

LAMPINO WIND S.r.l.

Corso Venezia 37 – 20121 Milano (MI)

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI ORTANOVA (FG) IN LOCALITA' "LAMPINO"



Tecnico

ing. Donata Sileo

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

Collaborazioni

Responsabile Commessa

ing. Danilo Pomponio

**AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY**

ELABORATO	TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
V30	VALUTAZIONE PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE	19046	D		
		CODICE ELABORATO			
		DC19046D-V30			
REVISIONE	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.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
00		-	-		
		NOME FILE	PAGINE		
		DC19046D-V30.doc	30 + copertina		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	07/05/20	Emissione	Sileo	Pomponio	Sileo
01					
02					
03					
04					
05					
06					

Elaborato realizzato con sistema WORD. È vietata la modifica manuale.

Mod. P-19 Rev. 2 22.08.18

**PARCO EOLICO DA UBICARSI NEL
COMUNE DI ORTA NOVA
PROVINCIA DI FOGGIA
"LOCALITA' LAMPINO"**

**VALUTAZIONE PREVISIONALE
DELLE VIBRAZIONI
IN FASE DI CANTIERE**

REDATTO:	DOTT. ING. DONATA SILEO 
DATA	11 MAGGIO 2020
REVISIONE	00
COMMITTENTE	LAMPINO WIND S.R.L. CORSO VENEZIA 37 - 20121 MILANO (MI)

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	DESCRIZIONE INTERVENTI DI PROGETTO	4
3.	INQUADRAMENTO NORMATIVO	9
4.	LA PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI.....	10
5.	METODOLOGIA DI CALCOLO	13
6.	VALORI DI RIFERIMENTO DELLA NORMA UNI 9614:2017	17
7.	CARATTERIZZAZIONE GEOLITOLOGICA	18
8.	CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI	18
9.	METODO PREVISIONALE DEI LIVELLI DI VIBRAZIONE	21
10.	RISULTATI DI CALCOLO E VERIFICA LIMITI.....	23
11.	CONCLUSIONI	28

1. PREMESSA

La fase di cantierizzazione correlata alla realizzazione dell'impianto eolico da ubicarsi nel territorio comunale di Orta Nova (FG) - Località "Lampino" proposto dalla società LAMPINO WIND s.r.l., implica l'utilizzo di mezzi e macchinari che possono essere considerati sorgenti di vibrazioni meccaniche.

L'energia vibratoria così generata si propaga nel terreno a ridosso delle aree di cantiere e può interessare gli edifici situati in prossimità. Tali moti vibratorii, in base alla natura geolitologica dei terreni, interagiscono con le fondazioni e le strutture degli edifici e possono essere percepiti dalle persone che vi abitano (effetti di disturbo) ed anche determinare moti con risposte strutturali e di integrità architettonica (effetti di danno o cosiddetti "cosmetici").

Questi due aspetti sono trattati da norme specifiche, ed in particolare:

- UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"
- UNI 9916:2014 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici".

La complessità fenomenologica del campo vibratorio, a partire dai diversi modi e tipologia di generazione, dalle possibili modalità di propagazione nel terreno ed attenuazione con la distanza, fino alle varie interazioni con strutture edificate (che dipendono da tipologia di costruzione e di fondazione), fa sì che normalmente si ricorre ad un approccio di tipo analitico empirico per la valutazione previsionale.

La presente valutazione è stata effettuata dall'Ing. Donata Sileo, iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Potenza al n. 2176 e riconosciuta Tecnico Competente in Acustica Ambientale dalla Regione Basilicata con D.D. n°72AB.2014/D.00032 del 23/01/2014 e iscritta nell'Elenco nazionale dei tecnici competenti in acustica al n. 2417.

