.

Gli accelerogrammi presi in considerazione sono stati scelti mediante il software *REXEL v 3.3 beta* elaborato nel 2009 da Iervolino I. *et al.*, che permette di consultare banche dati relative a registrazioni accelerometriche in Italia ed in Europa e di selezionare automaticamente gruppi di accelerogrammi spettro compatibili da utilizzare per studi di RSL.

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Inserendo le condizioni di sito di classe "A" (le condizioni *free-field* sono imposte dalla normativa, cfr. par. 7.11.3.2. del D.M. 17/01/2018), l'accelerazione al suolo, la magnitudo e la distanza della sorgente sismogenetica per la "disaggregazione" dei dati, si ottengono 7 coppie di accelerogrammi per le due componenti orizzontali ortogonali le quali approssimano al meglio lo spettro di normativa.

Il gruppo dei sette accelerogrammi e le principali caratteristiche, per ogni stato limite considerato, sono riportati nei paragrafi seguenti.

5.2 Accelerogrammi per lo stato limite ultimo SLV

Gli accelerogrammi utilizzati nell'analisi lineari per lo stato limite ultimo SLV, selezionati attraverso il software Rexel, si riferiscono ad eventi sismici le cui caratteristiche sono riportate nei paragrafi seguenti.

5.2.1 Area parco eolico Comune di Ferrandina

FERRANDINA										
Waveform ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance	PGA_X [m/s ²]	PGA_Y [m/s ²]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	EC8 Site class
006335xa	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	15	1.2481	1.1322	0.1659	0.1083	A
006326ya	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	14	1.7476	1.1423	0.0966	0.1765	A
004675xa	South Iceland	17/06/2000	6.5	strike slip	13	1.2916	1.5325	0.1611	0.101	A
000242ya	Valnerina	19/09/1979	5.8	normal	5	1.5095	2.0121	0.0758	0.1401	A
000766xa	Umbria Marche	14/10/1997	5.6	normal	12	3.1863	3.3014	0.1081	0.1544	A
000825xa	Umbria Marche	07/10/1997	4.5	oblique	3	0.8573	0.9229	0.0222	0.0236	A
004674xa	South Iceland	17/06/2000	6.5	strike slip	5	3.1176	3.3109	0.6122	0.2377	A

Tabella 3: Caratteristiche degli eventi sismici selezionati mediante il software Rexel

Analizzando le componenti spettrali degli eventi selezionati, ed il relativo spettro medio risultante (Average spectrum), si nota una buona corrispondenza con lo spettro di normativa (Target spectrum):

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

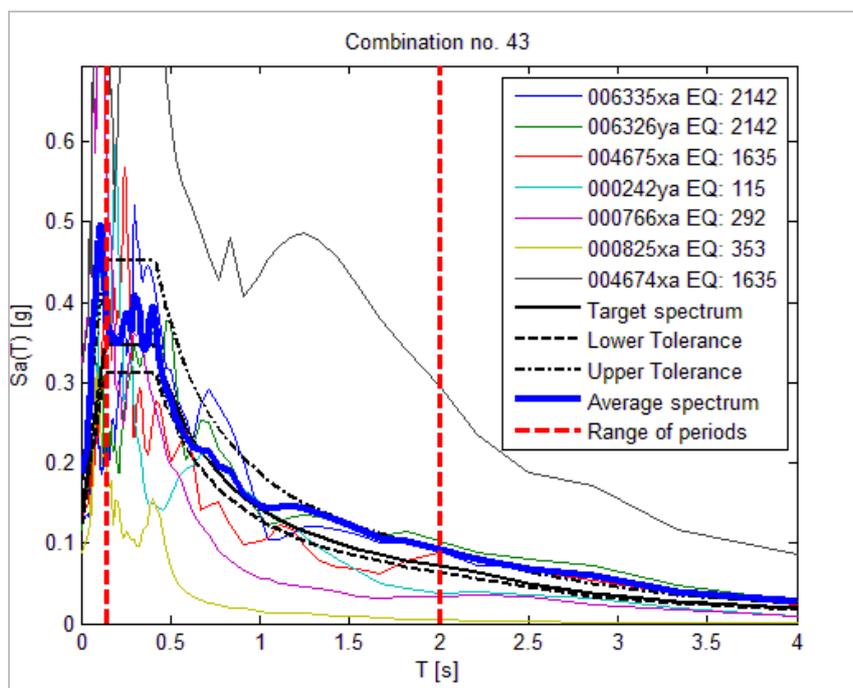
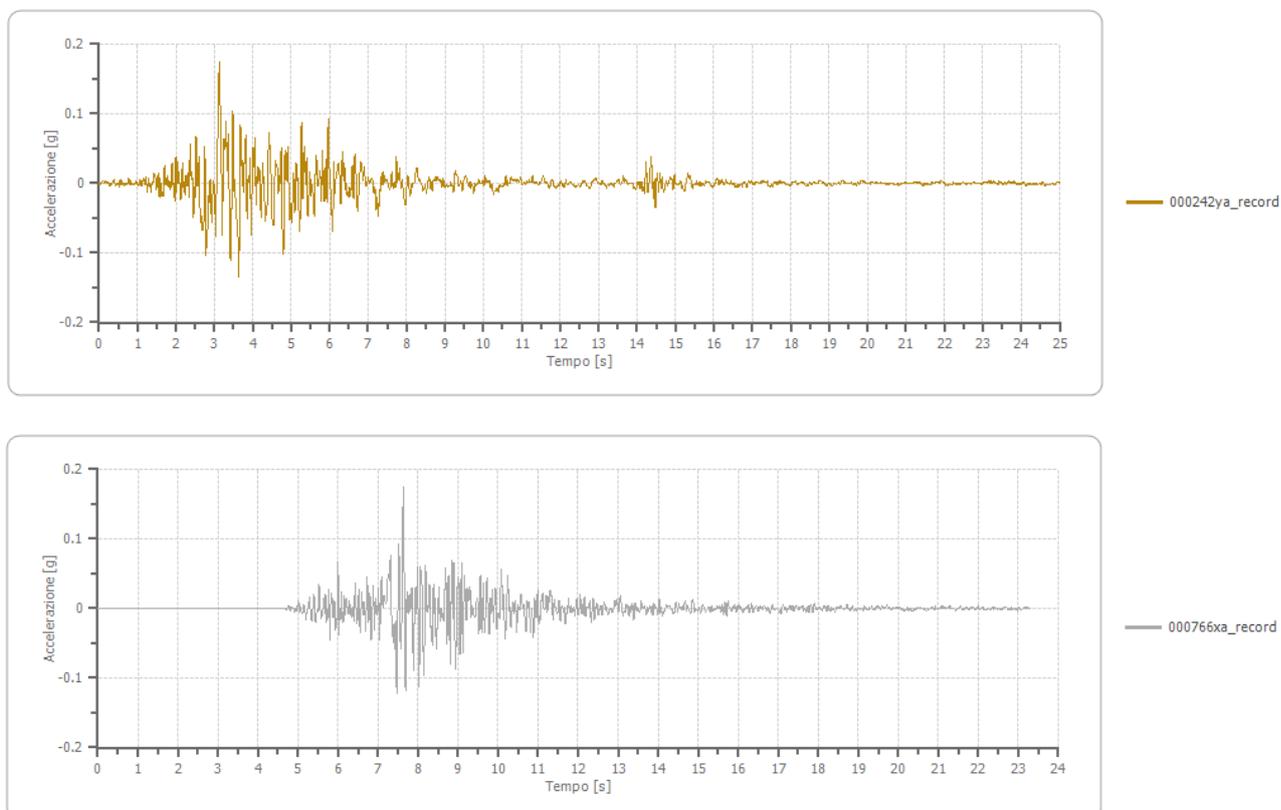


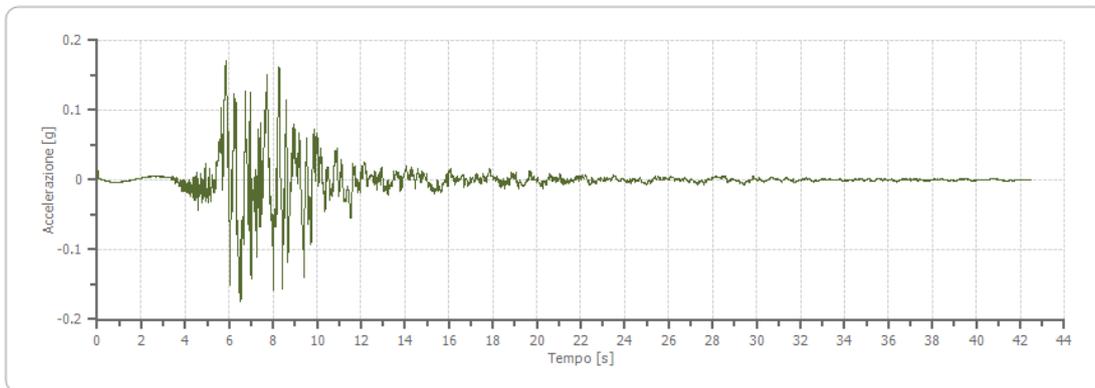
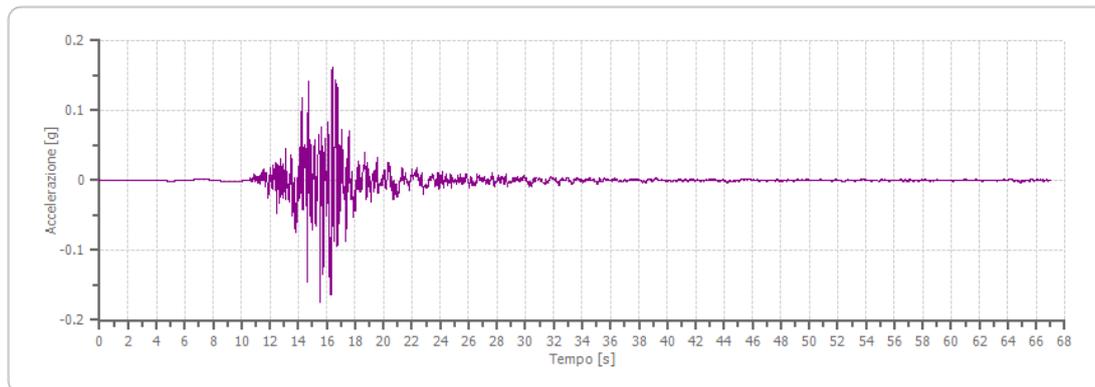
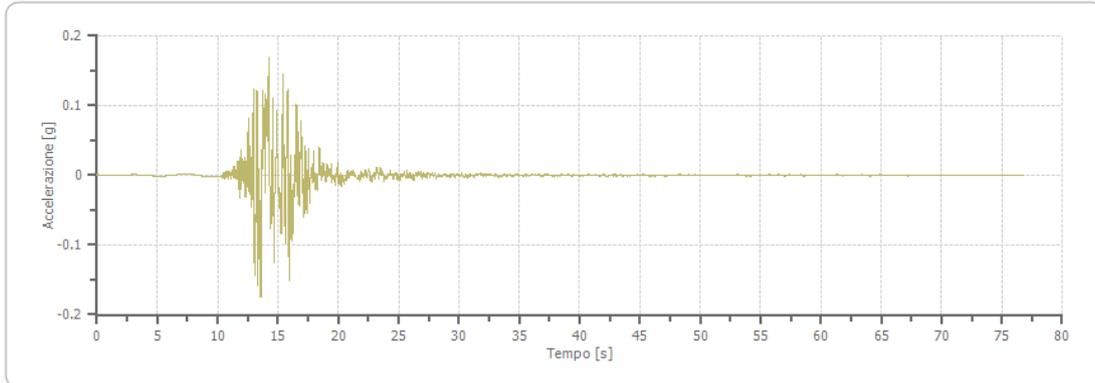
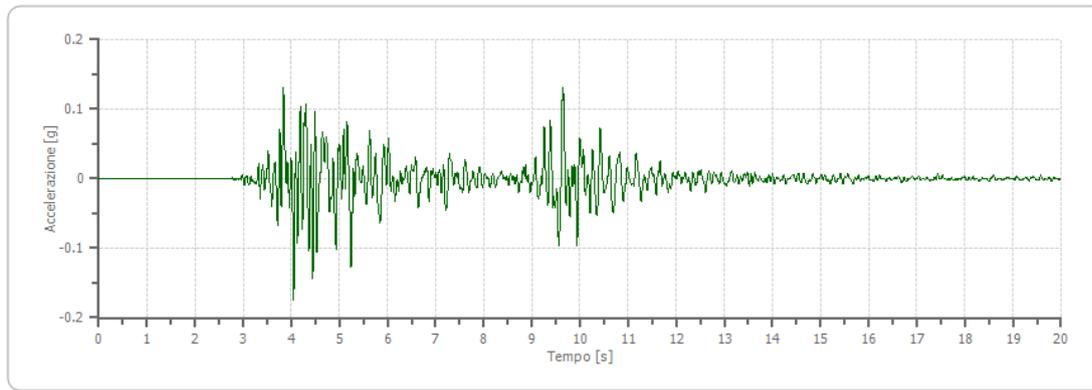
Figura 8: Componenti spettrali degli eventi selezionati

Gli accelerogrammi di input, opportunamente scalati al valore di a_g di progetto (0,175 g), e utilizzati nelle analisi numeriche sono di seguito riportati:



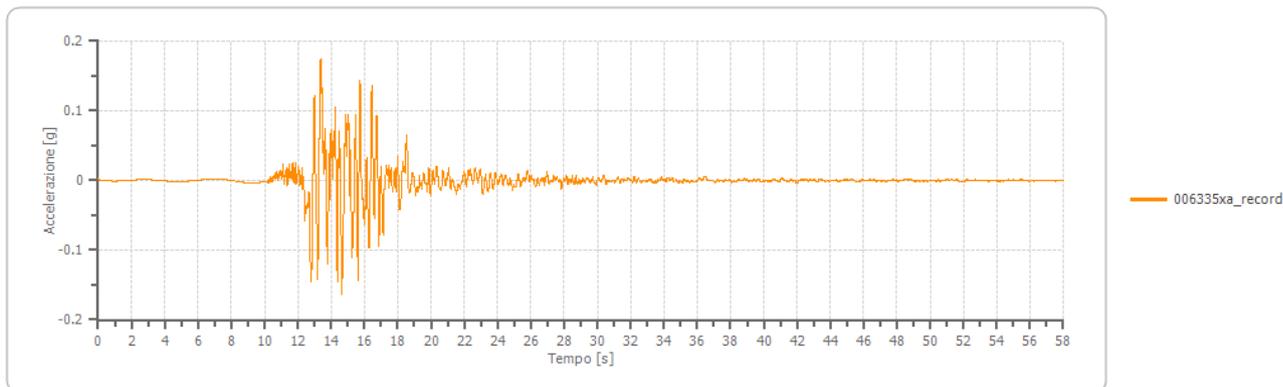
- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)



- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)



5.2.2 Area sottostazione elettrica Comune di Garaguso

GARAGUSO										
Waveform ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance	PGA_X [m/s ²]	PGA_Y [m/s ²]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	EC8 Site class
006335xa	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	15	1.2481	1.1322	0.1659	0.1083	A
006326ya	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	14	1.7476	1.1423	0.0966	0.1765	A
004675xa	South Iceland	17/06/2000	6.5	strike slip	13	1.2916	1.5325	0.1611	0.101	A
005819ya	Kalamata	13/10/1997	6.4	thrust	48	1.1845	1.1459	0.0701	0.0811	A
000242Ya	Valnerina	19/09/1979	5.8	normal	5	1.5095	2.0121	0.0758	0.1401	A
006336xa	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	24	1.1132	0.5434	0.1083	0.0409	A
000290xa	Campano Lucano	23/11/1980	6.9	normal	32	2.1206	3.1662	0.3304	0.5531	A

Tabella 4: Caratteristiche degli eventi sismici selezionati mediante il software Rexel

Analizzando le componenti spettrali degli eventi selezionati, ed il relativo spettro medio risultante (Average spectrum), si nota una buona corrispondenza con lo spettro di normativa (Target spectrum):

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

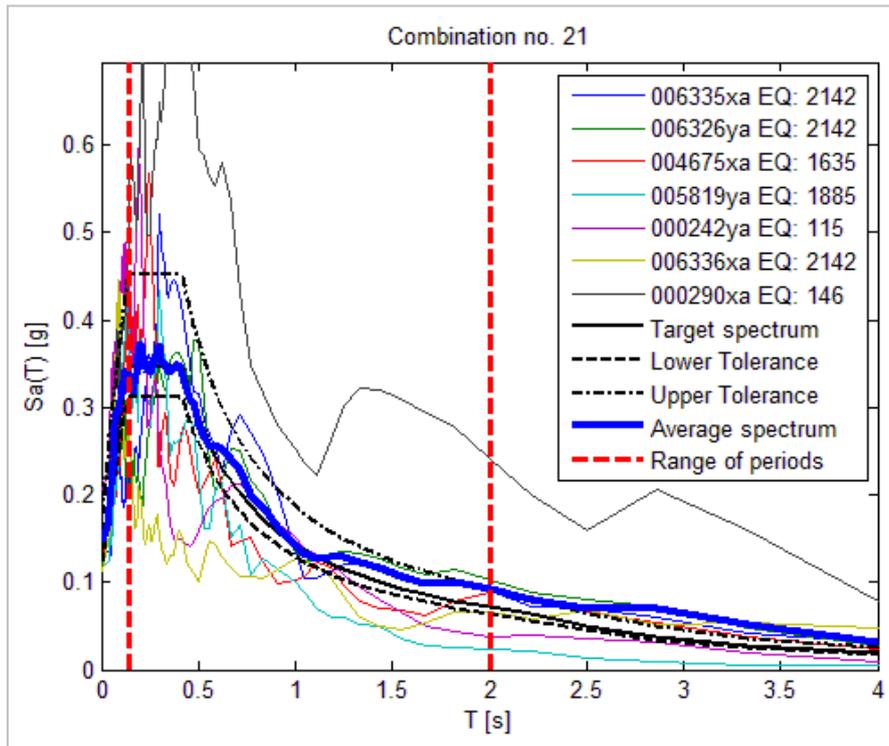
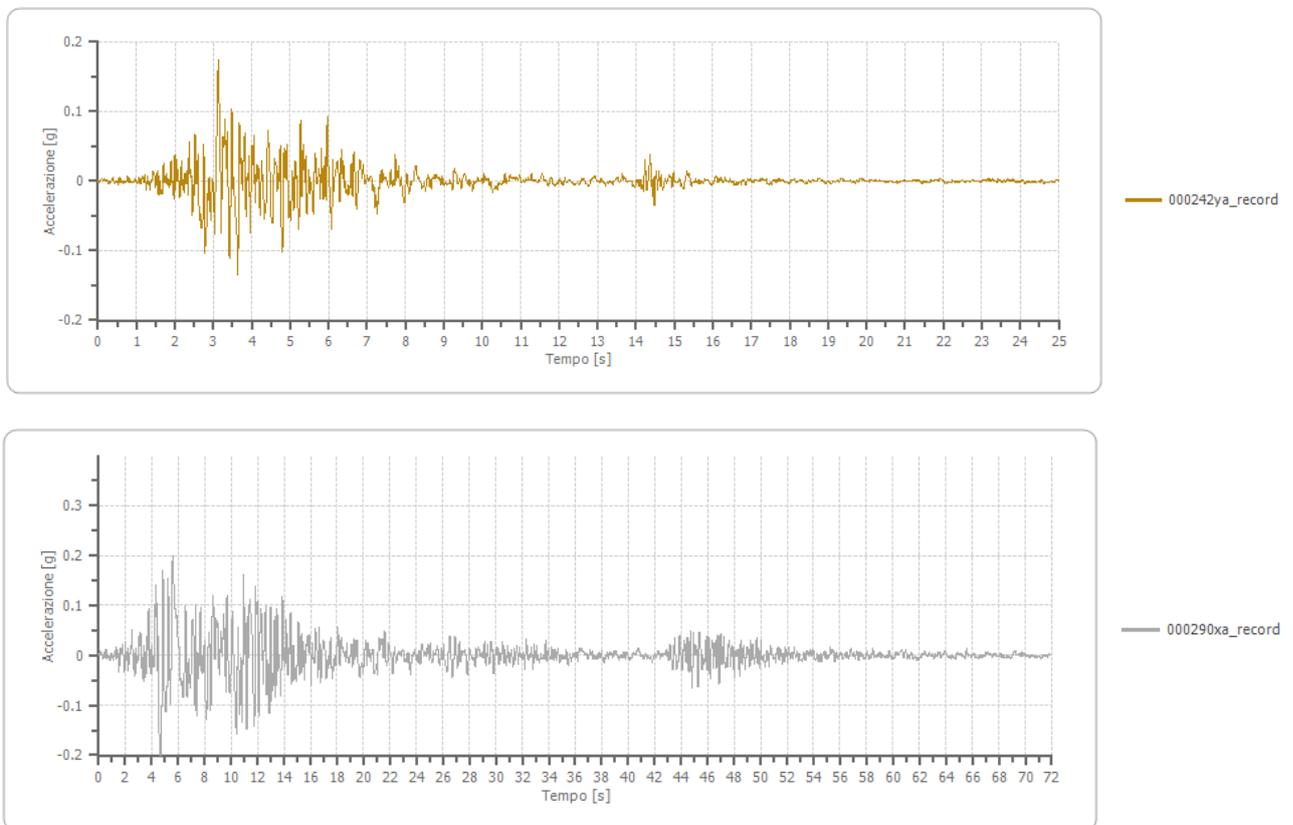


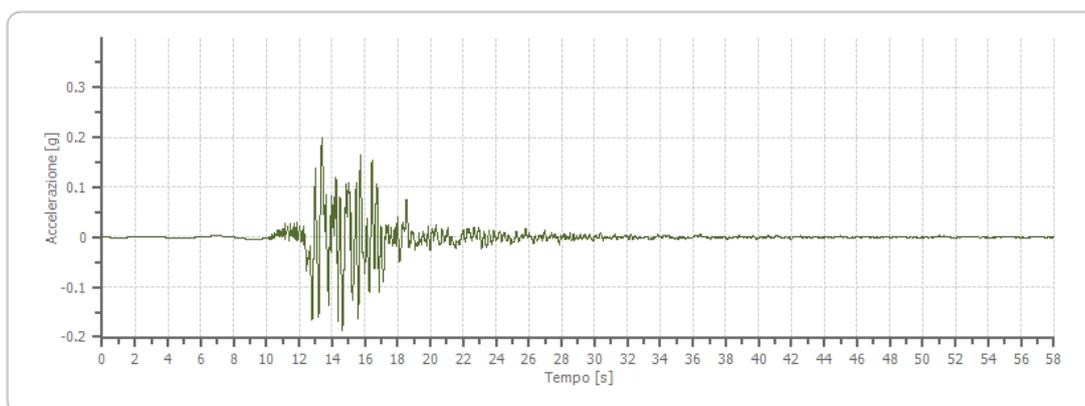
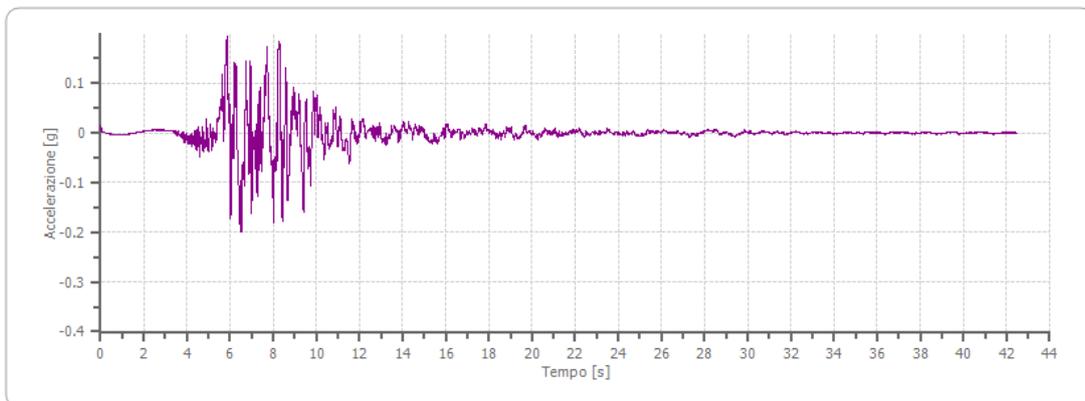
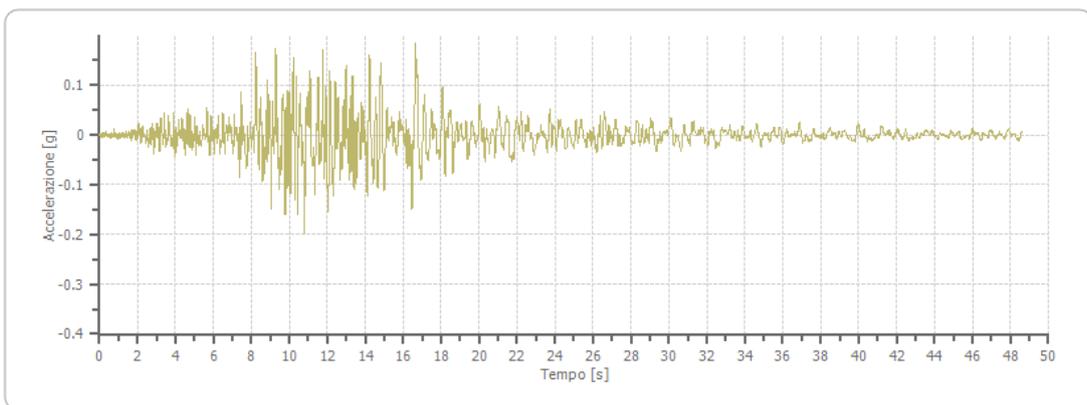
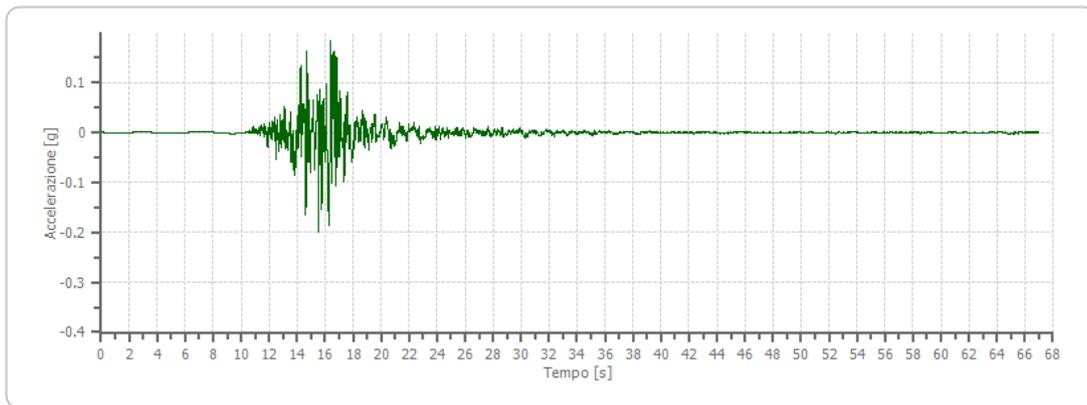
Figura 9: Componenti spettrali degli eventi selezionati