2. DESCRIZIONE INTERVENTI DI PROGETTO

L'impianto eolico da ubicarsi nel territorio comunale di Orta Nova (FG) - Località "Lampino" proposto dalla società LAMPINO WIND s.r.l. prevede l'installazione di 19 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,2 MW per una potenza complessiva di 79,80 MW, tutti ubicati nel territorio comunale di Orta Nova in località "Lampino" nonché la realizzazione delle opere di connessione e della Sottostazione Elettrica che ricadono sia nel territorio di Orta nova che nel territorio di Stornara. In particolare, i 19 aerogeneratori di progetto, con annessi piazzole e relativi cavidotti di interconnessione interna, e una parte del cavidotto esterno, interessa il territorio comunale di Orta Nova, e sono censiti al NCT ai fogli di mappa nn. 2, 3, 4, 5, 7, e 32, mentre parte dell'elettrodotto esterno e la sottostazione ricade nel territorio comunale di Stornara, e sono censiti nel NCT ai fogli di mappa n. 4.

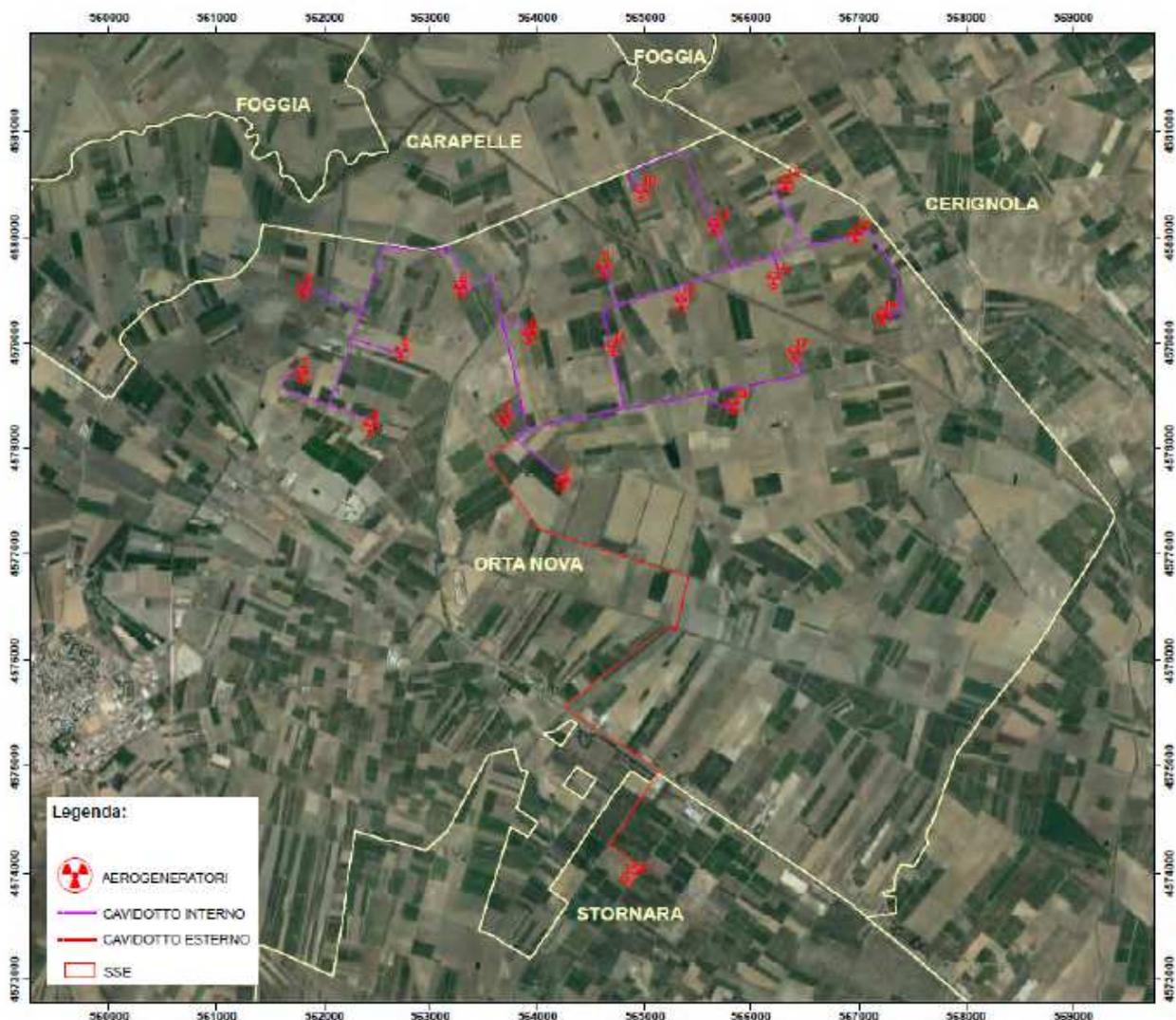


Figura 1 –Inquadramento Impianto

Valutazione Previsionale delle Vibrazioni in fase di cantiere Futuro Impianto Eolico da realizzarsi nel Comune di Orta Nova (FG) in località "Lampino"

Il Comune di Orta Nova è dotato di un Piano Regolatore Generale, adottato con Delibera di C.C. n. 62 del 19/10/1992 e approvato definitivamente, ai sensi dell'art. 16 – decimo comma – della L.R. n. 56/80, con Delibera della Giunta Regionale del 10/12/2002 n. 2012.

Nel vigente PRG l'area di progetto, stante le indicazioni e la documentazione fornite dal comune, è classificata zona E: zone agricole o gerbide.

Il Comune di Stornara è dotato di un Piano Regolatore Generale, redatto nel 1989 e approvato con Delibera di Giunta Regionale della Regione Puglia n. 40 del 11/02/2003, a cui è seguita una Variante richiesta dall'Amministrazione Comunale, con Delibera n. 23 del 03/02/2004, e approvata dalla Giunta Regionale n.2062 del 04/11/08.

Nel vigente PRG il cavidotto di interconnessione, stante le indicazioni e la documentazione fornite dal comune, interesserà zone classificate come zone agricole "E1".

L'area di progetto ha due facce, da una parte un aspetto altamente antropizzato, dato dalla presenza di una rete infrastrutturale di alta velocità (S.S. 16, A14 e diverse S.P.), costeggiate da numerose aziende e aree produttive, mentre allontanandosi di appena alcune centinaia di metri dalle strade, conserva ancora la sua naturale prettamente agricola/produttiva.

All'interno della perimetrazione del progetto dell'impianto eolico, le forme di edificazione sono unicamente rappresentate da fabbricati sparsi diffusi nel territorio; tutti gli immobili destinati a civile abitazione, sono assolutamente ad una distanza superiore ai 320 m dal singolo aerogeneratore, che rappresenta la distanza minima di sicurezza dal calcolo della gittata.

Gli studi di VIA hanno previsto il censimento scrupoloso di tutti i fabbricati per un raggio ampiamente superiore ai 320 m attorno ai singoli aerogeneratori e di tutte le masserie o beni architettonici presenti nel raggio di 1 km.

Dal censimento è emerso che la maggior parte dei fabbricati di tipo abitativo presenti sono abbandonati o utilizzati esclusivamente come deposito ad uso agricolo, solo alcuni sono adibiti ad abitazione e comunque da quest'ultimi gli aerogeneratori sono posti ad alcune centinaia di metri.

Di seguito, l'elenco dei recettori con categoria catastale "A" forniti dalla committenza presenti nell'area dell'impianto nel Comune di Ortanova e nel Comune di Carapelle.

FOGLIO N°	PARTICELLA N°	SUB	LOCALITA'	CATEGORIA	DISTANZA MIN DA AEROGENERATORE (m)	DISTANZA MIN DA ELETTRODOTTO E VIABILITA' (m)
7	314	2	Orta Nova Contrada TRIONFO, 1 Piano T-1	A/3	WTG03 485m	15
7	315		Orta Nova Strada Statale 16, SNC Piano T	A/4	WTG02 1350m	1170
7	323		Orta Nova Strada Statale 16, SNC Piano T-1	A/3	WTG02 1350m	1170
6	82	2	Orta Nova Piazzale Stazione Ferroviaria, SNC Piano T	A/3	WTG02 995m	805