Gli accelerogrammi di input, opportunamente scalati al valore di a_g di progetto (0,200 g), e utilizzati nelle analisi numeriche sono di seguito riportati:



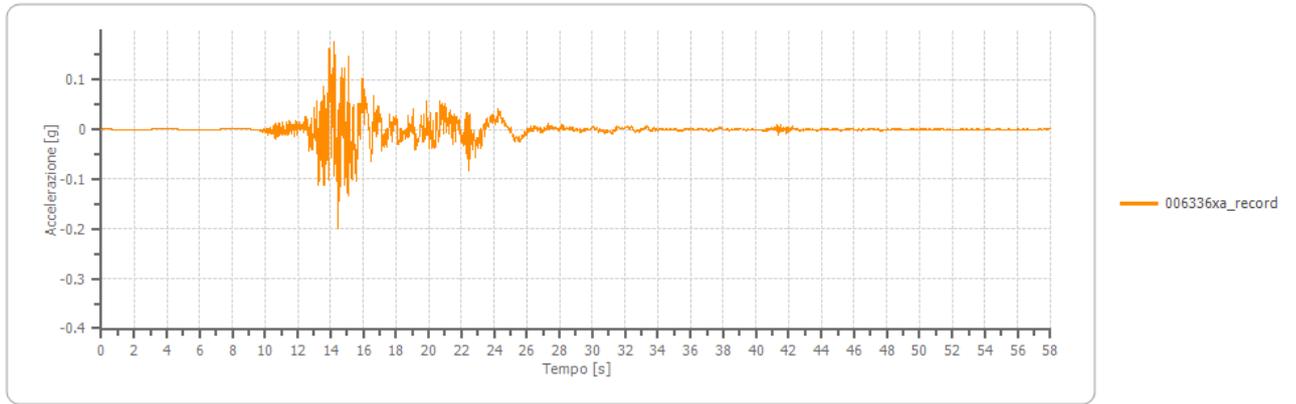
- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)



- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)



6. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Dai risultati ottenuti dalle indagini puntuali e lineari eseguite è stato possibile definire il modello litologico e sismostratigrafico dell'area utile alla definizione della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), che rappresenta l'operazione propedeutica alla redazione della carta di Microzonazione sismica di III livello. Come precedentemente esposto, le opere da realizzare ricadono nel Comune di Ferrandina per quanto riguarda il parco eolico costituito da n. 11 aerogeneratori, mentre la sottostazione ricade nel territorio comunale di Garaguso. I due Comuni sono contraddistinti da una diversa pericolosità di base, pertanto ai fini della definizione della pericolosità sismica locale sono state individuate due macro aree sottoposte ad analisi di Risposta sismica locale. Una prima macroarea area è quindi quella dell'area parco in cui, sulla base dei risultati delle nr. 5 indagini sismiche eseguite in corrispondenza di alcuni siti di interesse degli aerogeneratori, si è potuto constatare che il modello stratigrafico e sismico è del tutto equivalente, in quanto il valore del $V_{s,eq}$ misurato, ovvero delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 m (non è stato infatti rivenuto il bedrock sismico nell'intervallo 0-30 m), è variabile tra 273 m/s e 335 m/s ed i siti di investigazione rientrano nella categoria C della tab. 3.2.II del paragrafo 3.2.2 del D.M. 17/0182018. Dalle estrapolazioni del profilo di velocità si è potuto ipotizzare invece che il bedrock sismico nell'area parco si rinviene a profondità variabile tra i 49 m e i 73 m dal p.c..

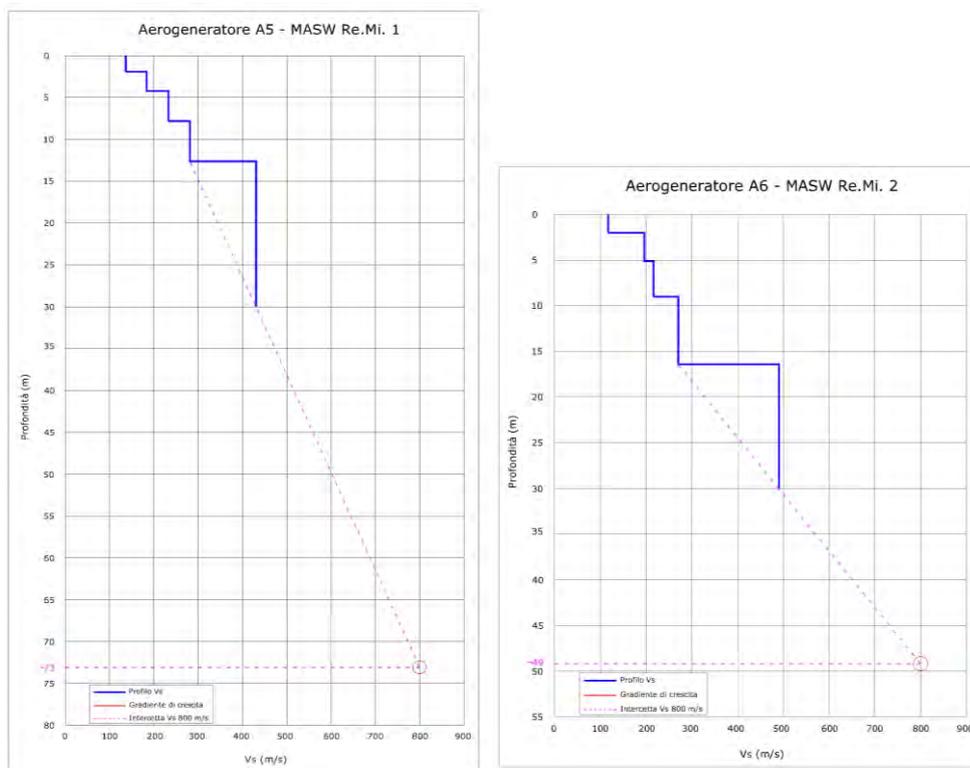


Figura 10: Profili di velocità del sottosuolo investigato con le MASW/Re.Mi 1 (Aerogeneratore A5) e MASW/Re.Mi 2 (Aerogeneratore A6) ed estrapolazione delle velocità fino al bedrock sismico

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

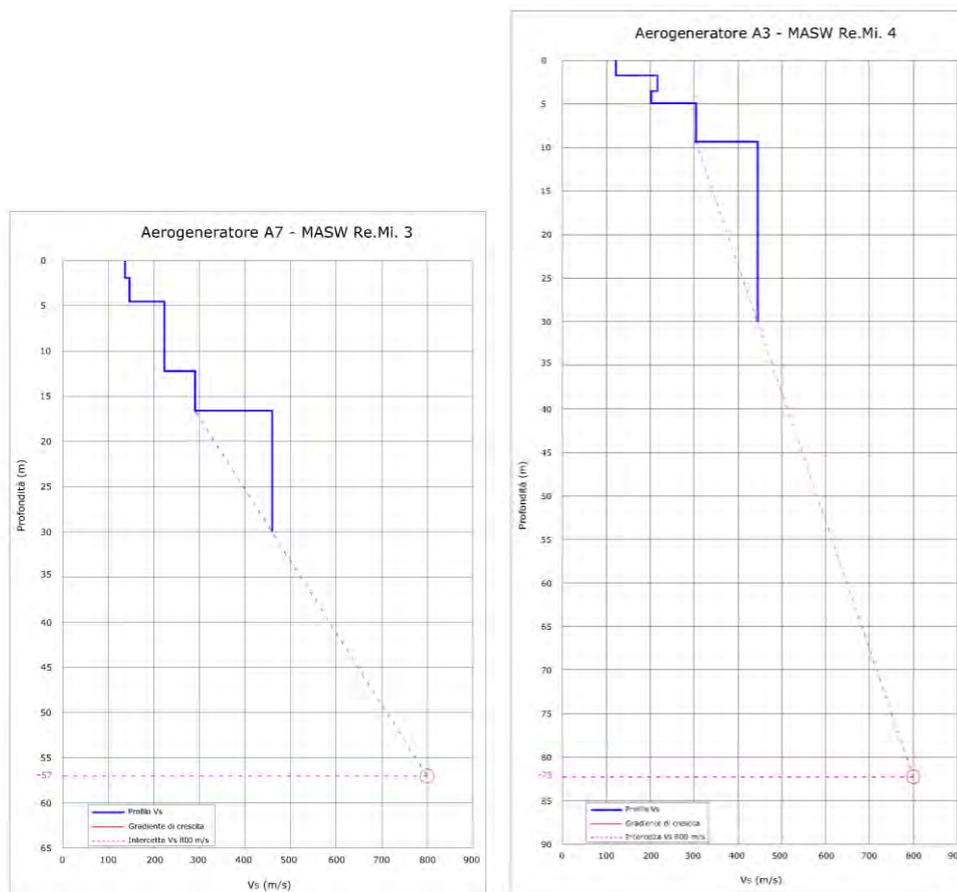


Figura 11: Profili di velocità del sottosuolo investigato con le MASW/Re.Mi 3 (Aerogeneratore A7) e MASW/Re.Mi 4 (Aerogeneratore A3) ed estrapolazione delle velocità fino al bedrock sismico

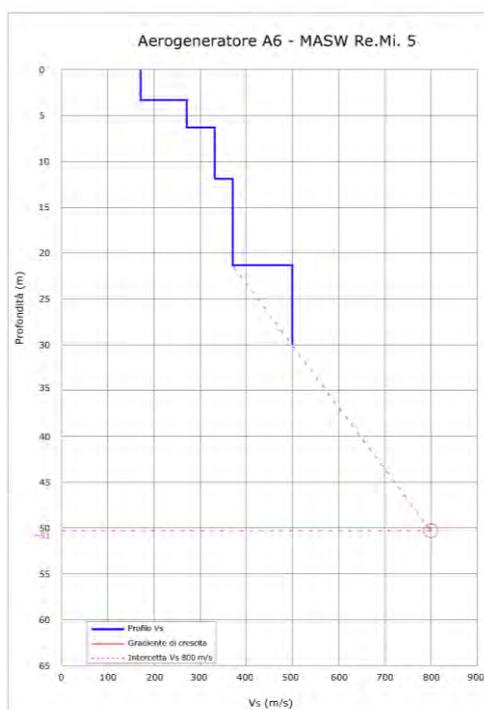


Figura 12: Profilo di velocità del sottosuolo investigato con la MASW/Re.Mi 5 (Aerogeneratore A6) ed estrapolazione delle velocità fino al bedrock sismico

Per quanto riguarda invece la sottostazione elettrica, sulla base delle indagini geognostiche e geofisiche condotte, si è potuto ipotizzare che il bedrock sismico si rinviene ad una profondità di 76 m dal p.c.

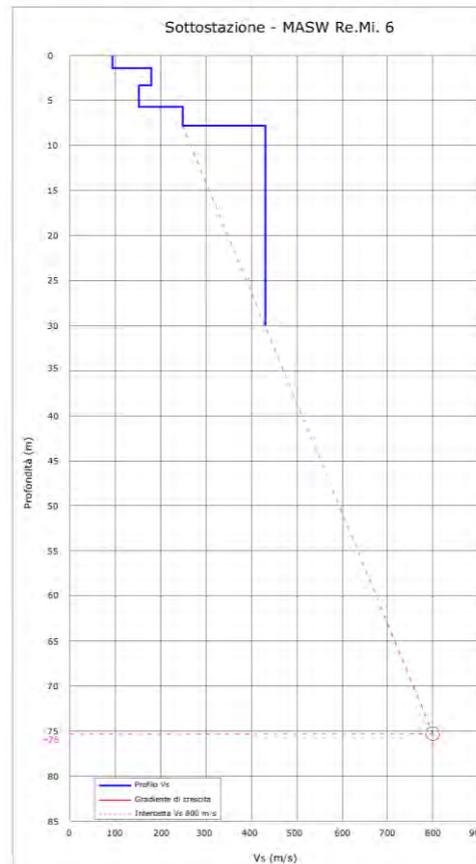


Figura 13: Profilo di velocità del sottosuolo investigato con la MASW/Re.Mi 6 (Sottostazione elettrica) ed estrapolazione delle velocità fino al bedrock sismico

Pertanto, sulla base di queste considerazioni sono stati sottoposti a modellazione numerica tutti i modelli sismostratigrafici ricostruiti a partire dalle indagini eseguite e che tengono conto delle lievi differenze sopra esposte, tuttavia, data l'omogeneità dei caratteri litologici delle macroaree individuate (in tutta la zona esaminata affiora il substrato alterato o spessori modesti di depositi di copertura di natura alluvionale poggianti sul substrato locale rappresentato dalle Argille Subappennine), ai fini della definizione dell'azione sismica per ciascuna macroarea individuata (area Parco eolico e area Sottostazione elettrica), sarà utilizzato il modello ritenuto più cautelativo risultante dall'analisi di risposta sismica locale.

6.1 Modelli litostratigrafici e sismostratigrafici dell'area parco eolico

Dai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite (cfr. Relazione Geologica, Indagini geofisiche), sono state determinate le caratteristiche litotecniche e sismiche del volume di terreno oggetto della possibile amplificazione in corrispondenza di una porzione rappresentativa delle aree

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

destinate all'installazione degli aerogeneratori, definendo i modelli litostratigrafici e sismostratigrafici del sottosuolo così come schematizzato nella seguente tabella:

Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Aerogeneratore A5 - MASW/Re.Mi. 1				
Sismostrato	Spessore (m)	Vs (m/s)	Peso di volume' (KN/m³)	Litotipo
1	2.00	139	18.50	Sabbie limose con ciottoli poco addensate
2	11.00	243	19.00	Argille limose mediamente consistenti
3	60.00	433	19.50	Argille limose molto consistenti
4	-	800	21.00	Substrato: Coesivo sovraconsolidato

Tabella 5: Modello sismo-stratigrafico dell'area del parco eolico

Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Aerogeneratore A6 - MASW/Re.Mi. 2				
Sismostrato	Spessore (m)	Vs (m/s)	Peso di volume' (KN/m³)	Litotipo
1	2.00	117	18.50	Limi argillosi e limi sabbiosi poco consistenti
2	14.50	241	19.00	Argille limose mediamente consistenti
3	41.00	490	19.50	Argille limose molto consistenti
4	-	800	21.00	Substrato: Coesivo sovraconsolidato

Tabella 6: Modello sismo-stratigrafico dell'area del parco eolico

Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Aerogeneratore A7 - MASW/Re.Mi. 3				
Sismostrato	Spessore (m)	Vs (m/s)	Peso di volume' (KN/m³)	Litotipo
1	4.50	143	18.50	Limi argillosi e limi sabbiosi poco consistenti
2	12.00	249	19.00	Argille limose mediamente consistenti
3	41.00	459	19.50	Argille limose molto consistenti
4	-	800	21.00	Substrato: Coesivo sovraconsolidato

Tabella 7: Modello sismo-stratigrafico dell'area del parco eolico

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Aerogeneratore A3 - MASW/Re.Mi. 4				
Sismostrato	Spessore (m)	Vs (m/s)	Peso di volume' (KN/m³)	Litotipo
1	1.70	121	18.50	Limi argillosi e limi sabbiosi poco consistenti
2	7.60	264	19.00	Argille limose mediamente consistenti
3	64.00	447	19.50	Argille limose molto consistenti
4	-	800	21.00	Substrato: Coesivo sovracconsolidato

Tabella 8: Modello sismo-stratigrafico dell'area del parco eolico

Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Aerogeneratore A8 - MASW/Re.Mi. 5				
Sismostrato	Spessore (m)	Vs (m/s)	Peso di volume' (KN/m³)	Litotipo
1	3.30	173	18.50	Limi argillosi e limi sabbiosi poco consistenti
2	18.00	343	19.00	Argille limose mediamente consistenti
3	30.00	499	19.50	Argille limose molto consistenti
4	-	800	21.00	Substrato: Coesivo sovracconsolidato

Tabella 9: Modello sismo-stratigrafico dell'area del parco eolico

I

Come si può notare dalle tabelle sopra riportate, i modelli rappresentativi delle aree di investigazione presentano caratteristiche del tutto analoghe tra loro a conferma dell'uniformità dei caratteri litostratigrafici e sismici dell'area vasta in cui ricade il parco eolico. Pertanto il contesto litostratigrafico e sismostratigrafico dell'area parco può essere così schematizzato:

- un primo sismostrato costituito da limi argillosi e sabbiosi poco consistenti di spessore variabile da 1,70 a 4,50 m e con velocità delle onde di taglio comprese tra 117 e 173 m/s riferibili a terreno vegetale e a depositi superficiali maggiormente alterati;
- un secondo sismostrato costituito da argille limose mediamente consistenti di spessore variabile da 7,50 a 18,00 m con velocità delle onde S comprese tra 241 e 343 m/s, riferibili a terreno del substrato alterato o del substrato in posto più decompresso;

- un terzo sismostrato costituito da argille limose molto consistenti di spessore variabile da 30,00 a 64,00 m con velocità delle onde S comprese tra 433 e 499 m/s, riferibili a terreno del substrato inalterato molto consistente;
- un quarto sismostrato riferibile al bedrock sismico, con velocità delle onde S > di 800 m/s rinvenibile ad una profondità compresa tra 49 e 73 m dal p.c..

Ai fini di un'uniformità dei risultati della risposta sismica locale e della quantificazione numerica dell'amplificazione sismica, si ritiene pertanto più giusto in questa fase definitiva del progetto in cui sarà redatta la carta di microzonazione sismica di III livello, sottoporre a modellazione numerica tutti i modelli precedentemente descritti e attribuire i risultati ritenuti più cautelativi all'intera area vasta in cui ricadono i siti di installazione degli aerogeneratori.

6.2 Modello litostratigrafico e sismostratigrafico dell'area sottostazione elettrica

Le caratteristiche litotecniche e sismiche del volume di terreno oggetto della possibile amplificazione in corrispondenza dell'area destinata ad ospitare la sottostazione elettrica sono schematizzate nella seguente tabella:

Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Sottostazione - MASW/Re.Mi. 6				
Sismostrato	Spessore (m)	Vs (m/s)	Peso di volume' (KN/m³)	Litotipo
1	1.40	94	18.50	Sabbie limose con ciottoli poco addensate
2	6.40	191	19.00	Argille limose mediamente consistenti
3	68.00	430	19.50	Argille limose molto consistenti
4	-	800	21.00	Substrato: Coesivo sovraconsolidato

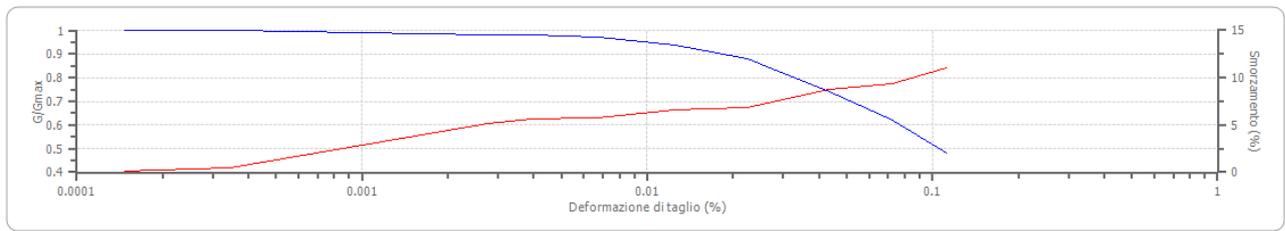
Tabella 10: Modello sismo-stratigrafico dell'area SSE

6.3 Analisi numerica monodimensionale

Definiti i modelli litostratigrafici e sismostratigrafici, per ciascun sismostrato sono state definite le curve di degrado del modulo di taglio e del rapporto di smorzamento (dumping), derivanti da dati di indagini pregresse e da dati di letteratura selezionati sulla base delle caratteristiche intrinseche dei terreni riscontrati durante la fase di esecuzione delle indagini dirette. Per il substrato con $V_s > 800$ m/s è stato considerato uno modello di smorzamento costante.

Terreni di copertura

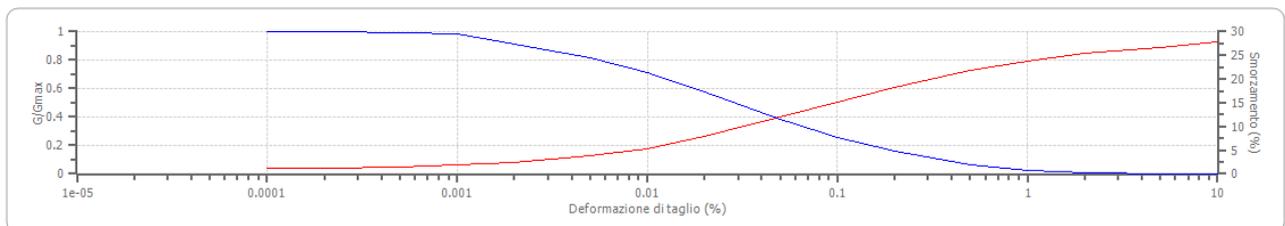
Sabbie limose con ciottoli poco addensate (Curva sperimentale da indagini pregresse)



Argille limose mediamente consistenti (Curva sperimentale da bibliografia)



Argille limose consistenti (Curva sperimentale da bibliografia)



Definite le curve di degradazione del modulo di taglio e dello smorzamento sotto l'azione di sollecitazioni cicliche, si è passati, utilizzando gli accelerogrammi precedentemente selezionati opportunamente scalati al valore di a_g (g) del sito in oggetto, all'analisi numerica monodimensionale eseguita secondo un modello equivalente lineare utilizzato dal software *RSLIII* della *Geostru*.

Lo scopo principale dell'analisi di risposta sismica locale è, in breve, quello di prevedere come e quanto il movimento del suolo superficiale sia influenzato dal movimento del bedrock in profondità.

Le premesse per un'analisi monodimensionale di tipo Equivalente Lineare sono:

1. la stratigrafia del suolo sub-orizzontale;
2. le onde sismiche si propagano dal basso, verticalmente, polarizzate orizzontalmente;
3. le deformazioni del suolo sono funzione delle proprietà dinamiche dei litotipi.

Ai fini cautelativi, trattandosi di una valutazione della pericolosità sismica per la pianificazione del territorio, gli spettri di output non sono stati riferiti al piano fondale degli

impianti eolici così come previsto dal D.M. 17.01.2018, bensì al piano campagna, ottenendo pertanto il valore di PGA massimo atteso al suolo.

L'analisi monodimensionale per la definizione dell'amplificazione sismica attesa al suolo è stata condotta per le aree di stretto interesse progettuale. Per il cavidotto, trattandosi di un'opera non soggetta ad azioni sismiche, ai fini di una omogeneità di rappresentazione dei risultati e per una fascia limitata alla sola zona di competenza del cavidotto, sarà assegnata cautelativamente, la microzona a maggior fattore di amplificazione sismica riscontrata, intesa in termini di maggior valore di PGA (ag max).

6.4 Aree parco eolico: analisi per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV

Definiti tutti i parametri di input precedentemente descritti si è passati al calcolo della funzione del moto sismico dal bedrock alla superficie. Per rendere possibile tale operazione sono necessari dei passaggi intermedi, in quanto il moto sismico (accelerogrammi utilizzati) è stato registrato in superficie in condizioni di campo libero (free field). Attraverso la funzione di deconvoluzione, è possibile trasferire il moto sismico dalla superficie alla base del modello di riferimento per poi calcolare, mediante la funzione di trasferimento, il moto al suolo per ciascun accelerogramma considerato.

Di seguito si riportano le elaborazioni per i modelli precedentemente individuati nell'area del parco eolico.

6.4.1 Parco eolico: Aerogeneratore A5 - MASW/Re.Mi 1

Di seguito l'amplificazione in frequenza degli accelerogrammi utilizzati per il modello di riferimento:

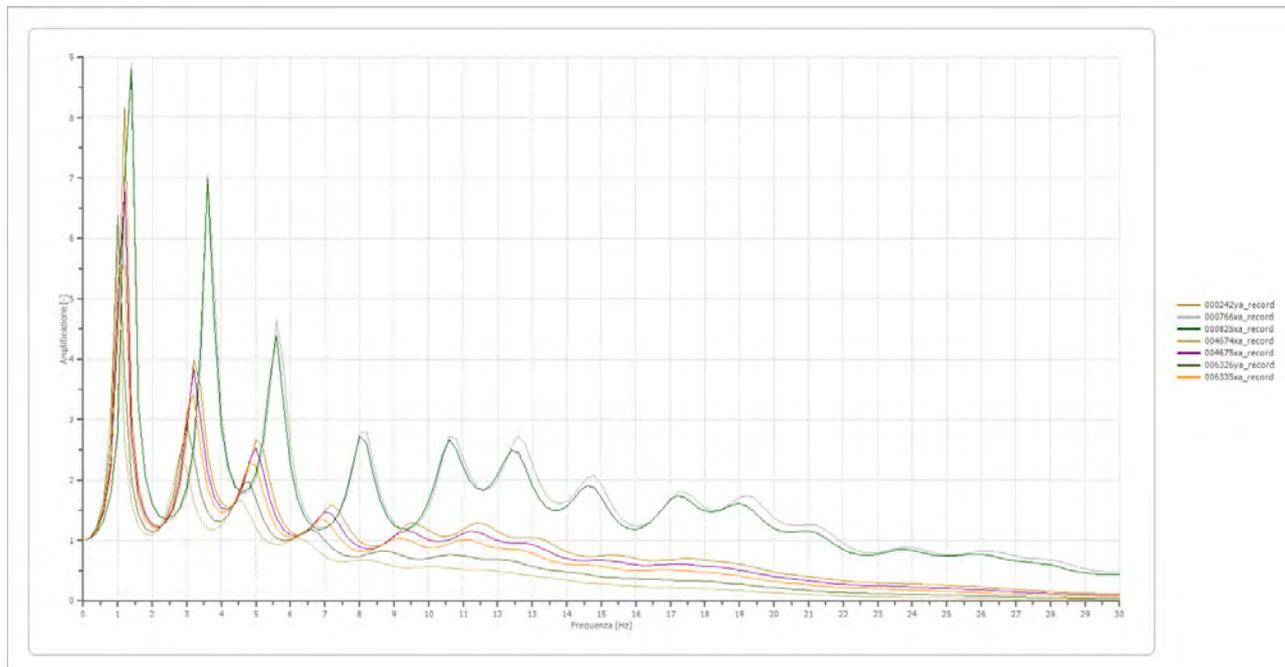


Figura 14: Amplificazione in frequenza degli accelerogrammi di input

Il software lavora nel dominio delle frequenze pertanto per poter valutare gli effetti in superficie dello spettro di input bisogna passare dal dominio del tempo al dominio delle frequenze, utilizzando funzione matematica nota come trasformata di Fourier. Tale operazione è ripetuta per ogni accelerogramma selezionato.

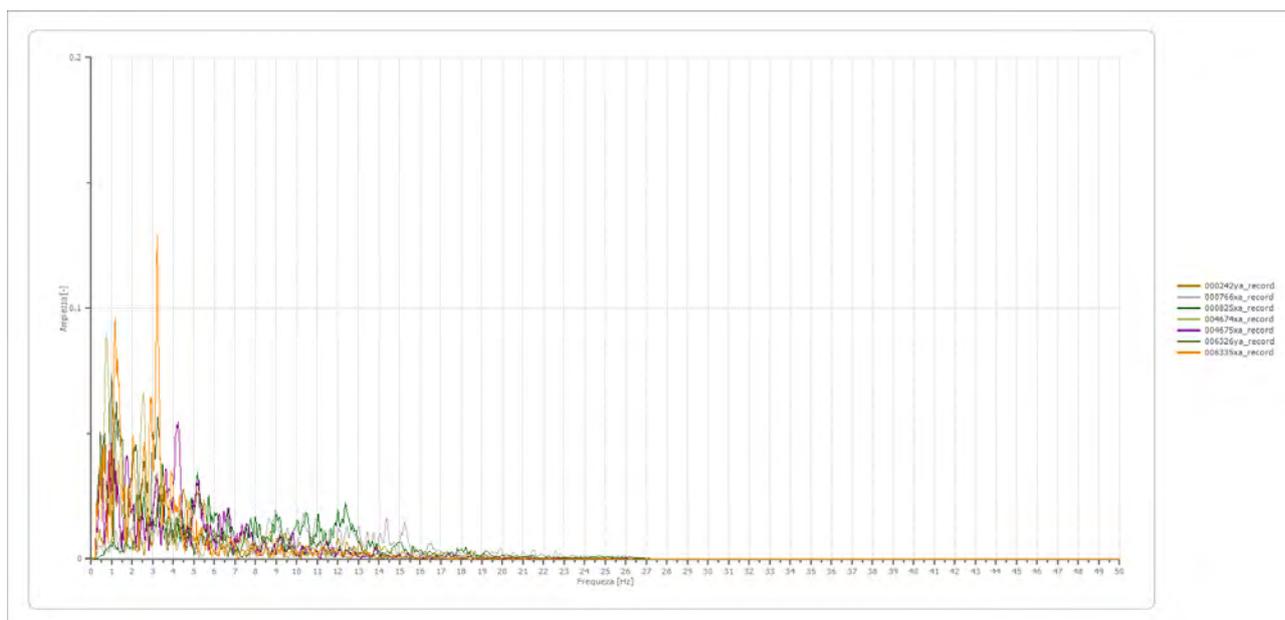


Figura 15: Trasformata di Fourier degli accelerogrammi di input

Il codice di calcolo considera ogni componente (armonica) con la sua ampiezza e frequenza e la "trasmette" attraverso il sistema di strati del modello sismo-stratigrafico costruito, assumendo che questa corrisponda al moto alla base del sistema. L'operazione è ripetuta per tutte le frequenze ed alla fine del processo genera un nuovo spettro (nel dominio delle frequenze). Mediante l'anti trasformata di Fourier (somma di armoniche) di questo spettro si ottiene lo scuotimento atteso alla superficie (spettro in accelerazione di output).

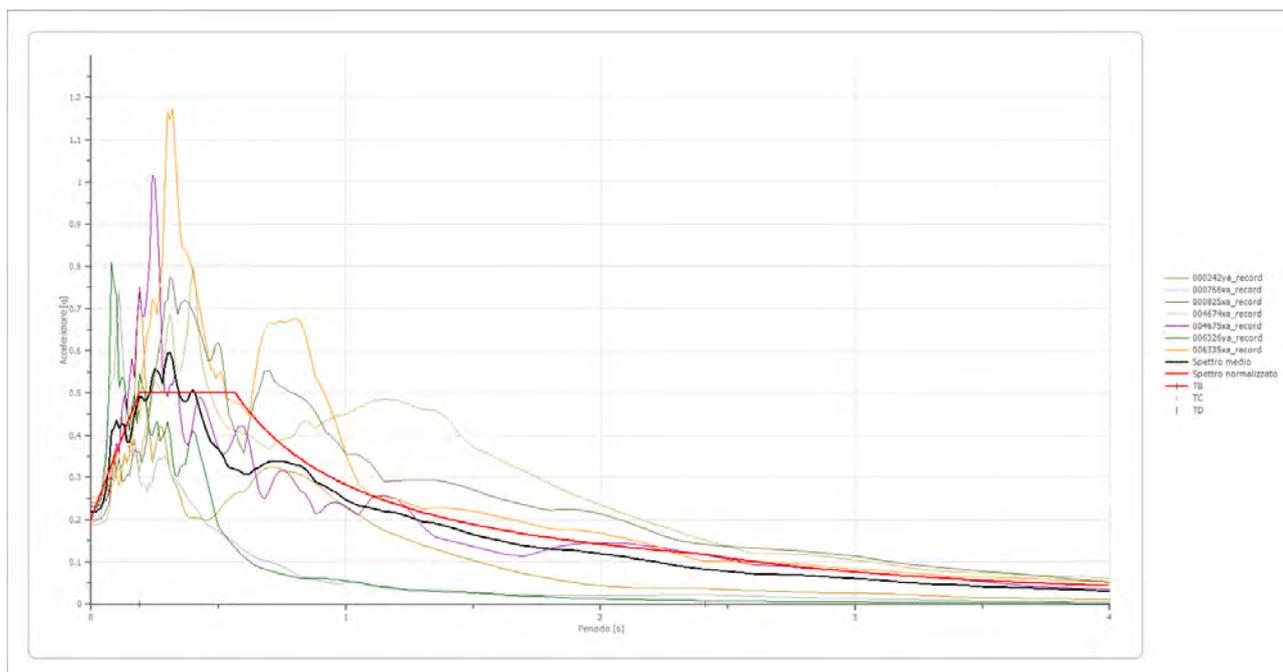


Figura 16: Spettri di output per ciascun accelerogramma considerato

Pertanto l'analisi di RSL eseguita con tale metodologia ha restituito gli spettri in accelerazione delle componenti orizzontali per ogni accelerogramma preso in riferimento. Per la definizione dello spettro medio di accelerazione al suolo (output) e dello spettro normalizzato.

Di seguito si riporta lo spettro medio e lo spettro normalizzato di output ottenuto per la l'area dell'aerogeneratore A5 (MASW/Re.Mi. 1), confrontato con lo spettro di norma categoria di sottosuolo C e topografica T1:

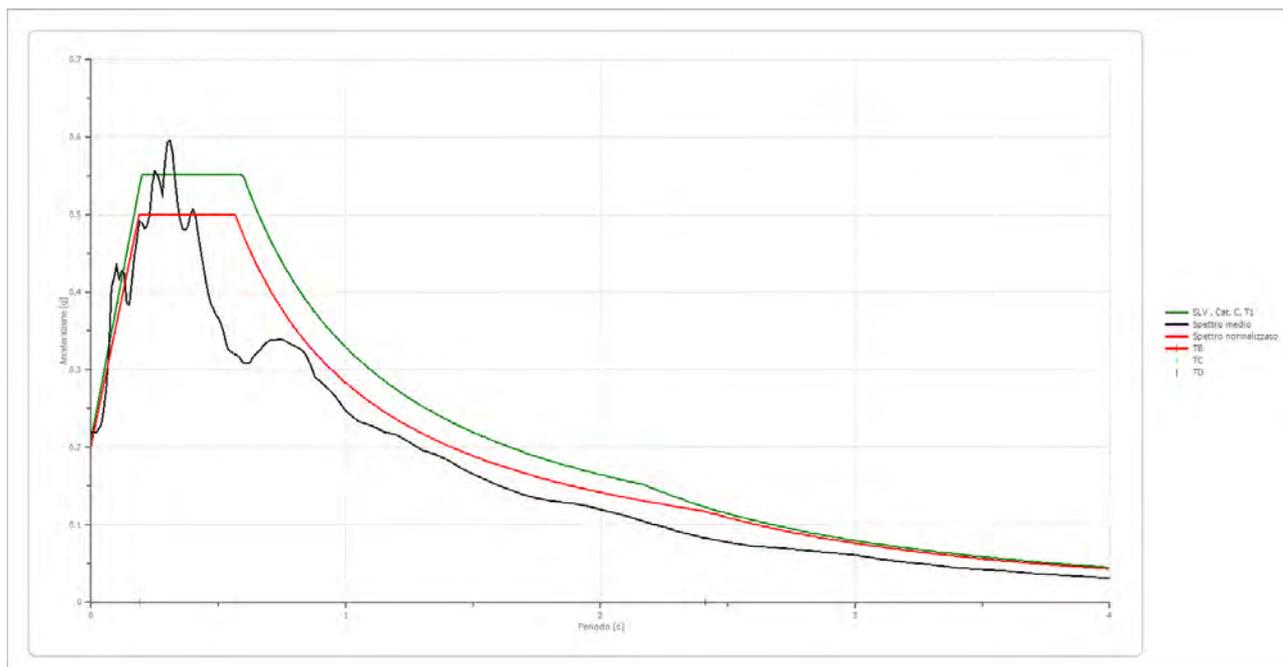


Figura 17: Confronto tra spettro medio di output e spettro normalizzato con lo spettro di normativa di cat. C, T1

Per la definizione di **FA** e di **FV**, si è proceduti secondo quanto definito negli ICMS (2018):

- Si determina il periodo di massimo valore dello spettro di input (T_{Ai}) e di quello di output (T_{Ao});
- Si calcolano i valori medi degli spettri di input ($S_{Am,i}$) e di output ($S_{Am,o}$) nell'intorno di T_{Ai} e T_{Ao}

$$S_{Am} = \frac{1}{T_A} \int_{0.5 \cdot T_A}^{1.5 \cdot T_A} SA(T) dT$$

dove:

S_{Am} è il valore medio dello spettro e può essere $S_{Am,i}$ o $S_{Am,o}$

$SA(T)$ è lo spettro di risposta elastico in accelerazione pari a S_{Ai} per l'input, S_{Ao} per l'output

T_A vale T_{Ai} per l'input T_{Ao} per l'output;

- Si determinano i periodi (T_{Vi}) e (T_{Vo}) di massimo valore degli spettri di pseudovelocità così definiti:

$$SV(T) = SA(T) * \frac{T}{2\pi}$$

dove:

$SV(T)$ corrisponde rispettivamente a $SV_i(T)$ per l'input e $SV_o(T)$ per l'output

- Si calcolano i valori medi degli spettri ($SV_{m,i}$) e ($SV_{m,o}$) nell'intorno di T_{Vi} e T_{Vo} :

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

$$SV_m = \frac{1}{0.4 * TV} \int_{0.8*TV}^{1.2*TV} SV(T) dT$$

dove:

SV_m è il valore medio dello spettro e può essere SV_{m,i} o SV_{m,o}

TV può essere TV_i e TV_o rispettivamente per l'input e l'output.

Tai [s]	Tvi [s]	Tao [s]	Tvo [s]	Sami [m/s ²]	Svmi [m/s ²]	Samo [m/s ²]	Svmo [m/s ²]
0.110	2.150	0.310	2.300	3.471	0.318	4.906	0.442

E' stato possibile determinare:

- il valore di **FA** pari al rapporto SAm,o / SAm,i = **1.311**
- il valore di **FV** è pari al rapporto SVm,o / SVm,i = **1.390**

I parametri tabellati dello **spettro normalizzato** sono i seguenti:

ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.203	2.466	0.566	0.189	0.566	2.411	0.203	0.500

Con

S (fatt. amplificazione) = 1.418

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro medio di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2185	0.26	0.5516	0.52	0.3485	0.98	0.2565	2.25	0.0967
0.01	0.2185	0.27	0.5425	0.53	0.3339	1.00	0.2467	2.30	0.0918
0.02	0.2185	0.28	0.5261	0.54	0.3255	1.05	0.2332	2.35	0.0875
0.03	0.2236	0.29	0.5663	0.55	0.3231	1.10	0.2287	2.40	0.0836
0.04	0.2287	0.30	0.5936	0.56	0.3207	1.15	0.2203	2.50	0.0778
0.05	0.2494	0.31	0.5953	0.57	0.3190	1.20	0.2156	2.60	0.0723
0.06	0.2778	0.32	0.5788	0.58	0.3166	1.25	0.2068	2.70	0.0700
0.07	0.3247	0.33	0.5428	0.60	0.3074	1.30	0.1961	2.80	0.0674
0.08	0.4071	0.34	0.5131	0.62	0.3079	1.35	0.1908	2.90	0.0640
0.09	0.4180	0.35	0.4924	0.64	0.3181	1.40	0.1843	3.00	0.0604
0.10	0.4347	0.36	0.4812	0.66	0.3237	1.45	0.1739	3.10	0.0563
0.11	0.4169	0.37	0.4799	0.68	0.3328	1.50	0.1651	3.20	0.0518
0.12	0.4269	0.38	0.4848	0.70	0.3373	1.55	0.1582	3.30	0.0480
0.13	0.4243	0.39	0.5007	0.72	0.3381	1.60	0.1511	3.40	0.0449
0.14	0.3853	0.40	0.5072	0.74	0.3396	1.65	0.1447	3.50	0.0423
0.15	0.3837	0.41	0.4982	0.76	0.3373	1.70	0.1388	3.60	0.0398
0.16	0.4138	0.42	0.4745	0.78	0.3332	1.75	0.1345	3.70	0.0375
0.17	0.4476	0.43	0.4543	0.80	0.3307	1.80	0.1310	3.80	0.0355
0.18	0.4692	0.44	0.4353	0.82	0.3274	1.85	0.1291	3.90	0.0334
0.19	0.4910	0.45	0.4155	0.84	0.3210	1.90	0.1268	4.00	0.0312
0.20	0.4891	0.46	0.3984	0.86	0.3076	1.95	0.1235		
0.21	0.4826	0.47	0.3855	0.88	0.2904	2.00	0.1199		
0.22	0.4863	0.48	0.3792	0.90	0.2848	2.05	0.1158		
0.23	0.4998	0.49	0.3710	0.92	0.2785	2.10	0.1112		
0.24	0.5388	0.50	0.3661	0.94	0.2722	2.15	0.1063		
0.25	0.5565	0.51	0.3596	0.96	0.2649	2.20	0.1016		

Tabella 11: Valori tabellari dello spettro medio di output

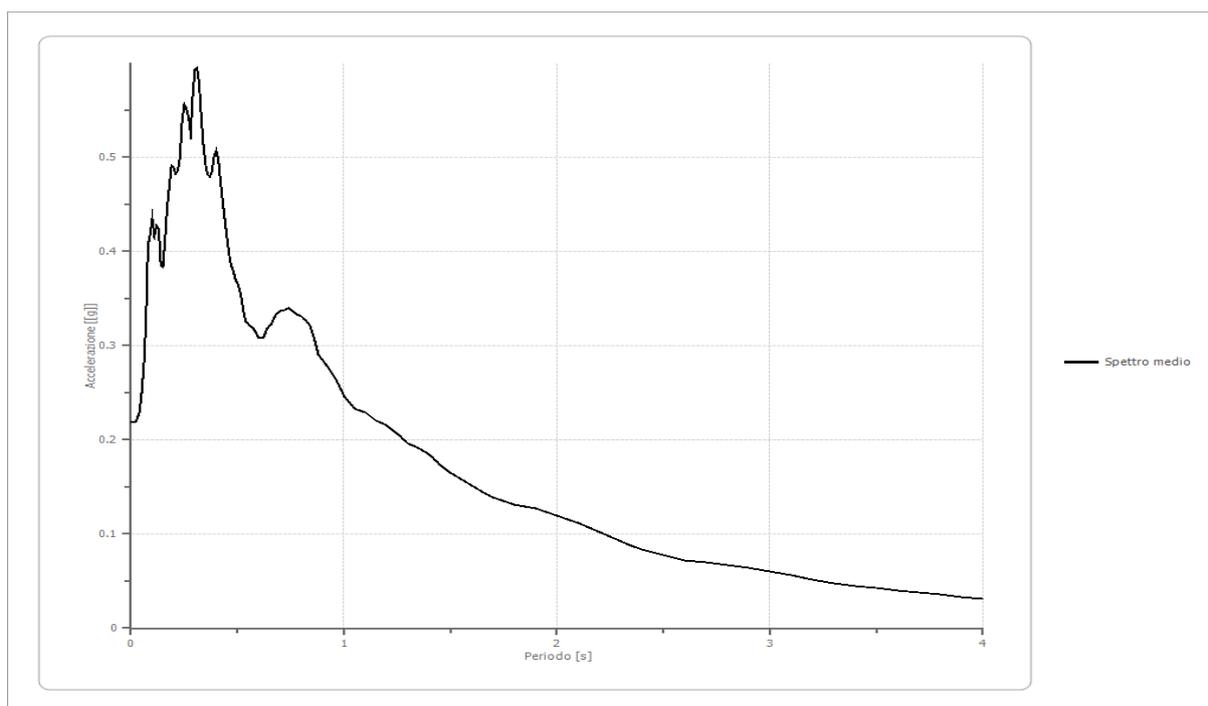


Figura 18: Spettro medio di output

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro normalizzato di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2028	0.26	0.5001	0.52	0.5001	0.98	0.2889	2.25	0.1258
0.01	0.2185	0.27	0.5001	0.53	0.5001	1.00	0.2831	2.30	0.1231
0.02	0.2343	0.28	0.5001	0.54	0.5001	1.05	0.2696	2.35	0.1205
0.03	0.2500	0.29	0.5001	0.55	0.5001	1.10	0.2574	2.40	0.1180
0.04	0.2658	0.30	0.5001	0.56	0.5001	1.15	0.2462	2.50	0.1132
0.05	0.2815	0.31	0.5001	0.57	0.4967	1.20	0.2359	2.60	0.1089
0.06	0.2973	0.32	0.5001	0.58	0.4881	1.25	0.2265	2.70	0.1049
0.07	0.3131	0.33	0.5001	0.60	0.4719	1.30	0.2178	2.80	0.1011
0.08	0.3288	0.34	0.5001	0.62	0.4566	1.35	0.2097	2.90	0.0976
0.09	0.3446	0.35	0.5001	0.64	0.4424	1.40	0.2022	3.00	0.0944
0.10	0.3603	0.36	0.5001	0.66	0.4290	1.45	0.1953	3.10	0.0913
0.11	0.3761	0.37	0.5001	0.68	0.4163	1.50	0.1887	3.20	0.0885
0.12	0.3918	0.38	0.5001	0.70	0.4044	1.55	0.1827	3.30	0.0858
0.13	0.4076	0.39	0.5001	0.72	0.3932	1.60	0.1769	3.40	0.0833
0.14	0.4233	0.40	0.5001	0.74	0.3826	1.65	0.1716	3.50	0.0809
0.15	0.4391	0.41	0.5001	0.76	0.3725	1.70	0.1665	3.60	0.0786
0.16	0.4549	0.42	0.5001	0.78	0.3630	1.75	0.1618	3.70	0.0765
0.17	0.4706	0.43	0.5001	0.80	0.3539	1.80	0.1573	3.80	0.0745
0.18	0.4864	0.44	0.5001	0.82	0.3453	1.85	0.1530	3.90	0.0726
0.19	0.5001	0.45	0.5001	0.84	0.3370	1.90	0.1490	4.00	0.0708
0.20	0.5001	0.46	0.5001	0.86	0.3292	1.95	0.1452		
0.21	0.5001	0.47	0.5001	0.88	0.3217	2.00	0.1416		
0.22	0.5001	0.48	0.5001	0.90	0.3146	2.05	0.1381		
0.23	0.5001	0.49	0.5001	0.92	0.3077	2.10	0.1348		
0.24	0.5001	0.50	0.5001	0.94	0.3012	2.15	0.1317		
0.25	0.5001	0.51	0.5001	0.96	0.2949	2.20	0.1287		

Tabella 12: Valori tabellari dello spettro normalizzato di output

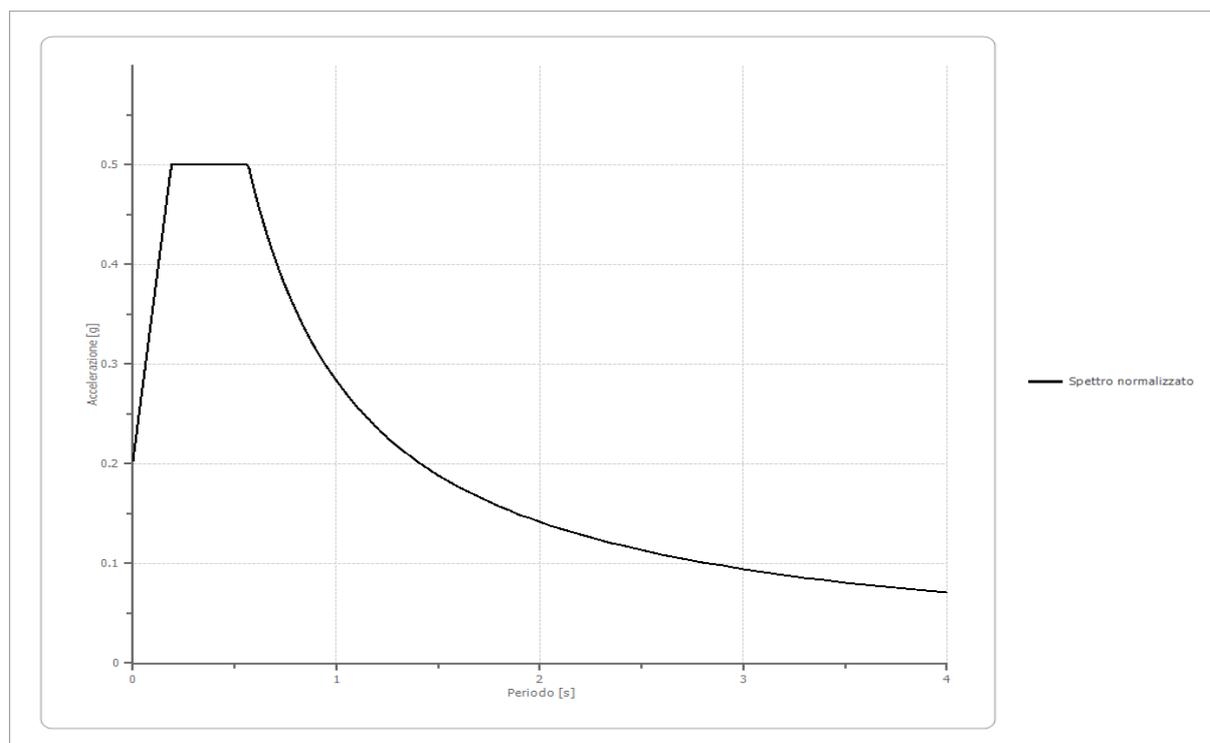


Figura 19: Spettro medio di output

6.4.2 Parco eolico: Aerogeneratore A6 - MASW/Re.Mi. 2

Di seguito la rappresentazione grafica dell'amplificazione in frequenza degli accelerogrammi utilizzati per il modello di riferimento:

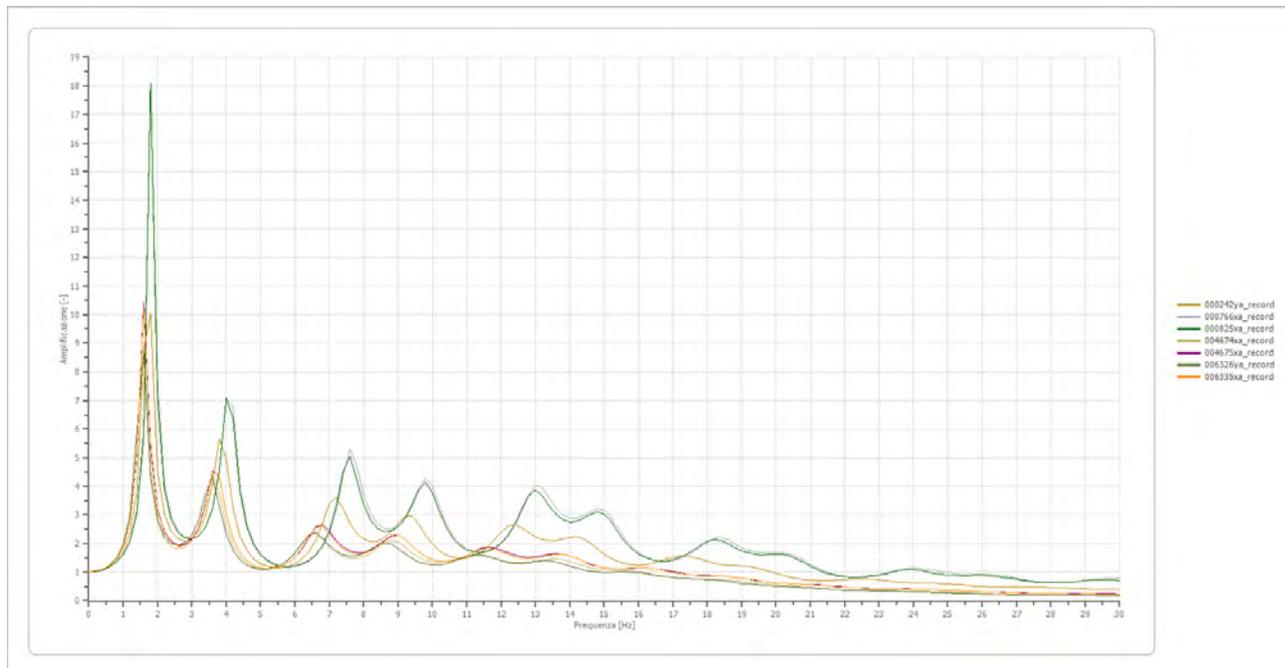


Figura 20: Amplificazione in frequenza degli accelerogrammi di input

Nella figura seguente è invece riportata la trasformata di Fourier per ogni accelerogramma selezionato.