Valutazione Previsionale delle Vibrazioni in fase di cantiere Futuro Impianto Eolico da realizzarsi nel Comune di Orta Nova (FG) in località "Lampino"

FOGLIO N°	PARTICELLA N°	SUB	LOCALITA'	CATEGORIA	DISTANZA MIN DA AEROGENERATORE (m)	DISTANZA MIN DA ELETTRODOTTO E VIABILITA' (m)
6	201	1	Orta Nova Piazzale Stazione Ferroviaria, SNC Piano 1-S1	A/3	WTG02 1010m	830
6	80	2	Orta Nova Strada Statale 16, Piano 1	A/3	WTG02 1130m	940
27	82	3	Orta Nova Strada Statale 16, SNC Piano S1-T - 1-2 - 3	A/7	WTG02 1180m	990
5	13	2	Orta Nova Contrada TRIONFO, CN Piano T	A/3	WTG02 898m	738
5	678	2	Orta Nova Contrada SANTA FELICITA, 424 Piano T-1	A/3	WTG04 850m	850
5	679	12	Orta Nova Contrada TRIONFELLO, SNC Piano T	A/3	WTG02 570m	387
5	695	4	Orta Nova Strada Provinciale 80, SNC Piano T	A/3	WTG02 383m	45
5	694	4	Orta Nova Strada Provinciale 80, SNC Piano T-1	A/3	WTG02 383m	45
5	270	3	Orta Nova Strada Provinciale 80, Piano 1	A/3	WTG02 320m	28
5	660	1	Orta Nova Strada Provinciale 80, SNC Piano T	A/3	WTG05 385m	110
5	702	7	Orta Nova Strada Provinciale 80, SNC Piano T	A/4	WTG03 479m	107
5	689	3	Orta Nova Contrada SANTA FELICITA, SNC Piano T	A/3	WTG03 682m	118
4	475	2	Orta Nova Contrada TRIONFO, SNC Piano T-1	A/7	WTG06 368m	5
4	511	3	Orta Nova Contrada SANTA FELICITA, SNC Piano T	A/4	WTG07 338m	338
4	471	1	Orta Nova Contrada MASCIARELLI, SNC Piano T	A/3	WTG07 327m	50
4	503	1	Orta Nova Contrada SANTA FELICITA, SNC Piano T	A/4	WTG07 583m	45
4	507	1	Orta Nova Contrada SANTA FELICITA, SNC Piano T	A/4	WTG07 607m	30
4	463	3	Orta Nova Contrada SANTA FELICITA, SNC Piano T-1	A/4	WTG07 369m	315
32	450		Orta Nova Contrada MASCIARELLI, SNC Piano T	A/3	WTG07 309m	160
32	905	3	Orta Nova Contrada MASCIARELLI, SNC Piano T-1 - S1	A/3	WTG01 881m	881
32	830	2	Orta Nova Contrada MASCIARELLI, SNC Piano T-1	A/3	WTG01 897m	897
33	311	3	Orta Nova Contrada SANTA FELICITA, SNC Piano T	A/4	WTG14 652m	329
4	539	2	Orta Nova Contrada BONASSISI PAVONCELLI, SNC Piano T	A/6	WTG14 548m	125
4	553	2	Orta Nova Contrada BONASSISI PAVONCELLI, SNC Piano T	A/4	WTG14 545m	175
3	347	1	Orta Nova Contrada TRAMEZZO, SNC Piano T	A/3	WTG17 353m	290
3	352		Orta Nova Contrada TRAMEZZO, SNC Piano T	A/4	WTG17 365m	205
3	353		Orta Nova Contrada TRAMEZZO, SNC Piano T	A/3	WTG17 355m	200

Valutazione Previsionale delle Vibrazioni in fase di cantiere Futuro Impianto Eolico da realizzarsi nel Comune di Orta Nova (FG) in località "Lampino"