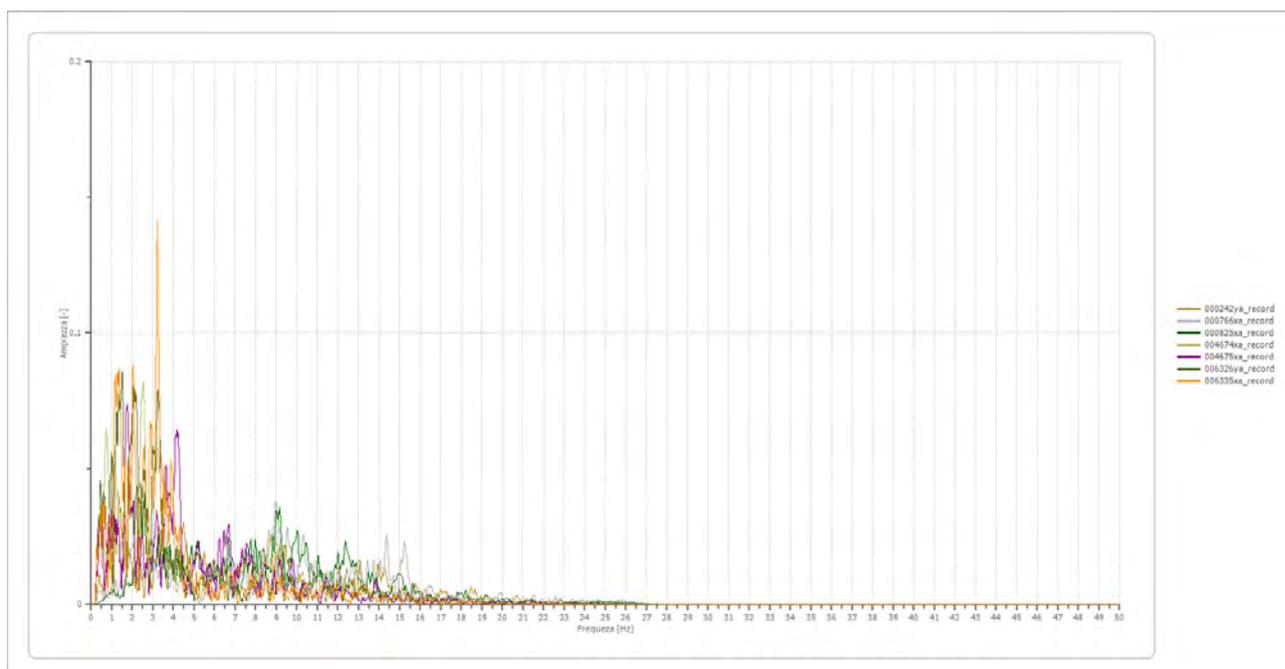


Figura 21: Trasformata di Fourier degli accelerogrammi di input

Mediante l'anti trasformata di Fourier (somma di armoniche) si ottiene lo scuotimento atteso alla superficie (spettro in accelerazione di output).

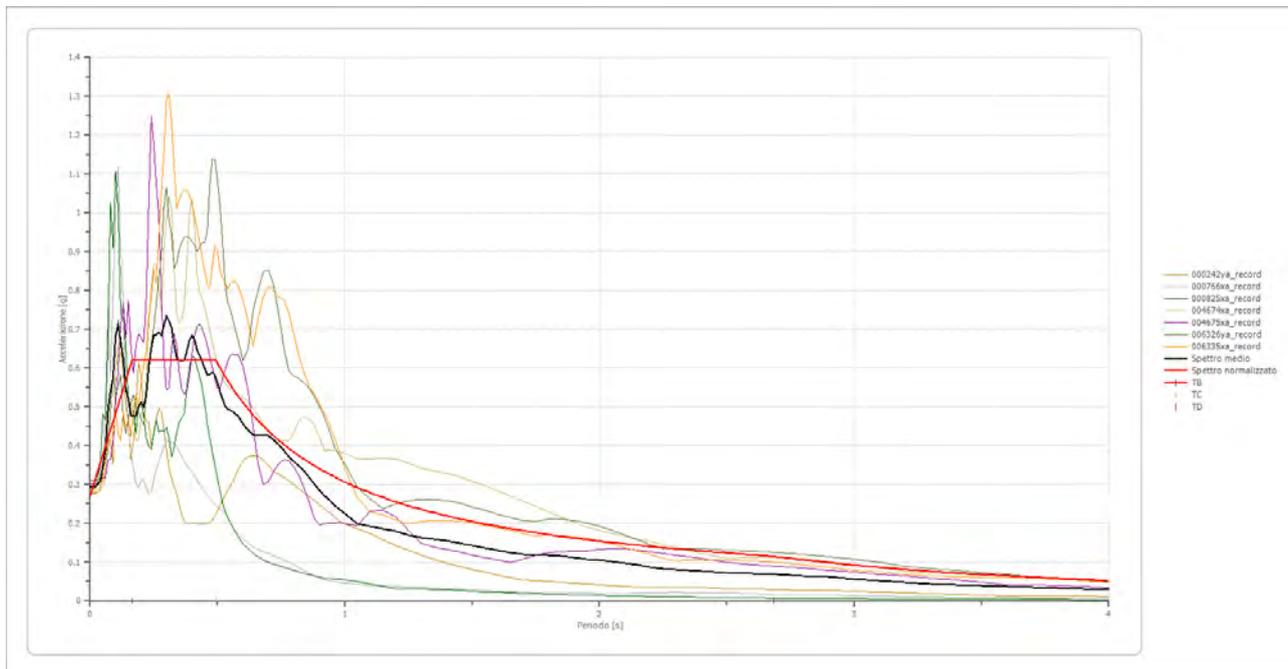


Figura 22: Spettri di output per ciascun accelerogramma considerato

Di seguito si riporta lo spettro medio e lo spettro normalizzato di output ottenuto per la l'area dell'aerogeneratore A6 (MASW/Re.Mi. 2), confrontato con lo spettro di norma categoria di sottosuolo C e topografica T1:

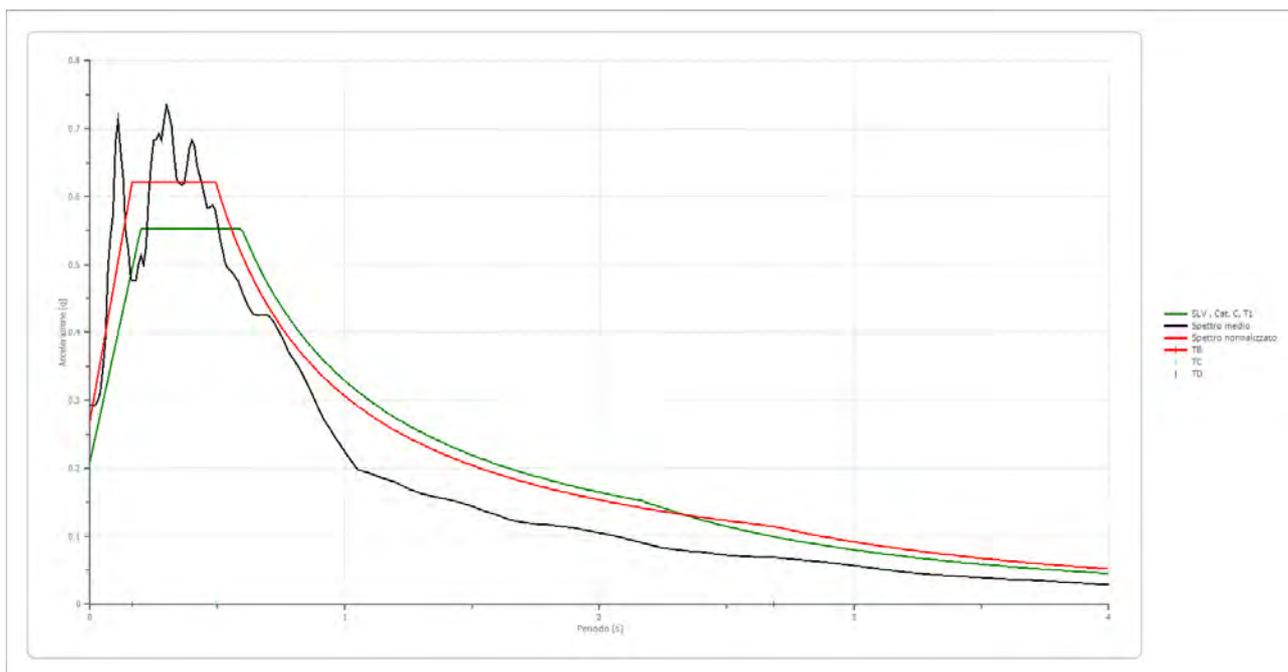


Figura 23: Confronto tra spettro medio di output e spettro normalizzato con lo spettro di normativa di cat. C, T1

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Per la definizione di **FA** e di **FV**, si è proceduti secondo quanto definito negli ICMS (2018):

Tai [s]	Tvi [s]	Tao [s]	Tvo [s]	Sami [m/s ²]	Svmi [m/s ²]	Samo [m/s ²]	Svmo [m/s ²]
0.110	2.150	0.300	0.780	3.741	0.318	6.083	0.478

Da cui è stato possibile determinare:

- il valore di **FA** pari al rapporto $S_{Am,o} / S_{Am,i} = 1.626$
- il valore di **FV** è pari al rapporto $S_{Vm,o} / S_{Vm,i} = 1.504$

I parametri tabellati dello **spettro normalizzato** sono i seguenti:

ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.271	2.286	0.494	0.165	0.494	2.685	0.271	0.620

Con

S (fatt. amplificazione) = 1.879

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro medio di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2924	0.26	0.6850	0.52	0.5212	0.98	0.2354	2.25	0.0826
0.01	0.2924	0.27	0.6928	0.53	0.5027	1.00	0.2246	2.30	0.0800
0.02	0.2924	0.28	0.6836	0.54	0.4939	1.05	0.1988	2.35	0.0784
0.03	0.3000	0.29	0.7109	0.55	0.4920	1.10	0.1920	2.40	0.0764
0.04	0.3120	0.30	0.7340	0.56	0.4875	1.15	0.1848	2.50	0.0720
0.05	0.3471	0.31	0.7209	0.57	0.4817	1.20	0.1788	2.60	0.0702
0.06	0.3867	0.32	0.7034	0.58	0.4764	1.25	0.1698	2.70	0.0680
0.07	0.4927	0.33	0.6591	0.60	0.4563	1.30	0.1623	2.80	0.0650
0.08	0.5416	0.34	0.6256	0.62	0.4395	1.35	0.1587	2.90	0.0612
0.09	0.5739	0.35	0.6196	0.64	0.4268	1.40	0.1546	3.00	0.0567
0.10	0.6809	0.36	0.6167	0.66	0.4245	1.45	0.1494	3.10	0.0521
0.11	0.7125	0.37	0.6190	0.68	0.4261	1.50	0.1435	3.20	0.0475
0.12	0.6670	0.38	0.6441	0.70	0.4253	1.55	0.1371	3.30	0.0442
0.13	0.6264	0.39	0.6708	0.72	0.4161	1.60	0.1305	3.40	0.0416
0.14	0.5455	0.40	0.6833	0.74	0.4024	1.65	0.1241	3.50	0.0391
0.15	0.5221	0.41	0.6732	0.76	0.3883	1.70	0.1201	3.60	0.0368
0.16	0.4777	0.42	0.6456	0.78	0.3709	1.75	0.1175	3.70	0.0350
0.17	0.4757	0.43	0.6312	0.80	0.3596	1.80	0.1168	3.80	0.0331
0.18	0.4767	0.44	0.6177	0.82	0.3479	1.85	0.1148	3.90	0.0311
0.19	0.4999	0.45	0.5994	0.84	0.3344	1.90	0.1119	4.00	0.0289
0.20	0.5127	0.46	0.5825	0.86	0.3184	1.95	0.1083		
0.21	0.4998	0.47	0.5844	0.88	0.3018	2.00	0.1049		
0.22	0.5261	0.48	0.5881	0.90	0.2854	2.05	0.1011		
0.23	0.6018	0.49	0.5820	0.92	0.2704	2.10	0.0966		
0.24	0.6507	0.50	0.5625	0.94	0.2593	2.15	0.0920		
0.25	0.6835	0.51	0.5386	0.96	0.2464	2.20	0.0873		

Tabella 13: Valori tabellari dello spettro medio di output

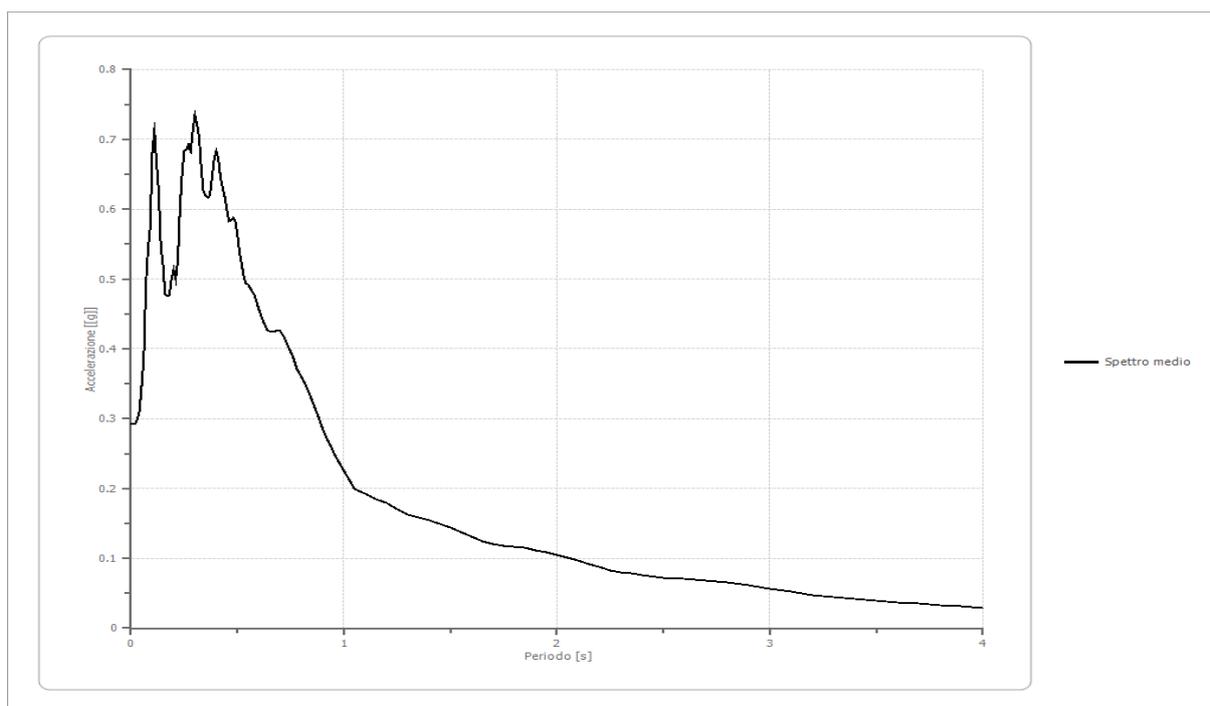


Figura 24: Spettro medio di output

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro normalizzato di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2712	0.26	0.6201	0.52	0.5893	0.98	0.3127	2.25	0.1362
0.01	0.2924	0.27	0.6201	0.53	0.5782	1.00	0.3065	2.30	0.1332
0.02	0.3136	0.28	0.6201	0.54	0.5675	1.05	0.2919	2.35	0.1304
0.03	0.3347	0.29	0.6201	0.55	0.5572	1.10	0.2786	2.40	0.1277
0.04	0.3559	0.30	0.6201	0.56	0.5472	1.15	0.2665	2.50	0.1226
0.05	0.3771	0.31	0.6201	0.57	0.5376	1.20	0.2554	2.60	0.1179
0.06	0.3983	0.32	0.6201	0.58	0.5284	1.25	0.2452	2.70	0.1135
0.07	0.4194	0.33	0.6201	0.60	0.5108	1.30	0.2357	2.80	0.1094
0.08	0.4406	0.34	0.6201	0.62	0.4943	1.35	0.2270	2.90	0.1057
0.09	0.4618	0.35	0.6201	0.64	0.4788	1.40	0.2189	3.00	0.1022
0.10	0.4830	0.36	0.6201	0.66	0.4643	1.45	0.2113	3.10	0.0989
0.11	0.5041	0.37	0.6201	0.68	0.4507	1.50	0.2043	3.20	0.0958
0.12	0.5253	0.38	0.6201	0.70	0.4378	1.55	0.1977	3.30	0.0929
0.13	0.5465	0.39	0.6201	0.72	0.4256	1.60	0.1915	3.40	0.0901
0.14	0.5677	0.40	0.6201	0.74	0.4141	1.65	0.1857	3.50	0.0876
0.15	0.5888	0.41	0.6201	0.76	0.4032	1.70	0.1803	3.60	0.0851
0.16	0.6100	0.42	0.6201	0.78	0.3929	1.75	0.1751	3.70	0.0828
0.17	0.6201	0.43	0.6201	0.80	0.3831	1.80	0.1703	3.80	0.0806
0.18	0.6201	0.44	0.6201	0.82	0.3737	1.85	0.1657	3.90	0.0786
0.19	0.6201	0.45	0.6201	0.84	0.3648	1.90	0.1613	4.00	0.0766
0.20	0.6201	0.46	0.6201	0.86	0.3563	1.95	0.1572		
0.21	0.6201	0.47	0.6201	0.88	0.3482	2.00	0.1532		
0.22	0.6201	0.48	0.6201	0.90	0.3405	2.05	0.1495		
0.23	0.6201	0.49	0.6201	0.92	0.3331	2.10	0.1459		
0.24	0.6201	0.50	0.6129	0.94	0.3260	2.15	0.1425		
0.25	0.6201	0.51	0.6009	0.96	0.3192	2.20	0.1393		

Tabella 14: Valori tabellari dello spettro normalizzato di output

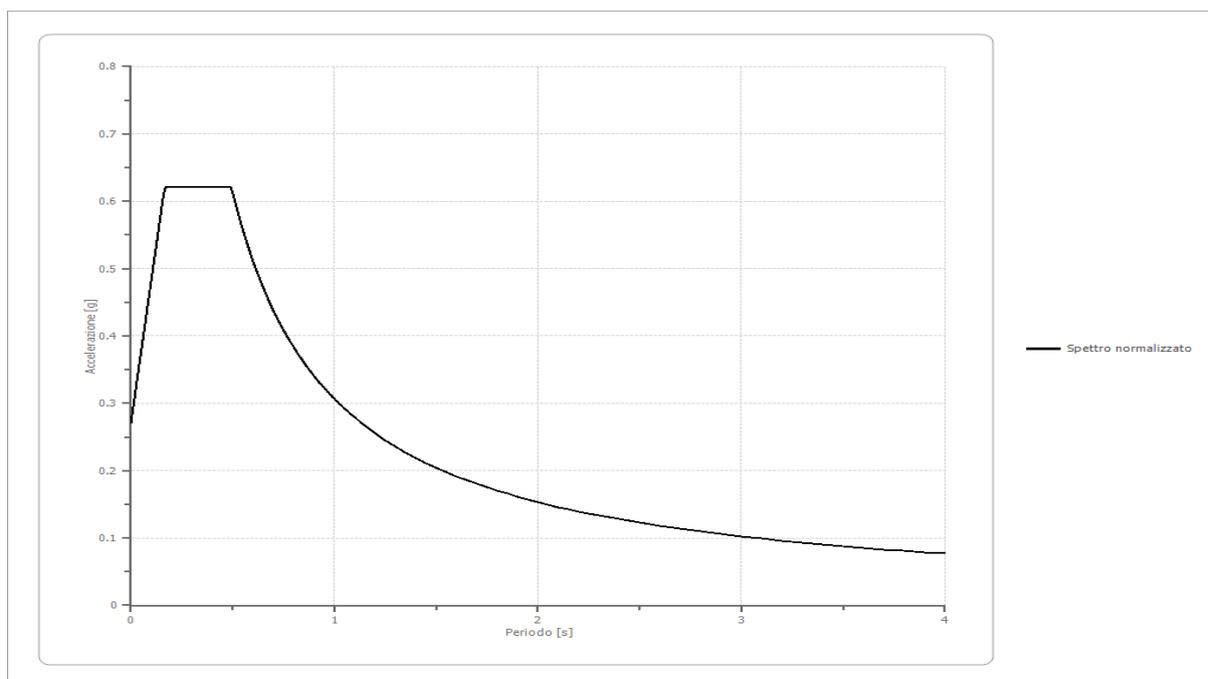


Figura 25: Spettro medio di output

6.4.3 Parco eolico: Aerogeneratore A7 - MASW/Re.Mi. 3

Di seguito la rappresentazione grafica dell'amplificazione in frequenza degli accelerogrammi utilizzati per il modello di riferimento:

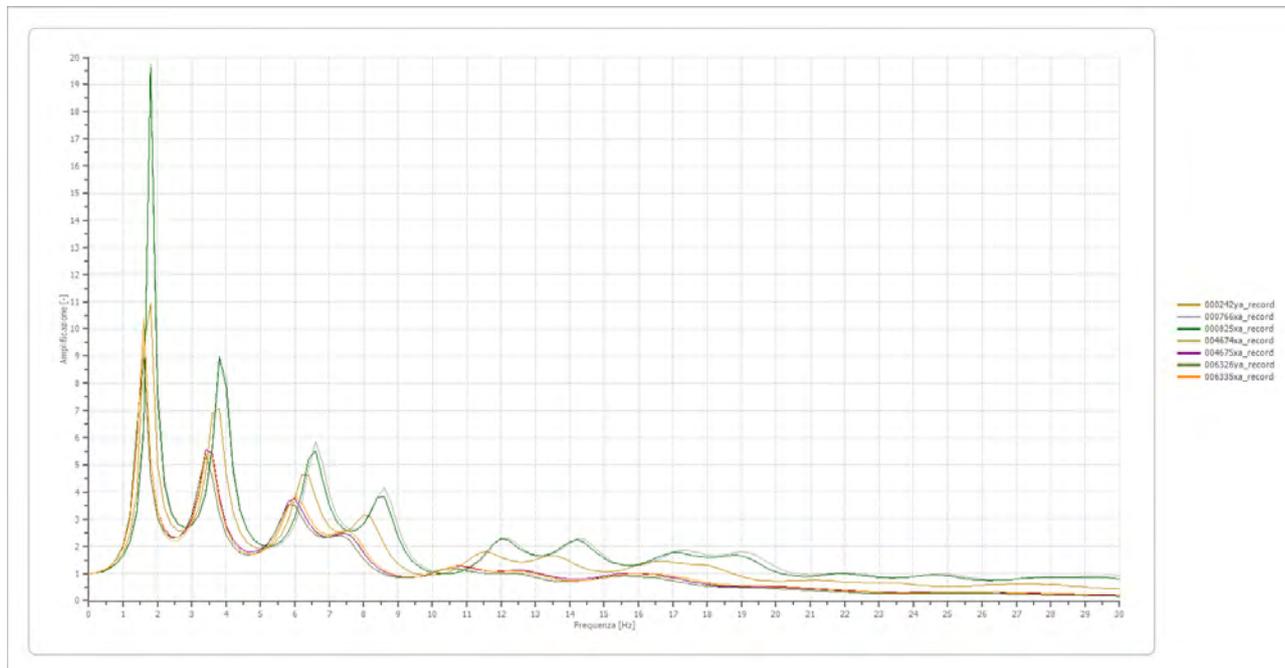


Figura 26: Amplificazione in frequenza degli accelerogrammi di input

Nella figura seguente è invece riportata la trasformata di Fourier per ogni accelerogramma selezionato.