FOGLIO N°	PARTICELLA N°	SUB	LOCALITA'	CATEGORIA	DISTANZA MIN DA AEROGENERATORE (m)	DISTANZA MIN DA ELETTRODOTTO E VIABILITA' (m)
3	348	1	Orta Nova Contrada TRAMEZZO, SNC Piano T	A/3	WTG14 512m	405
32	859	4	Orta Nova Contrada MASCIARELLI, SNC Piano T	A/3	WTG04 954m	954
32	763	3	Orta Nova Contrada MASCIARELLI, SNC Piano T	A/3	WTG04 949m	949
32	400		Orta Nova Contrada MASCIARELLI, SNC Piano T	A/3	WTG04 953m	953
36	251	3	Orta Nova Contrada MASCIARELLI, SNC Piano T-1	A/3	WTG01 880m	880
34	306	3	Orta Nova Contrada TRAMEZZO, SNC Piano T	A/4	WTG19 311m	192
3	251	2	Carapelle Contrada TRIONFO, SNC Piano T	A/4	WTG03 701m	125
2	226	4	Carapelle STRADA CONSORTILE N. 18, SNC Piano T	A/3	WTG06 885m	155
2	235	2	Carapelle Strada Provinciale N. 80, SNC Piano T-1	A/3	WTG06 874m	345

Tabella 1 _ recettori con categoria catastale "A"

Gli aerogeneratori che saranno utilizzati nel parco sono tipo VESTAS V150 da 4.2 MW, ad asse orizzontale costituiti da un sistema tripala, con generatore di tipo asincrono, con diametro del rotore pari 150 m, e altezza mozzo pari a 105 m, per un'altezza massima al tip (punta della pala) pari a 180 m.

Di seguito, si riportano per ciascun aerogeneratore le relative coordinate (UTM fuso 33) e le particelle catastali, con riferimento al catasto dei terreni del Comune di Orta Nova.

Valutazione Previsionale delle Vibrazioni in fase di cantiere Futuro Impianto Eolico da realizzarsi nel Comune di Orta Nova (FG) in località "Lampino"

COORDINATE UTM 33 WGS84			DATI CATASTALI		
WTG	E	N	Comune	foglio n.	part. n.
1	564238	4577673	Orta Nova	32	51
2	561789	4578682	Orta Nova	5	749
3	561812	4579489	Orta Nova	7	204
4	562445	4578198	Orta Nova	5	630
5	562737	4578897	Orta Nova	4	259
6	563283	4579500	Orta Nova	4	476
7	563693	4578272	Orta Nova	4	75
8	563925	4579064	Orta Nova	4	508
9	564608	4579696	Orta Nova	2	459
10	564970	4580409	Orta Nova	2	193
11	564700	4578939	Orta Nova	4	526
12	565336	4579376	Orta Nova	4	456
13	565658	4580087	Orta Nova	2	41
14	565836	4578390	Orta Nova	3	43
15	566214	4579594	Orta Nova	2	183
16	566327	4580487	Orta Nova	2	337
17	566404	4578882	Orta Nova	3	63
18	566975	4580002	Orta Nova	3	356
19	567226	4579238	Orta Nova	3	196

Tabella 2 – Dati aerogeneratori

Tenuto conto delle componenti dimensionali del generatore, la viabilità di servizio all’impianto e le piazzole andranno a costituire le opere di maggiore rilevanza per l’allestimento del cantiere.

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore sarà realizzata una piazzola, che in fase di cantiere dovrà essere della superficie media di 3.600,00 mq per poter consentire l’installazione della gru principale e delle macchine operatrici, lo stoccaggio delle sezioni della torre, della navicella e del mozzo, ed “ospitare” l’area di ubicazione della fondazione e l’area di manovra degli automezzi; sono inoltre previste 2 aree di 25x10 per il posizionamento delle gru ausiliarie al montaggio del braccio della gru principale.

Alla fine della fase di cantiere le dimensioni delle piazzole saranno ridotte a 50 x 30 m per un totale di 1500 mq, per consentire la manutenzione degli aerogeneratori stessi, mentre la superficie residua sarà ripristinata e riportato allo stato ante-operam.

Da ogni generatore verrà prodotta energia elettrica a bassa tensione (BT) e a frequenza variabile. All’interno di ogni navicella l’impianto di trasformazione MT/BT consentirà l’elevazione della tensione al valore di trasporto 30kV (tensione in uscita dal trasformatore).