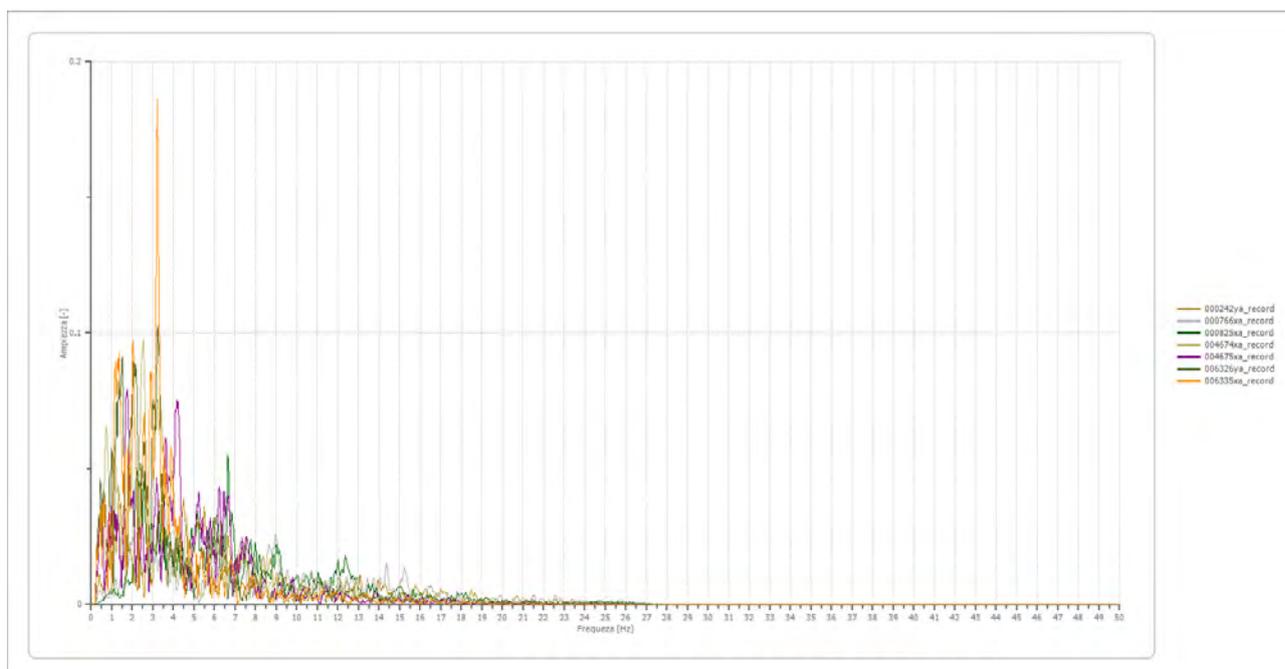


Figura 27: Trasformata di Fourier degli accelerogrammi di input

Mediante l'anti trasformata di Fourier (somma di armoniche) si ottiene lo scuotimento atteso alla superficie (spettro in accelerazione di output).

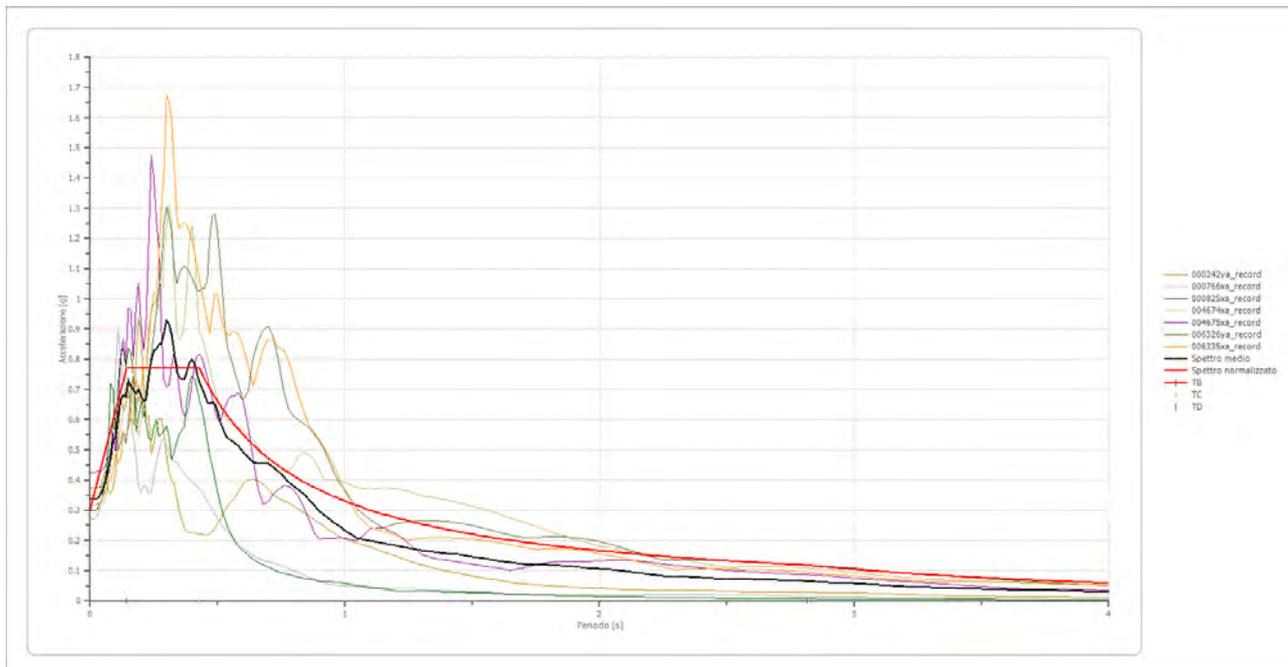


Figura 28: Spettri di output per ciascun accelerogramma considerato

Di seguito si riporta lo spettro medio e lo spettro normalizzato di output ottenuto per la l'area dell'aerogeneratore A7 (MASW/Re.Mi. 3), confrontato con lo spettro di norma categoria di sottosuolo C e topografica T1:

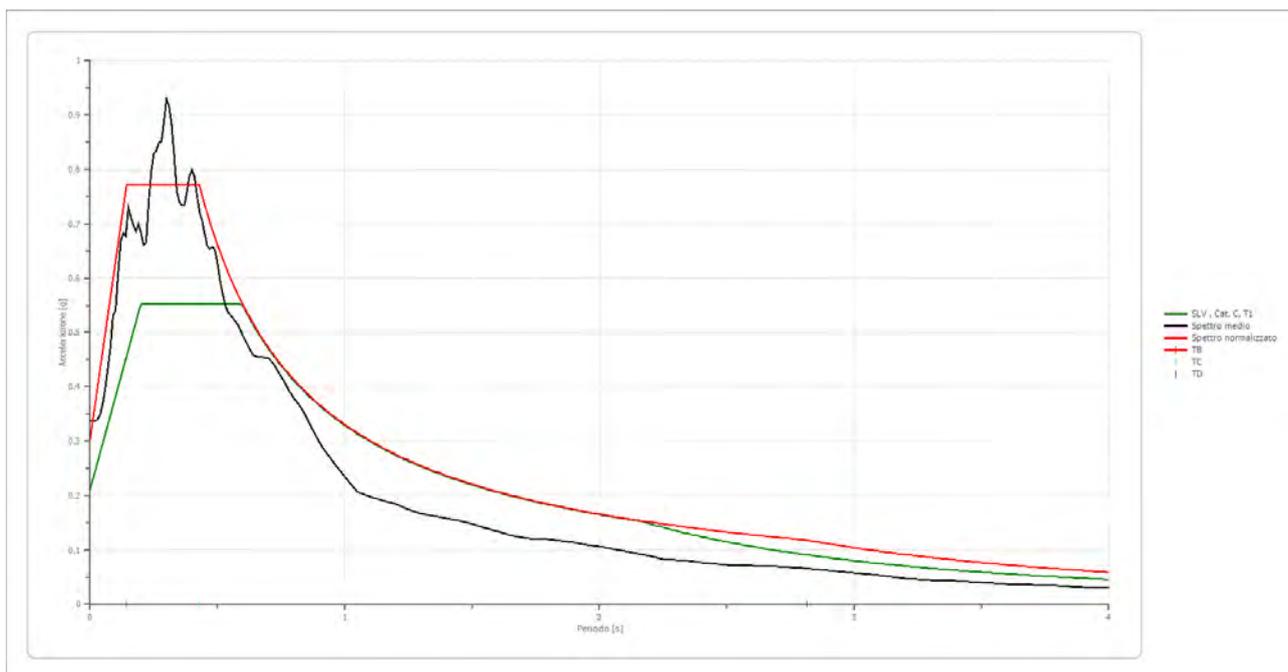


Figura 29: Confronto tra spettro medio di output e spettro normalizzato con lo spettro di normativa di cat. C, T1

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Per la definizione di **FA** e di **FV**, si è proceduti secondo quanto definito negli ICMS (2018):

Tai [s]	Tvi [s]	Tao [s]	Tvo [s]	Sami [m/s ²]	Svmi [m/s ²]	Samo [m/s ²]	Svmo [m/s ²]
0.110	2.150	0.300	0.780	3.741	0.318	7.563	0.516

Da cui è stato possibile determinare:

- il valore di **FA** pari al rapporto $S_{Am,o} / S_{Am,i} = 2.022$
- il valore di **FV** è pari al rapporto $S_{Vm,o} / S_{Vm,i} = 1.624$

I parametri tabellati dello **spettro normalizzato** sono i seguenti:

ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.304	2.539	0.429	0.143	0.429	2.815	0.304	0.771

Con

S (fatt. amplificazione) = 2.123

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro medio di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.3363	0.26	0.8347	0.52	0.5722	0.98	0.2461	2.25	0.0833
0.01	0.3363	0.27	0.8497	0.53	0.5512	1.00	0.2347	2.30	0.0806
0.02	0.3363	0.28	0.8515	0.54	0.5378	1.05	0.2067	2.35	0.0792
0.03	0.3409	0.29	0.8878	0.55	0.5329	1.10	0.1979	2.40	0.0772
0.04	0.3500	0.30	0.9295	0.56	0.5272	1.15	0.1904	2.50	0.0729
0.05	0.3701	0.31	0.9159	0.57	0.5202	1.20	0.1839	2.60	0.0711
0.06	0.3986	0.32	0.8826	0.58	0.5148	1.25	0.1746	2.70	0.0689
0.07	0.4356	0.33	0.8256	0.60	0.4946	1.30	0.1662	2.80	0.0659
0.08	0.4734	0.34	0.7617	0.62	0.4743	1.35	0.1617	2.90	0.0620
0.09	0.5318	0.35	0.7398	0.64	0.4591	1.40	0.1577	3.00	0.0574
0.10	0.5405	0.36	0.7334	0.66	0.4541	1.45	0.1527	3.10	0.0524
0.11	0.6091	0.37	0.7335	0.68	0.4540	1.50	0.1468	3.20	0.0479
0.12	0.6670	0.38	0.7582	0.70	0.4534	1.55	0.1404	3.30	0.0447
0.13	0.6827	0.39	0.7881	0.72	0.4430	1.60	0.1339	3.40	0.0420
0.14	0.6776	0.40	0.7997	0.74	0.4262	1.65	0.1273	3.50	0.0396
0.15	0.7297	0.41	0.7859	0.76	0.4113	1.70	0.1227	3.60	0.0372
0.16	0.7120	0.42	0.7508	0.78	0.3932	1.75	0.1199	3.70	0.0354
0.17	0.6978	0.43	0.7208	0.80	0.3790	1.80	0.1192	3.80	0.0335
0.18	0.6865	0.44	0.7047	0.82	0.3671	1.85	0.1172	3.90	0.0315
0.19	0.6984	0.45	0.6819	0.84	0.3525	1.90	0.1139	4.00	0.0293
0.20	0.6824	0.46	0.6590	0.86	0.3334	1.95	0.1099		
0.21	0.6604	0.47	0.6538	0.88	0.3156	2.00	0.1063		
0.22	0.6659	0.48	0.6582	0.90	0.2984	2.05	0.1025		
0.23	0.7404	0.49	0.6518	0.92	0.2832	2.10	0.0979		
0.24	0.7968	0.50	0.6290	0.94	0.2716	2.15	0.0932		
0.25	0.8293	0.51	0.5959	0.96	0.2582	2.20	0.0883		

Tabella 15: Valori tabellari dello spettro medio di output

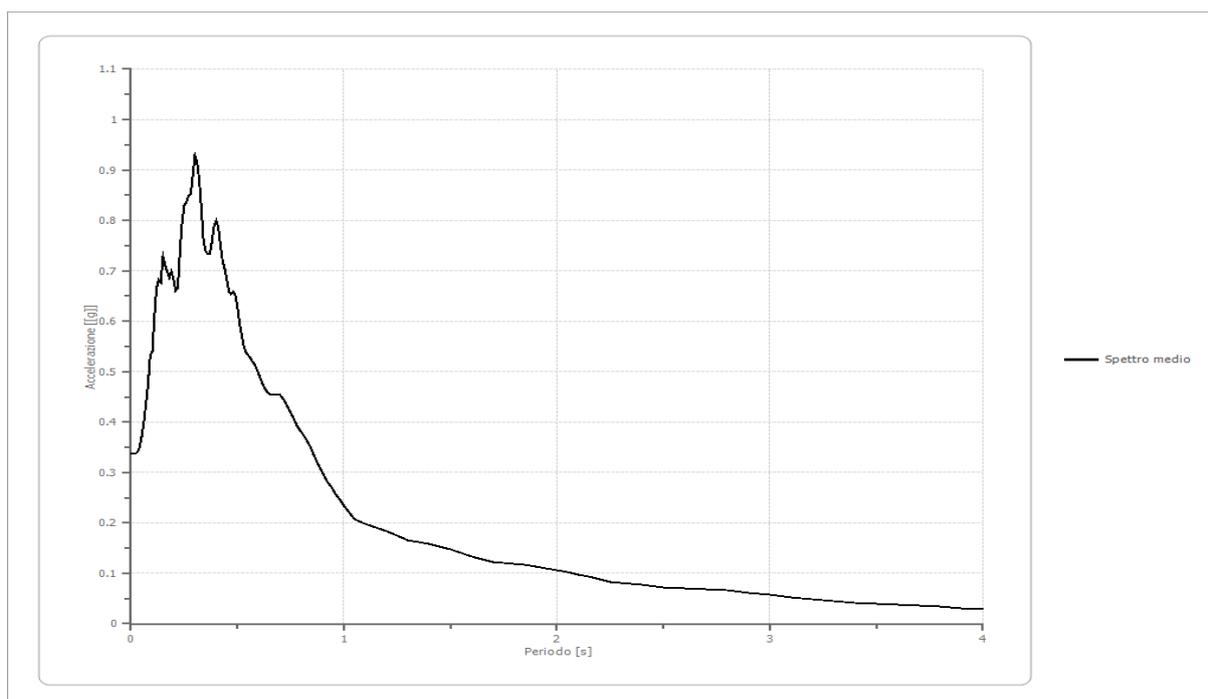


Figura 30: Spettro medio di output

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro normalizzato di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.3036	0.26	0.7710	0.52	0.6361	0.98	0.3375	2.25	0.1470
0.01	0.3363	0.27	0.7710	0.53	0.6241	1.00	0.3308	2.30	0.1438
0.02	0.3690	0.28	0.7710	0.54	0.6126	1.05	0.3150	2.35	0.1408
0.03	0.4017	0.29	0.7710	0.55	0.6014	1.10	0.3007	2.40	0.1378
0.04	0.4344	0.30	0.7710	0.56	0.5907	1.15	0.2876	2.50	0.1323
0.05	0.4670	0.31	0.7710	0.57	0.5803	1.20	0.2757	2.60	0.1272
0.06	0.4997	0.32	0.7710	0.58	0.5703	1.25	0.2646	2.70	0.1225
0.07	0.5324	0.33	0.7710	0.60	0.5513	1.30	0.2544	2.80	0.1181
0.08	0.5651	0.34	0.7710	0.62	0.5335	1.35	0.2450	2.90	0.1141
0.09	0.5978	0.35	0.7710	0.64	0.5168	1.40	0.2363	3.00	0.1103
0.10	0.6304	0.36	0.7710	0.66	0.5012	1.45	0.2281	3.10	0.1067
0.11	0.6631	0.37	0.7710	0.68	0.4864	1.50	0.2205	3.20	0.1034
0.12	0.6958	0.38	0.7710	0.70	0.4725	1.55	0.2134	3.30	0.1002
0.13	0.7285	0.39	0.7710	0.72	0.4594	1.60	0.2067	3.40	0.0973
0.14	0.7611	0.40	0.7710	0.74	0.4470	1.65	0.2005	3.50	0.0945
0.15	0.7710	0.41	0.7710	0.76	0.4352	1.70	0.1946	3.60	0.0919
0.16	0.7710	0.42	0.7710	0.78	0.4241	1.75	0.1890	3.70	0.0894
0.17	0.7710	0.43	0.7693	0.80	0.4135	1.80	0.1838	3.80	0.0870
0.18	0.7710	0.44	0.7518	0.82	0.4034	1.85	0.1788	3.90	0.0848
0.19	0.7710	0.45	0.7351	0.84	0.3938	1.90	0.1741	4.00	0.0827
0.20	0.7710	0.46	0.7191	0.86	0.3846	1.95	0.1696		
0.21	0.7710	0.47	0.7038	0.88	0.3759	2.00	0.1654		
0.22	0.7710	0.48	0.6891	0.90	0.3675	2.05	0.1614		
0.23	0.7710	0.49	0.6751	0.92	0.3595	2.10	0.1575		
0.24	0.7710	0.50	0.6616	0.94	0.3519	2.15	0.1539		
0.25	0.7710	0.51	0.6486	0.96	0.3446	2.20	0.1504		

Tabella 16: Valori tabellari dello spettro normalizzato di output

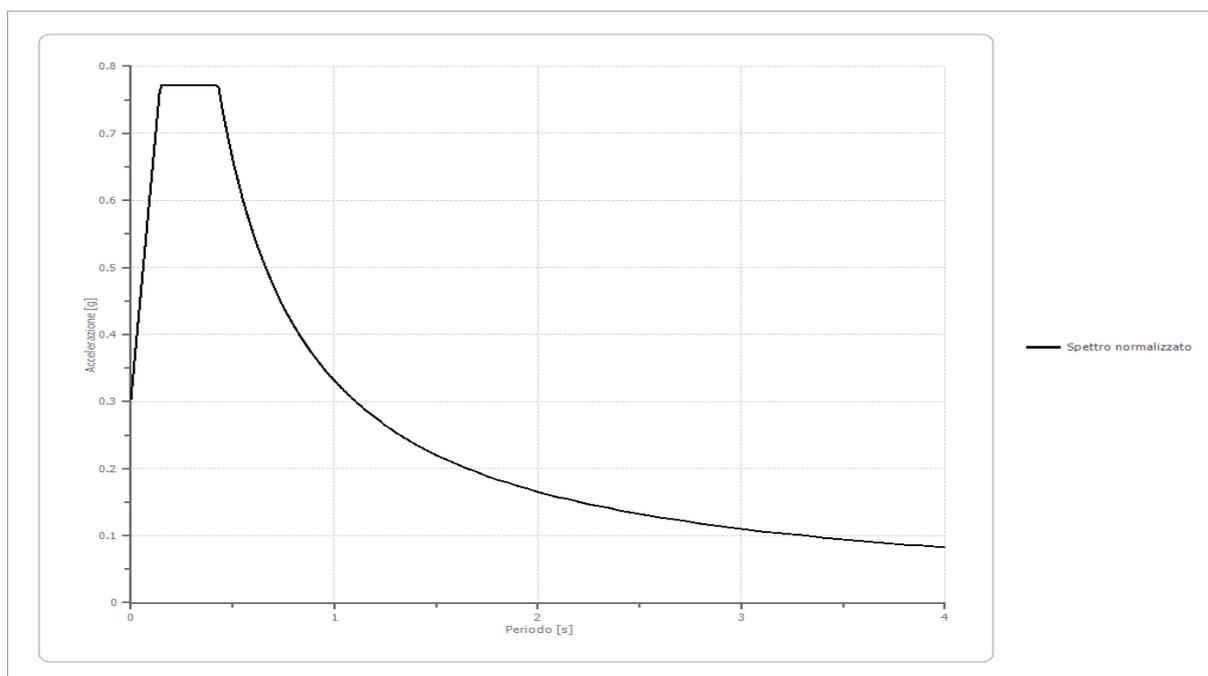


Figura 31: Spettro medio di output

6.4.4 Parco eolico: Aerogeneratore A3 - MASW/Re.Mi. 4

Di seguito la rappresentazione grafica dell'amplificazione in frequenza degli accelerogrammi utilizzati per il modello di riferimento:

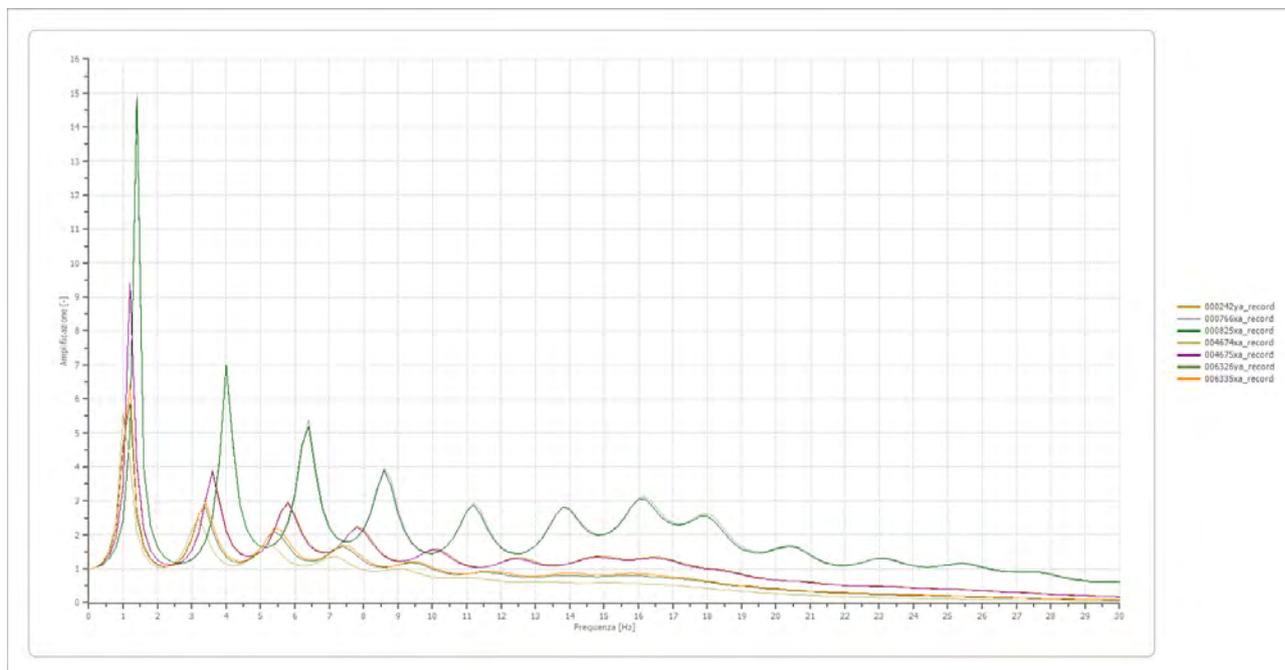


Figura 32: Amplificazione in frequenza degli accelerogrammi di input

Nella figura seguente è invece riportata la trasformata di Fourier per ogni accelerogramma selezionato.