In base alla soluzione di connessione (STMG TERNA/P20180041032 del 18/12/2018), l’impianto eolico sarà collegato, mediante la sottostazione MT/AT utente, in antenna a 150 kV con la nuova stazione di Terna S.p.A. da realizzare nel Comune di Stornara (FG). La connessione in antenna avverrà mediante raccordo in cavo aereo AT tra lo stallo in sottostazione MT/AT e lo stallo di arrivo in stazione RTN.

Per il collegamento degli aerogeneratori alla sottostazione utente è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

- Cavidotto MT, composto da 4 linee provenienti ciascuna da un sottocampo del parco eolico, esercito a 30 kV, per il collegamento elettrico degli aerogeneratori con la suddetta sottostazione di trasformazione AT/MT. Detti cavidotti saranno installati all'interno di opportuni scavi principalmente lungo la viabilità ordinaria esistente e sulle strade di nuova realizzazione a servizio del parco eolico. Per le reti MT non è previsto alcun passaggio aereo.
- Rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo della rete elettrica e dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

Al campo eolico si accederà attraverso la viabilità esistente (strade provinciali, Comunali e poderali), mentre l'accesso alle singole pale avverrà mediante strade di nuova realizzazione e/o su strade interpoderali esistenti, che saranno adeguate al trasporto di mezzi eccezionali.

Nella fattispecie, il sito è servito a Sud dalla complanare della S.S. 16, a Nord-Est dalla S.P. 79, a Ovest dalla S.P. 80. Laddove necessario tali strade saranno solo localmente adeguate al trasporto delle componenti degli aerogeneratori. La sezione stradale avrà larghezza carrabile di 5,00 metri, dette dimensioni sono necessarie per consentire il passaggio dei mezzi di trasporto delle componenti dell'aerogeneratore eolico.

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

A differenza del rumore ambientale, non esiste al momento alcuna legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni. Esistono invece numerose norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, che costituiscono un utile riferimento per la valutazione del disturbo e del danno in edifici interessati da fenomeni vibrazionali.

I danni agli edifici determinati dalle vibrazioni vengono trattati dalla UNI 9916:2014 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", norma in sostanziale accordo con i contenuti tecnici della ISO 4866 e in cui vengono richiamate le norme DIN 4150 e BS 7385.

La norma fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere anche la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica.

Per quanto riguarda il disturbo vibrazionale per la popolazione, in Italia si fa riferimento alla norma UNI 9614:2017 " Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" che è in buon accordo con i contenuti di altre norme internazionali ed europee.

La norma definisce il metodo di misurazione delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne agli edifici e i criteri di valutazione del disturbo delle persone all'interno degli edifici stessi.

La norma si applica a tutti i fenomeni che possono dare origine a vibrazioni negli edifici; a titolo esemplificativo e non esaustivo: traffico su gomma e su rotaia, attività industriali e funzionamento di macchinari, attività stradali e di cantiere di varia natura, esplosioni e scoppi, attività umane di qualsiasi natura.

4. LA PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI

Le vibrazioni si propagano nel terreno circostante, alla zona della sorgente, subendo un'attenuazione dipendente dalla natura del terreno, dalla frequenza del segnale, e dalla distanza fra il punto di eccitazione e quello di valutazione dell'effetto.

Si deve distinguere tra tre tipi principali di onde che trasportano energia vibrazionale:

- a) Onde di compressione (onda P)
- b) Onde di taglio (onda S)
- c) Onde di superficie (orizzontali, onde R, e verticali, onde L)

I primi due tipi sono onde di volume ("body-waves"), mentre le onde di superficie, come dice il nome, si propagano sull'interfaccia fra due strati con diverse proprietà meccaniche, principalmente quindi sulla superficie di separazione fra terreno ed aria. La seguente figura mostra schematicamente i diversi tipi di onde.