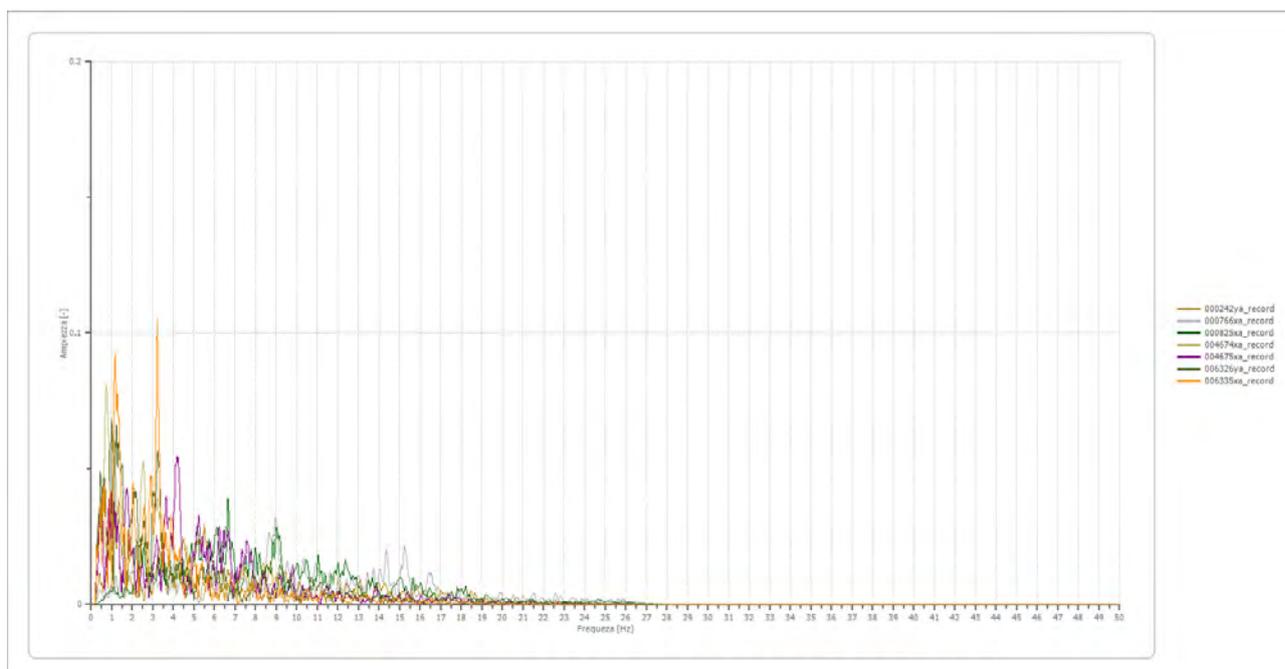


Figura 33: Trasformata di Fourier degli accelerogrammi di input

Mediante l'anti trasformata di Fourier (somma di armoniche) si ottiene lo scuotimento atteso alla superficie (spettro in accelerazione di output).

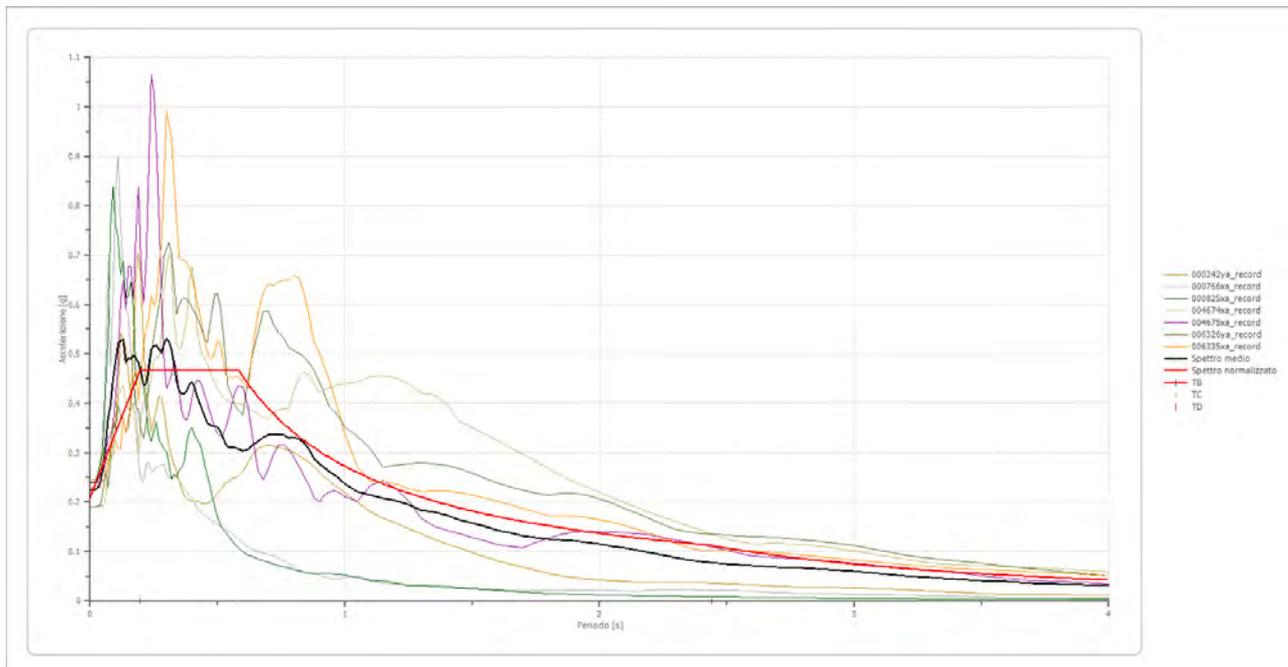


Figura 34: Spettri di output per ciascun accelerogramma considerato

Di seguito si riporta lo spettro medio e lo spettro normalizzato di output ottenuto per la l'area dell'aerogeneratore A3 (MASW/Re.Mi. 4), confrontato con lo spettro di norma categoria di sottosuolo C e topografica T1:

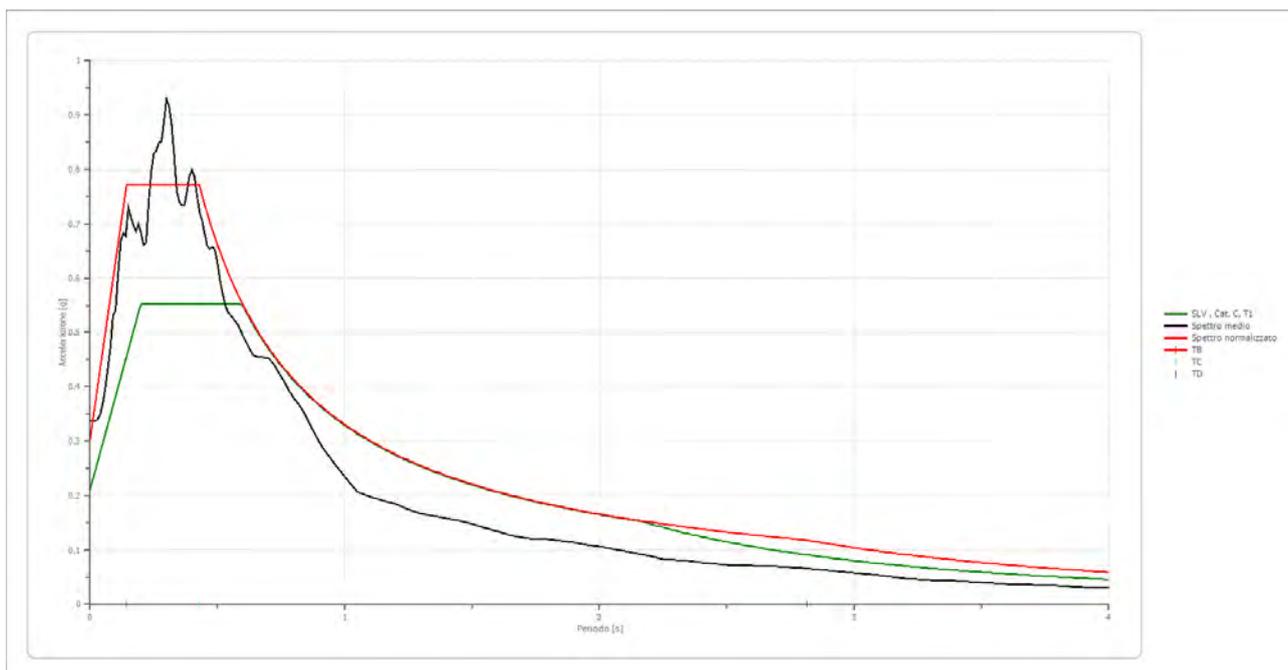


Figura 35: Confronto tra spettro medio di output e spettro normalizzato con lo spettro di normativa di cat. C, T1

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Per la definizione di **FA** e di **FV**, si è proceduti secondo quanto definito negli ICMS (2018):

Tai [s]	Tvi [s]	Tao [s]	Tvo [s]	Sami [m/s ²]	Svmi [m/s ²]	Samo [m/s ²]	Svmo [m/s ²]
0.110	2.150	0.300	2.250	3.741	0.318	4.565	0.426

Da cui è stato possibile determinare:

- il valore di **FA** pari al rapporto $S_{Am,o} / S_{Am,i} = 1.220$
- il valore di **FV** è pari al rapporto $S_{Vm,o} / S_{Vm,i} = 1.338$

I parametri tabellati dello **spettro normalizzato** sono i seguenti:

ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.210	2.215	0.586	0.195	0.586	2.440	0.210	0.465

Con

S (fatt. amplificazione) = 1.469

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro medio di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2231	0.26	0.5174	0.52	0.3323	0.98	0.2466	2.25	0.0925
0.01	0.2231	0.27	0.5093	0.53	0.3192	1.00	0.2370	2.30	0.0876
0.02	0.2231	0.28	0.5026	0.54	0.3108	1.05	0.2203	2.35	0.0834
0.03	0.2291	0.29	0.5192	0.55	0.3103	1.10	0.2144	2.40	0.0802
0.04	0.2397	0.30	0.5305	0.56	0.3101	1.15	0.2077	2.50	0.0749
0.05	0.2673	0.31	0.5248	0.57	0.3097	1.20	0.2025	2.60	0.0707
0.06	0.3113	0.32	0.5086	0.58	0.3087	1.25	0.1939	2.70	0.0688
0.07	0.3689	0.33	0.4764	0.60	0.3037	1.30	0.1836	2.80	0.0661
0.08	0.3960	0.34	0.4421	0.62	0.3065	1.35	0.1793	2.90	0.0632
0.09	0.4495	0.35	0.4246	0.64	0.3169	1.40	0.1730	3.00	0.0595
0.10	0.4827	0.36	0.4190	0.66	0.3231	1.45	0.1635	3.10	0.0552
0.11	0.5232	0.37	0.4199	0.68	0.3310	1.50	0.1570	3.20	0.0507
0.12	0.5253	0.38	0.4254	0.70	0.3352	1.55	0.1502	3.30	0.0468
0.13	0.5291	0.39	0.4379	0.72	0.3359	1.60	0.1434	3.40	0.0436
0.14	0.4838	0.40	0.4423	0.74	0.3370	1.65	0.1372	3.50	0.0410
0.15	0.4917	0.41	0.4330	0.76	0.3353	1.70	0.1313	3.60	0.0385
0.16	0.4895	0.42	0.4134	0.78	0.3294	1.75	0.1279	3.70	0.0364
0.17	0.4962	0.43	0.4001	0.80	0.3306	1.80	0.1249	3.80	0.0345
0.18	0.4921	0.44	0.3865	0.82	0.3277	1.85	0.1235	3.90	0.0324
0.19	0.4813	0.45	0.3727	0.84	0.3196	1.90	0.1215	4.00	0.0302
0.20	0.4607	0.46	0.3608	0.86	0.3060	1.95	0.1186		
0.21	0.4360	0.47	0.3569	0.88	0.2877	2.00	0.1149		
0.22	0.4399	0.48	0.3545	0.90	0.2767	2.05	0.1108		
0.23	0.4747	0.49	0.3538	0.92	0.2698	2.10	0.1064		
0.24	0.5088	0.50	0.3514	0.94	0.2618	2.15	0.1019		
0.25	0.5166	0.51	0.3439	0.96	0.2549	2.20	0.0973		

Tabella 17: Valori tabellari dello spettro medio di output

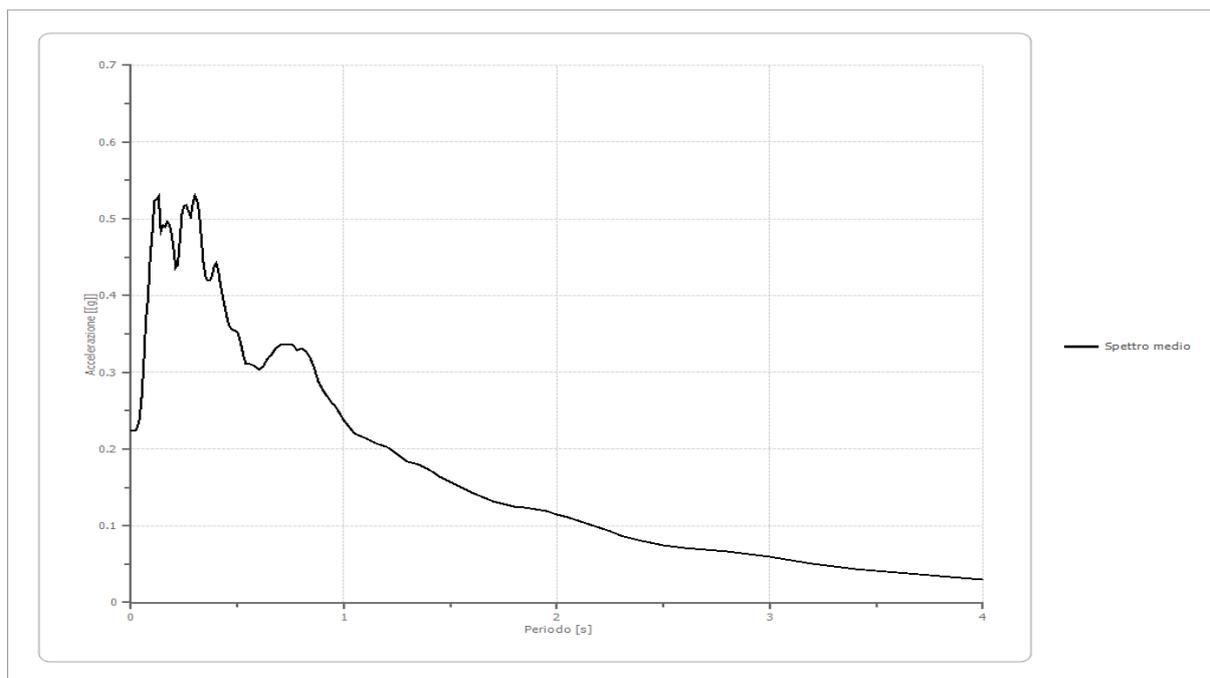


Figura 36: Spettro medio di output

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro normalizzato di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2101	0.26	0.4654	0.52	0.4654	0.98	0.2781	2.25	0.1211
0.01	0.2231	0.27	0.4654	0.53	0.4654	1.00	0.2726	2.30	0.1185
0.02	0.2362	0.28	0.4654	0.54	0.4654	1.05	0.2596	2.35	0.1160
0.03	0.2493	0.29	0.4654	0.55	0.4654	1.10	0.2478	2.40	0.1136
0.04	0.2624	0.30	0.4654	0.56	0.4654	1.15	0.2370	2.50	0.1090
0.05	0.2754	0.31	0.4654	0.57	0.4654	1.20	0.2272	2.60	0.1048
0.06	0.2885	0.32	0.4654	0.58	0.4654	1.25	0.2181	2.70	0.1010
0.07	0.3016	0.33	0.4654	0.60	0.4543	1.30	0.2097	2.80	0.0974
0.08	0.3147	0.34	0.4654	0.62	0.4397	1.35	0.2019	2.90	0.0940
0.09	0.3277	0.35	0.4654	0.64	0.4259	1.40	0.1947	3.00	0.0909
0.10	0.3408	0.36	0.4654	0.66	0.4130	1.45	0.1880	3.10	0.0879
0.11	0.3539	0.37	0.4654	0.68	0.4009	1.50	0.1817	3.20	0.0852
0.12	0.3670	0.38	0.4654	0.70	0.3894	1.55	0.1759	3.30	0.0826
0.13	0.3800	0.39	0.4654	0.72	0.3786	1.60	0.1704	3.40	0.0802
0.14	0.3931	0.40	0.4654	0.74	0.3684	1.65	0.1652	3.50	0.0779
0.15	0.4062	0.41	0.4654	0.76	0.3587	1.70	0.1603	3.60	0.0757
0.16	0.4193	0.42	0.4654	0.78	0.3495	1.75	0.1558	3.70	0.0737
0.17	0.4323	0.43	0.4654	0.80	0.3407	1.80	0.1514	3.80	0.0717
0.18	0.4454	0.44	0.4654	0.82	0.3324	1.85	0.1473	3.90	0.0699
0.19	0.4585	0.45	0.4654	0.84	0.3245	1.90	0.1435	4.00	0.0681
0.20	0.4654	0.46	0.4654	0.86	0.3170	1.95	0.1398		
0.21	0.4654	0.47	0.4654	0.88	0.3098	2.00	0.1363		
0.22	0.4654	0.48	0.4654	0.90	0.3029	2.05	0.1330		
0.23	0.4654	0.49	0.4654	0.92	0.2963	2.10	0.1298		
0.24	0.4654	0.50	0.4654	0.94	0.2900	2.15	0.1268		
0.25	0.4654	0.51	0.4654	0.96	0.2839	2.20	0.1239		

Tabella 18: Valori tabellari dello spettro normalizzato di output

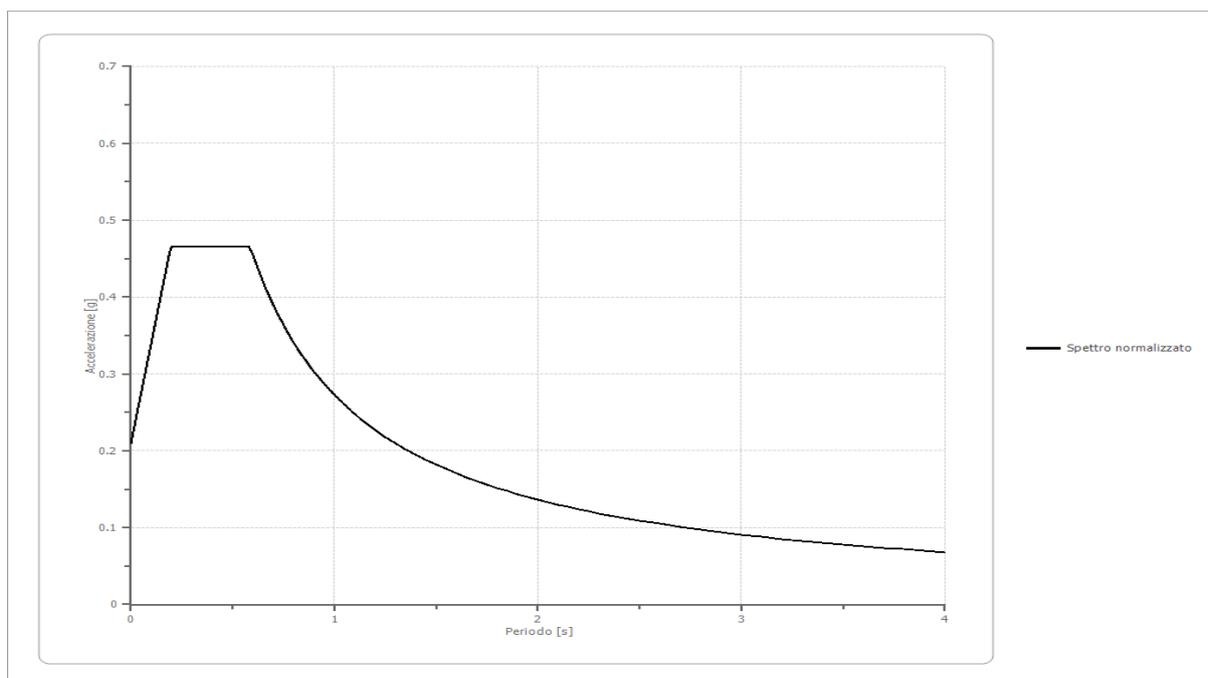


Figura 37: Spettro medio di output

6.4.5 Parco eolico: Aerogeneratore A8 - MASW/Re.Mi. 5

Di seguito la rappresentazione grafica dell'amplificazione in frequenza degli accelerogrammi utilizzati per il modello di riferimento:

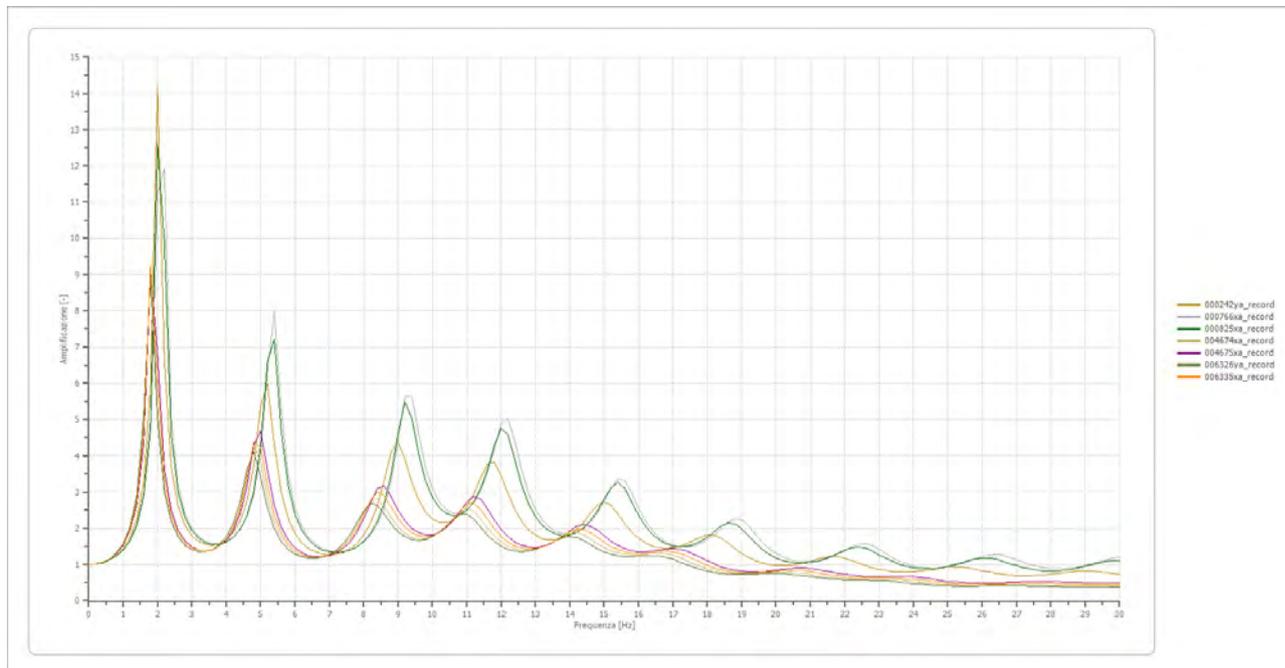


Figura 38: Amplificazione in frequenza degli accelerogrammi di input

Nella figura seguente è invece riportata la trasformata di Fourier per ogni accelerogramma selezionato.

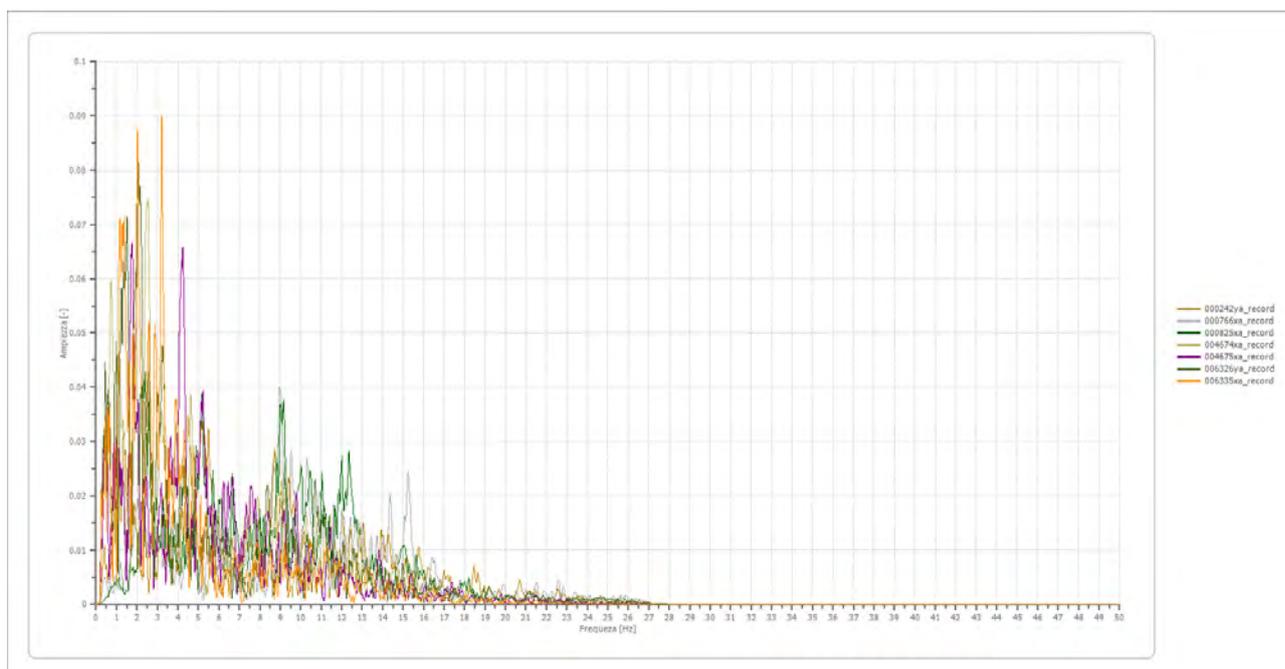


Figura 39: Trasformata di Fourier degli accelerogrammi di input

Mediante l'anti trasformata di Fourier (somma di armoniche) si ottiene lo scuotimento atteso alla superficie (spettro in accelerazione di output).

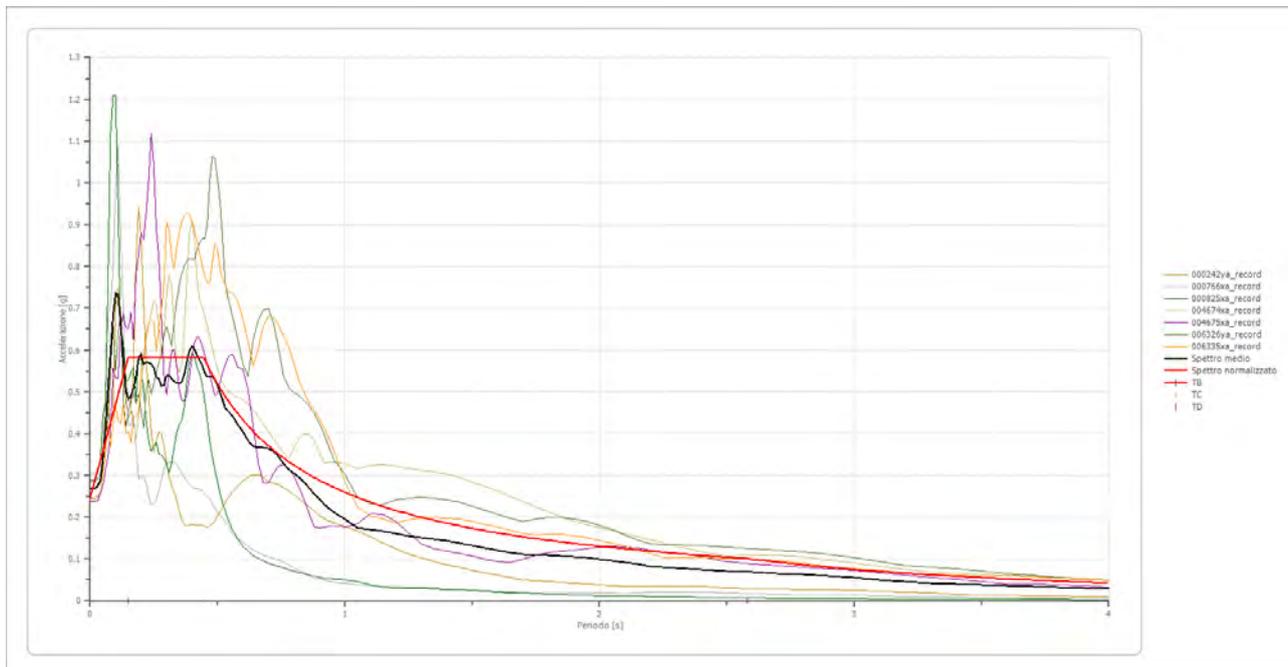


Figura 40: Spettri di output per ciascun accelerogramma considerato

Di seguito si riporta lo spettro medio e lo spettro normalizzato di output ottenuto per la l'area dell'aerogeneratore A8 (MASW/Re.Mi. 5), confrontato con lo spettro di norma categoria di sottosuolo C e topografica T1:

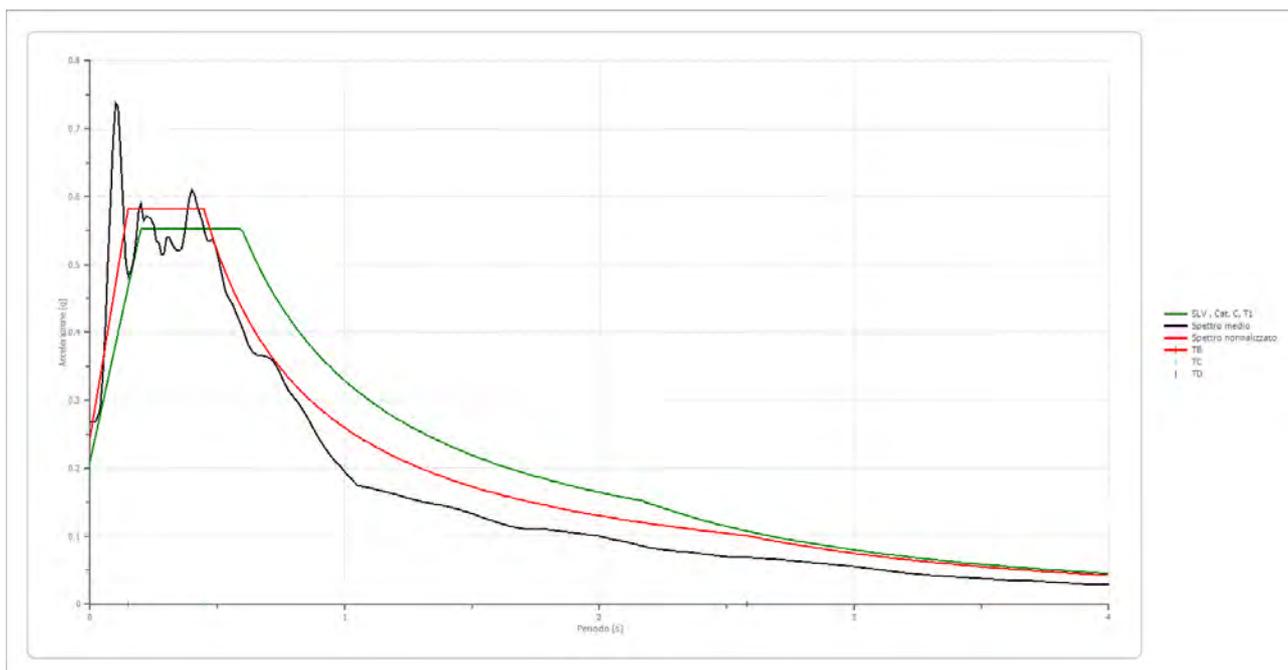


Figura 41: Confronto tra spettro medio di output e spettro normalizzato con lo spettro di normativa di cat. C, T1

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Per la definizione di **FA** e di **FV**, si è proceduti secondo quanto definito negli ICMS (2018):

Tai [s]	Tvi [s]	Tao [s]	Tvo [s]	Sami [m/s ²]	Svmi [m/s ²]	Samo [m/s ²]	Svmo [m/s ²]
0.110	2.150	0.100	0.760	3.741	0.318	5.703	0.426

Da cui è stato possibile determinare:

- il valore di **FA** pari al rapporto $S_{Am,o} / S_{Am,i} = 1.524$
- il valore di **FV** è pari al rapporto $S_{Vm,o} / S_{Vm,i} = 1.275$

I parametri tabellati dello **spettro normalizzato** sono i seguenti:

ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.245	2.372	0.447	0.149	0.447	2.580	0.245	0.581

Con

S (fatt. amplificazione) = 1.713

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro medio di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2675	0.26	0.5345	0.52	0.4805	0.98	0.2037	2.25	0.0798
0.01	0.2676	0.27	0.5317	0.53	0.4620	1.00	0.1946	2.30	0.0784
0.02	0.2676	0.28	0.5147	0.54	0.4537	1.05	0.1749	2.35	0.0766
0.03	0.2756	0.29	0.5160	0.55	0.4478	1.10	0.1712	2.40	0.0745
0.04	0.2881	0.30	0.5390	0.56	0.4409	1.15	0.1664	2.50	0.0700
0.05	0.3373	0.31	0.5402	0.57	0.4323	1.20	0.1614	2.60	0.0682
0.06	0.4072	0.32	0.5318	0.58	0.4221	1.25	0.1562	2.70	0.0659
0.07	0.5076	0.33	0.5255	0.60	0.4050	1.30	0.1512	2.80	0.0629
0.08	0.5899	0.34	0.5221	0.62	0.3826	1.35	0.1478	2.90	0.0591
0.09	0.6807	0.35	0.5202	0.64	0.3703	1.40	0.1437	3.00	0.0550
0.10	0.7370	0.36	0.5240	0.66	0.3662	1.45	0.1387	3.10	0.0506
0.11	0.7317	0.37	0.5423	0.68	0.3654	1.50	0.1329	3.20	0.0463
0.12	0.6619	0.38	0.5722	0.70	0.3637	1.55	0.1268	3.30	0.0429
0.13	0.5837	0.39	0.5979	0.72	0.3577	1.60	0.1206	3.40	0.0403
0.14	0.5036	0.40	0.6097	0.74	0.3448	1.65	0.1150	3.50	0.0379
0.15	0.4827	0.41	0.6028	0.76	0.3277	1.70	0.1112	3.60	0.0356
0.16	0.4912	0.42	0.5863	0.78	0.3141	1.75	0.1102	3.70	0.0339
0.17	0.5054	0.43	0.5753	0.80	0.3050	1.80	0.1096	3.80	0.0320
0.18	0.5341	0.44	0.5636	0.82	0.2949	1.85	0.1078	3.90	0.0300
0.19	0.5765	0.45	0.5472	0.84	0.2835	1.90	0.1054	4.00	0.0279
0.20	0.5897	0.46	0.5351	0.86	0.2703	1.95	0.1028		
0.21	0.5649	0.47	0.5350	0.88	0.2558	2.00	0.0998		
0.22	0.5709	0.48	0.5363	0.90	0.2433	2.05	0.0959		
0.23	0.5695	0.49	0.5300	0.92	0.2307	2.10	0.0915		
0.24	0.5665	0.50	0.5155	0.94	0.2212	2.15	0.0874		
0.25	0.5587	0.51	0.4980	0.96	0.2116	2.20	0.0829		

Tabella 19: Valori tabellari dello spettro medio di output

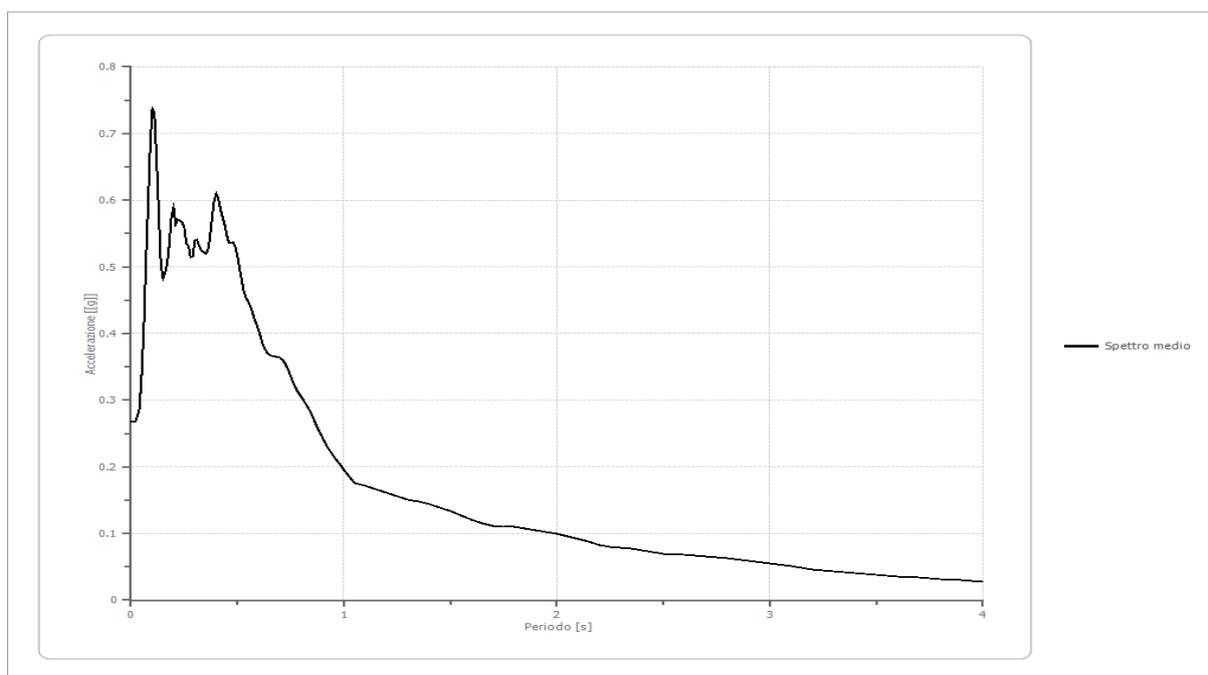


Figura 42: Spettro medio di output

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro normalizzato di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2450	0.26	0.5813	0.52	0.4995	0.98	0.2650	2.25	0.1154
0.01	0.2676	0.27	0.5813	0.53	0.4900	1.00	0.2597	2.30	0.1129
0.02	0.2902	0.28	0.5813	0.54	0.4810	1.05	0.2474	2.35	0.1105
0.03	0.3128	0.29	0.5813	0.55	0.4722	1.10	0.2361	2.40	0.1082
0.04	0.3353	0.30	0.5813	0.56	0.4638	1.15	0.2258	2.50	0.1039
0.05	0.3579	0.31	0.5813	0.57	0.4557	1.20	0.2164	2.60	0.0999
0.06	0.3805	0.32	0.5813	0.58	0.4478	1.25	0.2078	2.70	0.0962
0.07	0.4031	0.33	0.5813	0.60	0.4329	1.30	0.1998	2.80	0.0928
0.08	0.4257	0.34	0.5813	0.62	0.4189	1.35	0.1924	2.90	0.0896
0.09	0.4483	0.35	0.5813	0.64	0.4058	1.40	0.1855	3.00	0.0866
0.10	0.4708	0.36	0.5813	0.66	0.3935	1.45	0.1791	3.10	0.0838
0.11	0.4934	0.37	0.5813	0.68	0.3819	1.50	0.1731	3.20	0.0812
0.12	0.5160	0.38	0.5813	0.70	0.3710	1.55	0.1676	3.30	0.0787
0.13	0.5386	0.39	0.5813	0.72	0.3607	1.60	0.1623	3.40	0.0764
0.14	0.5612	0.40	0.5813	0.74	0.3510	1.65	0.1574	3.50	0.0742
0.15	0.5813	0.41	0.5813	0.76	0.3417	1.70	0.1528	3.60	0.0721
0.16	0.5813	0.42	0.5813	0.78	0.3330	1.75	0.1484	3.70	0.0702
0.17	0.5813	0.43	0.5813	0.80	0.3247	1.80	0.1443	3.80	0.0683
0.18	0.5813	0.44	0.5813	0.82	0.3167	1.85	0.1404	3.90	0.0666
0.19	0.5813	0.45	0.5772	0.84	0.3092	1.90	0.1367	4.00	0.0649
0.20	0.5813	0.46	0.5646	0.86	0.3020	1.95	0.1332		
0.21	0.5813	0.47	0.5526	0.88	0.2951	2.00	0.1299		
0.22	0.5813	0.48	0.5411	0.90	0.2886	2.05	0.1267		
0.23	0.5813	0.49	0.5300	0.92	0.2823	2.10	0.1237		
0.24	0.5813	0.50	0.5194	0.94	0.2763	2.15	0.1208		
0.25	0.5813	0.51	0.5093	0.96	0.2705	2.20	0.1181		

Tabella 20: Valori tabellari dello spettro normalizzato di output

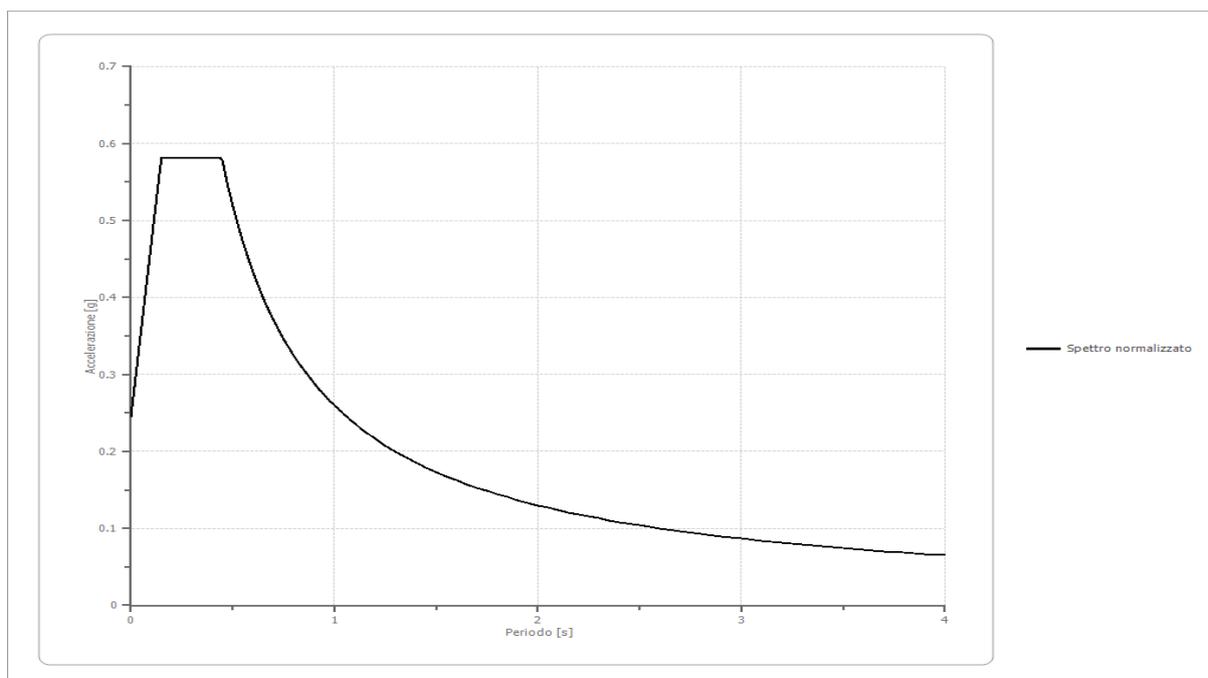


Figura 43: Spettro medio di output

6.5 Area sottostazione: analisi per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV

Per la quantificazione del moto sismico dal bedrock alla superficie nell'area della sottostazione elettrica si è proceduto come descritto precedentemente per l'analisi delle aree di interesse del parco eolico utilizzando accelerogrammi selezionati sulla base dei parametri di disaggregazione forniti per il Comune di Garaguso.

Di seguito si riportano le elaborazioni per il modello sismo-stratigrafico dell'area della sottostazione elettrica.

6.5.1 Sottostazione elettrica - MASW/Re.Mi. 6: analisi per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV

Anche per l'area della sottostazione, definiti tutti i parametri di input, si è passati al calcolo della funzione del moto sismico dal bedrock alla superficie. Di seguito la funzione di trasferimento del moto al suolo per ciascun accelerogramma considerato.

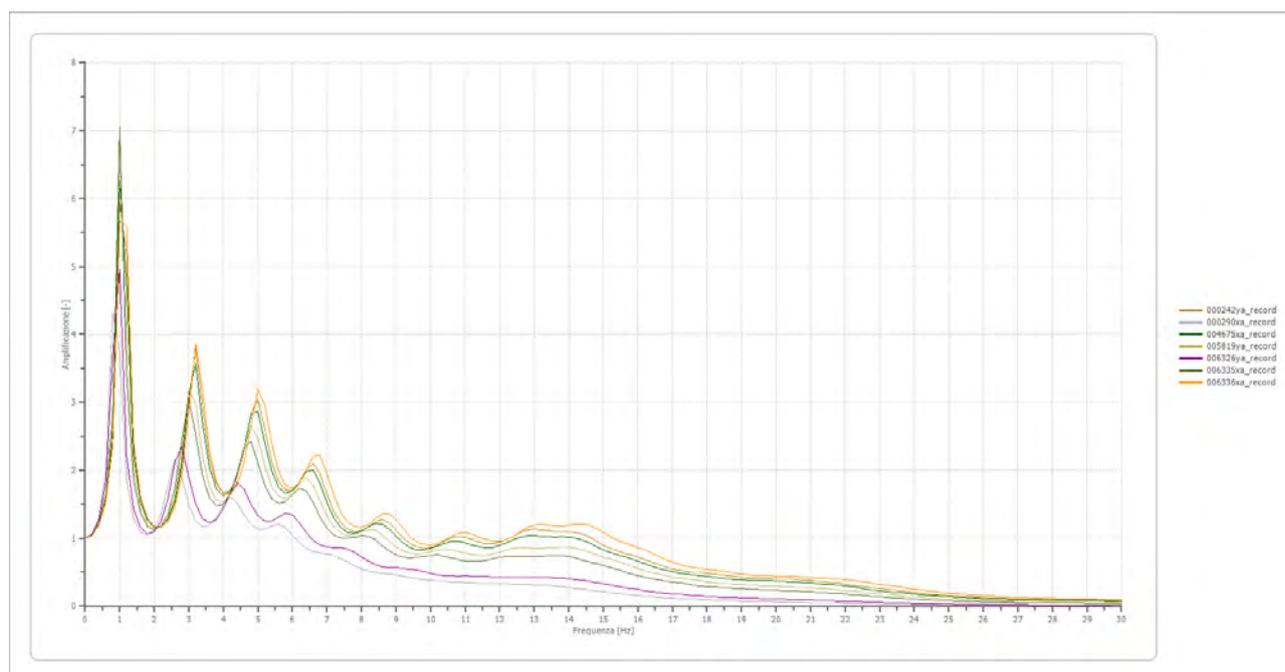


Figura 44: Amplificazione in frequenza degli accelerogrammi di input

Nella figura seguente è invece riportata la trasformata di Fourier per ogni accelerogramma selezionato.

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

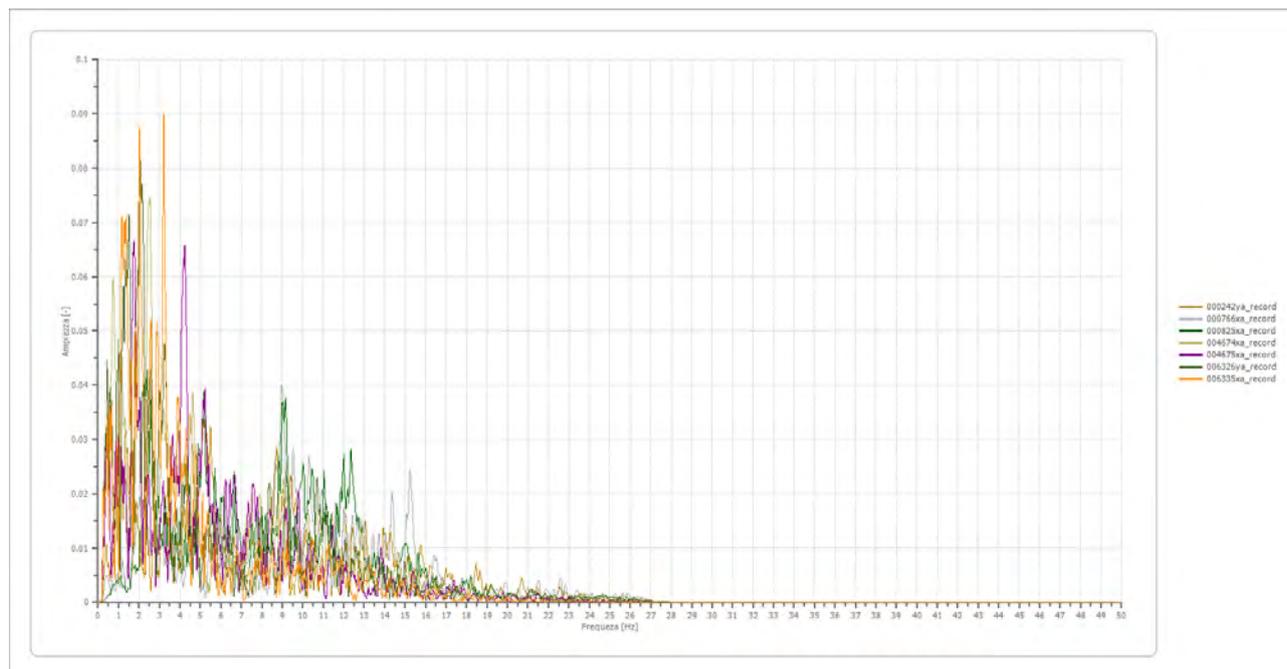


Figura 45: Trasformata di Fourier degli accelerogrammi di input

Mediante l'anti trasformata di Fourier (somma di armoniche) si ottiene lo scuotimento atteso alla superficie (spettro in accelerazione di output).

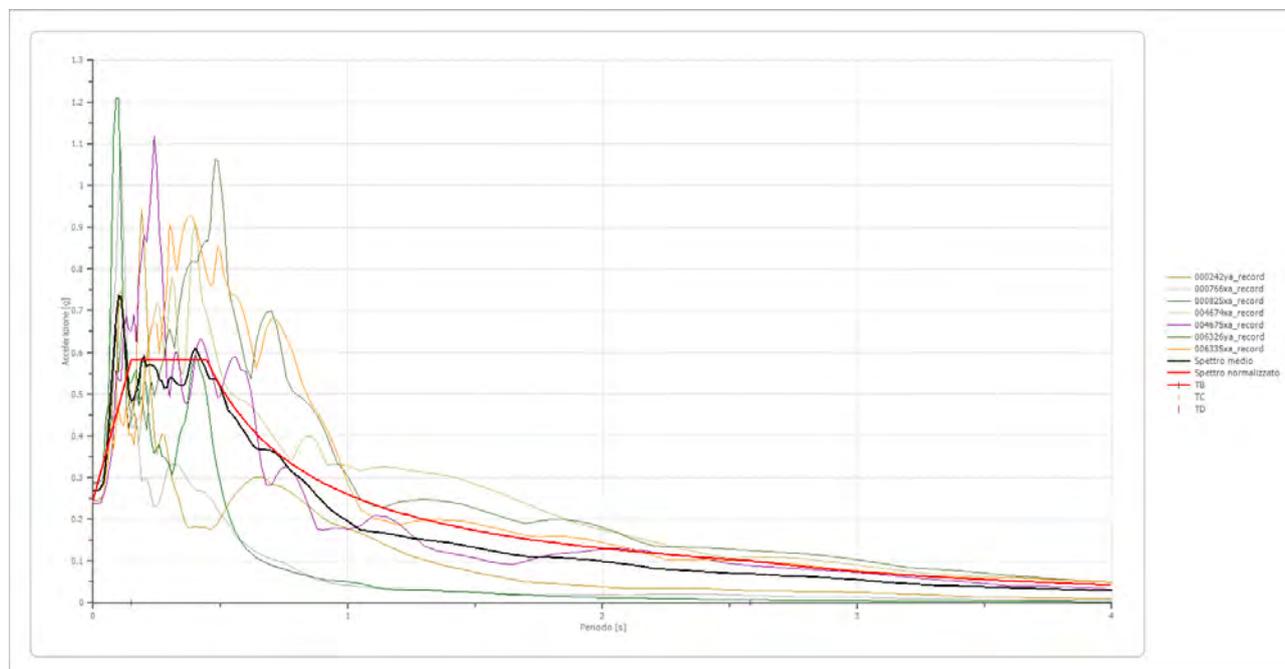


Figura 46: Spettri di output per ciascun accelerogramma considerato

Di seguito si riporta lo spettro medio e lo spettro normalizzato di output ottenuto per la l'area della sottostazione (MASW/Re.Mi. 6), confrontato con lo spettro di norma categoria di sottosuolo C e topografica T1:

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

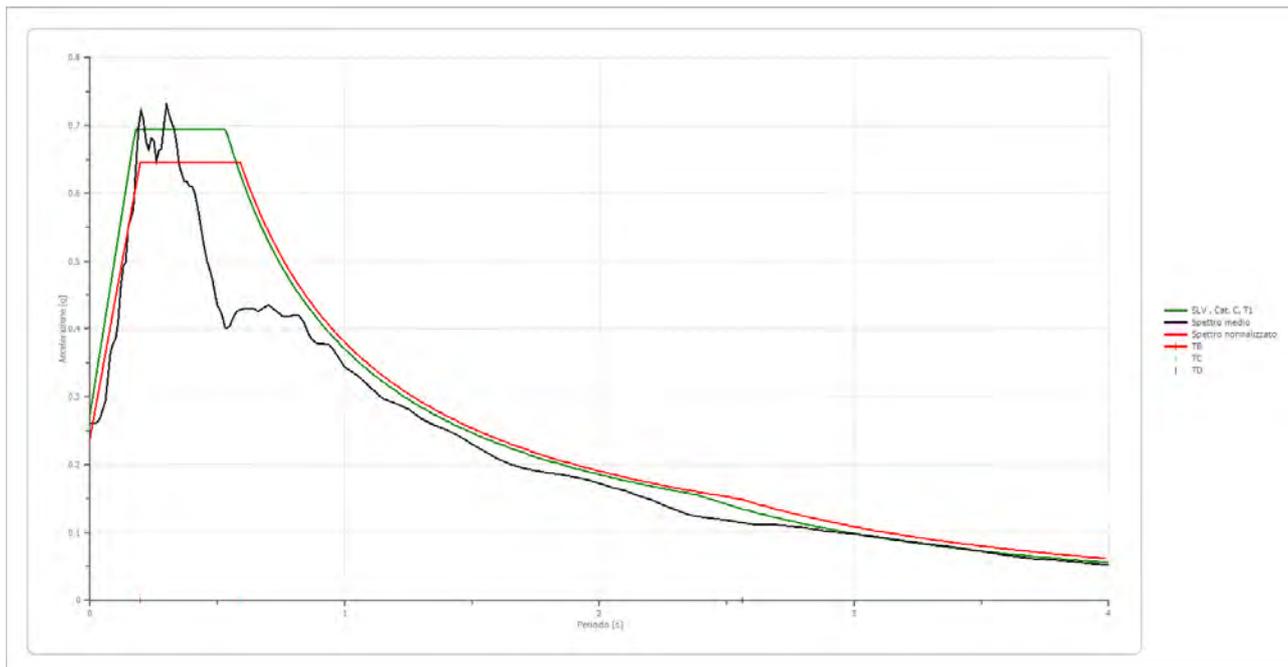


Figura 47: Confronto tra spettro medio di output e spettro normalizzato con lo spettro di normativa di cat. C, T1

Per la definizione di **FA** e di **FV**, si è proceduti secondo quanto definito negli ICMS (2018):

Tai [s]	Tvi [s]	Tao [s]	Tvo [s]	Sami [m/s ²]	Svmi [m/s ²]	Samo [m/s ²]	Svmo [m/s ²]
0.300	2.300	0.300	1.850	4.632	0.432	6.326	0.594

Da cui è stato possibile determinare:

- il valore di **FA** pari al rapporto $S_{Am,o} / S_{Am,i} = 1.366$
- il valore di **FV** è pari al rapporto $S_{Vm,o} / S_{Vm,i} = 1.376$

I parametri tabellati dello **spettro normalizzato** sono i seguenti:

ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.240	2.686	0.590	0.197	0.590	2.560	0.240	0.645

Con

S (fatt. amplificazione) = 1.225

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro medio di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2607	0.26	0.6481	0.52	0.4172	0.98	0.3550	2.25	0.1408
0.01	0.2607	0.27	0.6630	0.53	0.4020	1.00	0.3433	2.30	0.1331
0.02	0.2607	0.28	0.6652	0.54	0.4011	1.05	0.3310	2.35	0.1265
0.03	0.2637	0.29	0.7005	0.55	0.4063	1.10	0.3139	2.40	0.1230
0.04	0.2694	0.30	0.7301	0.56	0.4149	1.15	0.2968	2.50	0.1174
0.05	0.2815	0.31	0.7158	0.57	0.4226	1.20	0.2907	2.60	0.1124
0.06	0.2926	0.32	0.7048	0.58	0.4274	1.25	0.2824	2.70	0.1114
0.07	0.3291	0.33	0.6951	0.60	0.4295	1.30	0.2682	2.80	0.1069
0.08	0.3657	0.34	0.6722	0.62	0.4295	1.35	0.2585	2.90	0.1020
0.09	0.3792	0.35	0.6411	0.64	0.4310	1.40	0.2513	3.00	0.0977
0.10	0.3850	0.36	0.6292	0.66	0.4261	1.45	0.2414	3.10	0.0927
0.11	0.4104	0.37	0.6174	0.68	0.4307	1.50	0.2305	3.20	0.0877
0.12	0.4599	0.38	0.6176	0.70	0.4349	1.55	0.2194	3.30	0.0828
0.13	0.4923	0.39	0.6112	0.72	0.4297	1.60	0.2089	3.40	0.0773
0.14	0.4991	0.40	0.6096	0.74	0.4231	1.65	0.2008	3.50	0.0719
0.15	0.5530	0.41	0.6016	0.76	0.4180	1.70	0.1951	3.60	0.0666
0.16	0.5625	0.42	0.5836	0.78	0.4181	1.75	0.1915	3.70	0.0618
0.17	0.5763	0.43	0.5633	0.80	0.4213	1.80	0.1876	3.80	0.0587
0.18	0.6392	0.44	0.5378	0.82	0.4197	1.85	0.1848	3.90	0.0551
0.19	0.6978	0.45	0.5168	0.84	0.4099	1.90	0.1822	4.00	0.0514
0.20	0.7225	0.46	0.4991	0.86	0.3907	1.95	0.1780		
0.21	0.7068	0.47	0.4877	0.88	0.3811	2.00	0.1727		
0.22	0.6767	0.48	0.4736	0.90	0.3782	2.05	0.1668		
0.23	0.6643	0.49	0.4534	0.92	0.3780	2.10	0.1612		
0.24	0.6814	0.50	0.4347	0.94	0.3759	2.15	0.1549		
0.25	0.6773	0.51	0.4284	0.96	0.3669	2.20	0.1482		

Tabella 21: Valori tabellari dello spettro medio di output

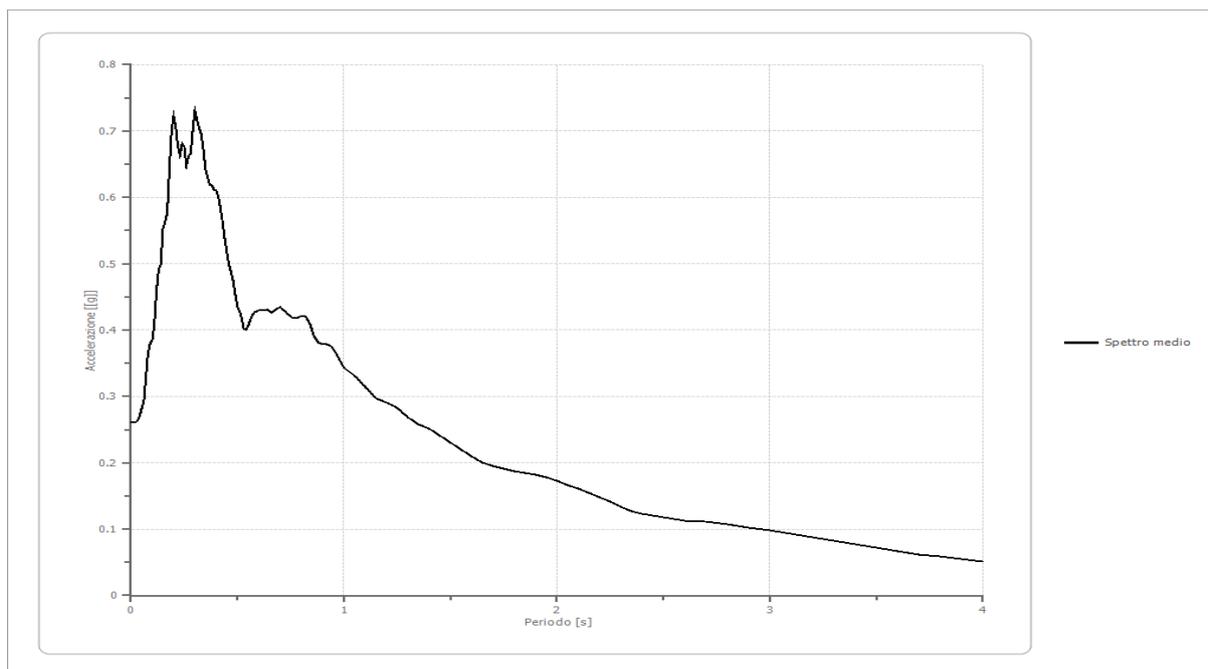


Figura 48: Spettro medio di output

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)

Spettro normalizzato di risposta elastico (SLV)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2401	0.26	0.6449	0.52	0.6449	0.98	0.3884	2.25	0.1692
0.01	0.2607	0.27	0.6449	0.53	0.6449	1.00	0.3806	2.30	0.1655
0.02	0.2812	0.28	0.6449	0.54	0.6449	1.05	0.3625	2.35	0.1620
0.03	0.3018	0.29	0.6449	0.55	0.6449	1.10	0.3460	2.40	0.1586
0.04	0.3224	0.30	0.6449	0.56	0.6449	1.15	0.3310	2.50	0.1523
0.05	0.3430	0.31	0.6449	0.57	0.6449	1.20	0.3172	2.60	0.1464
0.06	0.3635	0.32	0.6449	0.58	0.6449	1.25	0.3045	2.70	0.1410
0.07	0.3841	0.33	0.6449	0.60	0.6344	1.30	0.2928	2.80	0.1359
0.08	0.4047	0.34	0.6449	0.62	0.6139	1.35	0.2820	2.90	0.1313
0.09	0.4253	0.35	0.6449	0.64	0.5948	1.40	0.2719	3.00	0.1269
0.10	0.4458	0.36	0.6449	0.66	0.5767	1.45	0.2625	3.10	0.1228
0.11	0.4664	0.37	0.6449	0.68	0.5598	1.50	0.2538	3.20	0.1190
0.12	0.4870	0.38	0.6449	0.70	0.5438	1.55	0.2456	3.30	0.1153
0.13	0.5076	0.39	0.6449	0.72	0.5287	1.60	0.2379	3.40	0.1120
0.14	0.5281	0.40	0.6449	0.74	0.5144	1.65	0.2307	3.50	0.1088
0.15	0.5487	0.41	0.6449	0.76	0.5008	1.70	0.2239	3.60	0.1057
0.16	0.5693	0.42	0.6449	0.78	0.4880	1.75	0.2175	3.70	0.1029
0.17	0.5899	0.43	0.6449	0.80	0.4758	1.80	0.2115	3.80	0.1002
0.18	0.6104	0.44	0.6449	0.82	0.4642	1.85	0.2058	3.90	0.0976
0.19	0.6310	0.45	0.6449	0.84	0.4531	1.90	0.2003	4.00	0.0952
0.20	0.6449	0.46	0.6449	0.86	0.4426	1.95	0.1952		
0.21	0.6449	0.47	0.6449	0.88	0.4325	2.00	0.1903		
0.22	0.6449	0.48	0.6449	0.90	0.4229	2.05	0.1857		
0.23	0.6449	0.49	0.6449	0.92	0.4137	2.10	0.1813		
0.24	0.6449	0.50	0.6449	0.94	0.4049	2.15	0.1770		
0.25	0.6449	0.51	0.6449	0.96	0.3965	2.20	0.1730		

Tabella 22: Valori tabellari dello spettro normalizzato di output

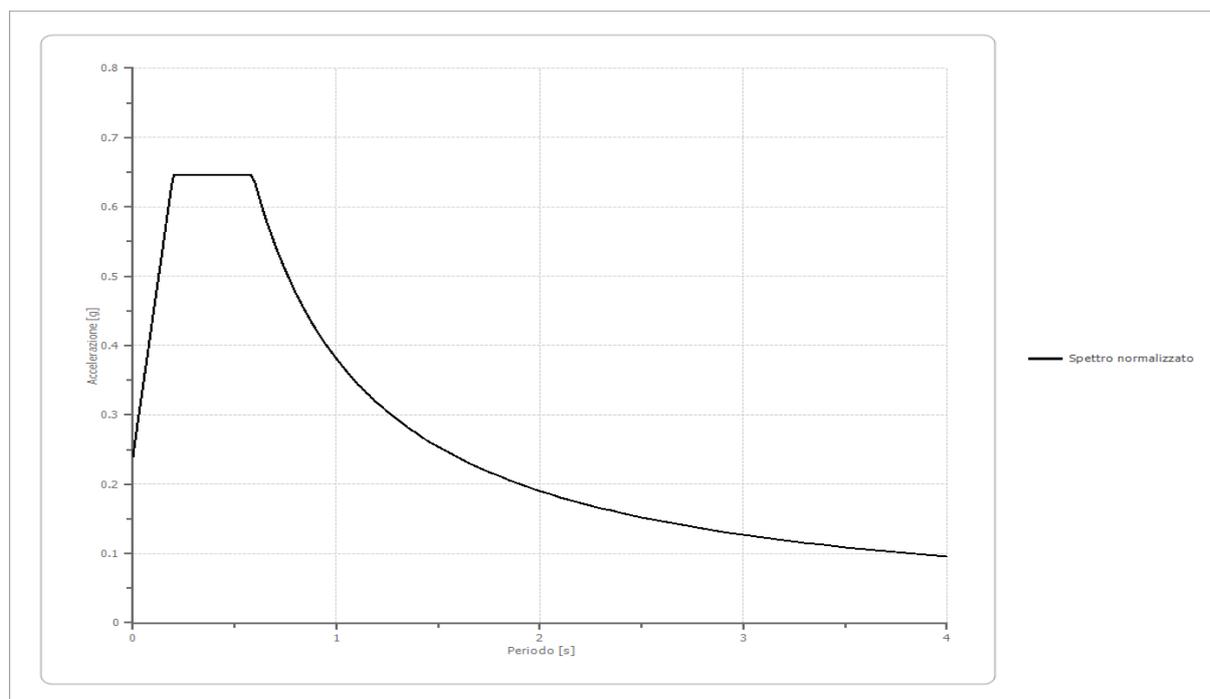
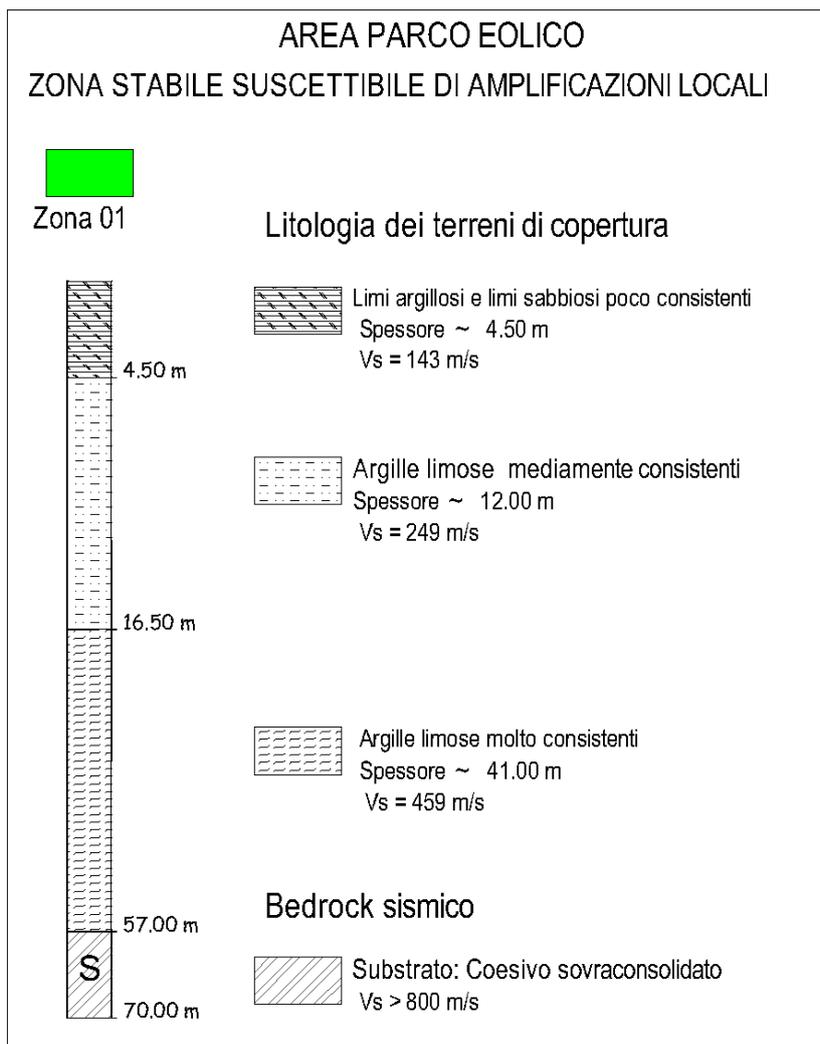


Figura 49: Spettro medio di output

7. CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO E CONCLUSIONI

Lo studio di Risposta Sismica Locale, eseguito sulle aree interessate dal progetto in epigrafe, ha fornito quantificazioni numeriche monodimensionali delle amplificazioni locali ottenute mediante l'utilizzo di specifici codici di calcolo (RSLIII-Geostru); in particolare sono stati definiti gli spettri di scuotimento e di risposta al suolo per lo stato limite ultimo SLV a partire dalle caratteristiche della sorgente e dell'assetto litostratigrafico e sismostratigrafico sottosuolo. Sono state effettuate inoltre stime probabilistiche della pericolosità sismica, trattando gli spettri di risposta a pericolosità costante e definendo il moto di riferimento. Lo Studio di Risposta Sismica Locale, a partire dai dati ottenuti attraverso una mirata campagna geognostica e geofisica, ha consentito inoltre la redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, riportata in allegato (crf. Allegato RG_06 , in cui è stato possibile definire n. 2 diverse zone definite stabili suscettibili di amplificazioni locali. Per la definizione delle microzone in corrispondenza degli aerogeneratori, data l'omogeneità a scala più ampia dei caratteri litologici, stratigrafici, morfologici e sismici, si è scelto di sottoporre ad analisi numerica tutti i modelli sismostratigrafici ricavati dalle indagini geognostiche e geofisiche condotte e adottare per tutta l'area parco il modello ritenuto più cautelativo in termini di accelerazione massima attesa al suolo, risultato quello in corrispondenza dell'aerogeneratore 7 (MASW/Re.Mi. 3). Le caratteristiche litologiche e sismiche delle due microzone definite rispettivamente **Zona 1 - Parco eolico** e **Zona 2 Sottostazione elettrica** sono schematizzate nelle figure e tabelle seguenti:



ZONA	FA	FV	PGA [g]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
01	2.022	1.624	0.304	0.143	0.429	2.815	0.304	0.771

Calcolo dei coefficienti Kh e Kv Zona 01

I valori di Kh e Kv vengono determinati con le seguenti formule:

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

dove

- a_g (g) = 0.304 accelerazione massima attesa al suolo (PGA)

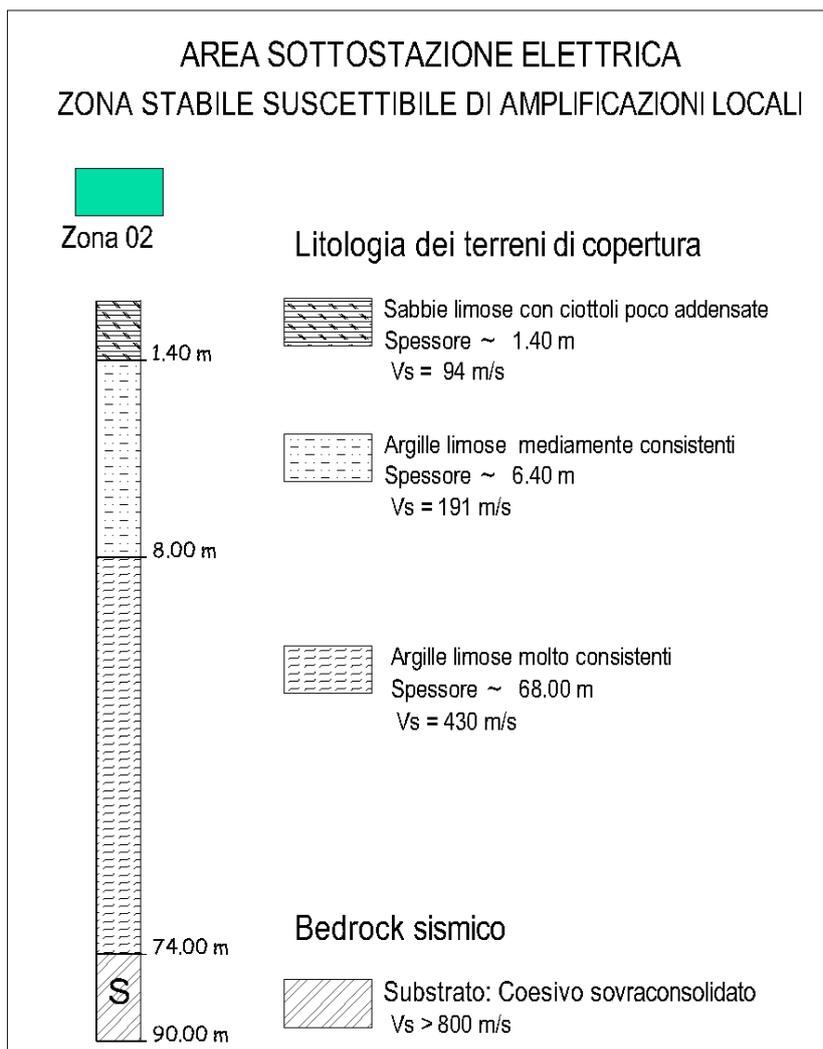
- a_{max} (m/s²) = 2,982 m/s²

da cui si ottiene:

per β_s 0.28 (pendio naturale)	Kh = 0.086	Kv = 0.043
per β_s 0.38 (pendio modificato)	Kh = 0.116	Kv = 0.058

- MICROZONAZIONE SISMICA III LIVELLO -

Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT),
in località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)



ZONA	FA	FV	PGA [g]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
02	1.366	1.376	0.240	0.197	0.590	2.560	0.240	0.645

Calcolo dei coefficienti Kh e Kv Zona_02

I valori di Kh e Kv vengono determinati con le seguenti formule:

$$k_h = \beta s \cdot \frac{a_{max}}{g} \qquad k_v = \pm 0.5 \times K_h$$

dove

- ag (g) = 0.240 accelerazione massima attesa al suolo (PGA)

- amax (m/s²) = 2,354 m/s²

da cui si ottiene:

per βs 0.28 (pendio naturale)	Kh = 0.067	Kv = 0.034
per βs 0.38 (pendio modificato)	Kh = 0.091	Kv = 0.046

Per quanto riguarda il cavidotto, trattandosi di un'opera non soggetta ad azioni sismiche, non è stata definita una microzona specifica, pertanto nella carta delle microzone omogenee, ai fini di un'omogeneità di rappresentazione dei risultati e per una fascia limitata alla sola zona di competenza del cavidotto, è stata assegnata cautelativamente, la microzona a maggior fattore di amplificazione sismica, intesa in termini di maggior valore di PGA (ag max).

Per ciascuna zona, oltre ai valori dei fattori di amplificazione (FA ed FV), è stato definito lo spettro medio di risposta in pseudo-accelerazione o al 5% di smorzamento in superficie.

Infine, al solo fine di fornire dati congruenti, si potranno utilizzare i seguenti valori dei parametri richiesti $ag=PGA$ (ag_{max}); $\xi=5\%$; $\eta=1$; $SS=1$; $ST=1$. Va sottolineato infatti che i valori di amplificazione stratigrafica (S) riportati in relazione sono evidentemente fittizi, essendo gli effetti di amplificazione stratigrafica e morfologica già messi in conto nei risultati delle analisi della RSL.

Dott. Geol. Antonio DE CARLO