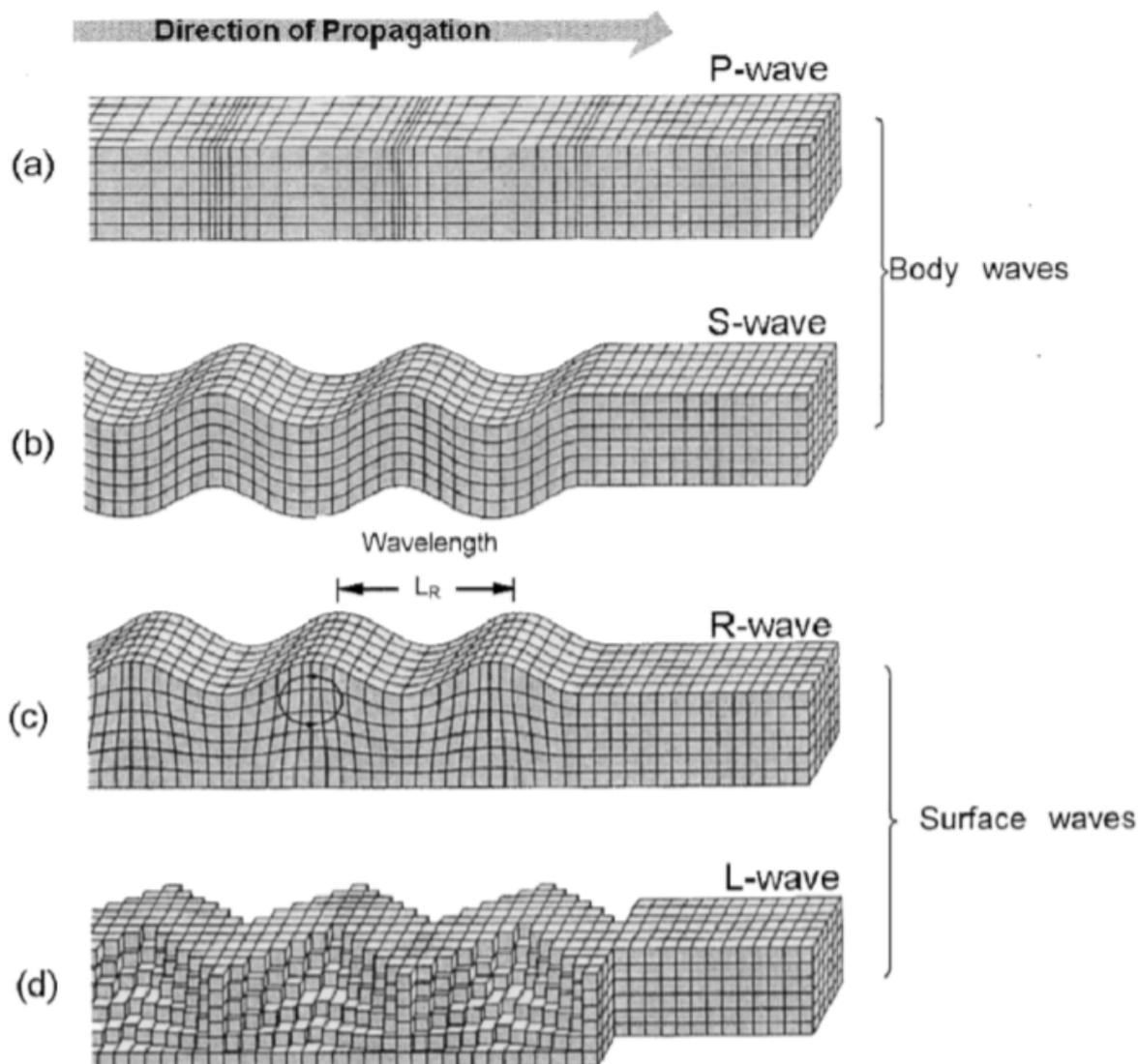


Figura 2 – Tipi di onde

Va anche osservato che il tipo d) (onde L) non è facilmente eccitato dal transito veicolare, in quanto richiederebbe l'imposizione di moti orizzontali alla fonte delle vibrazioni. Nella pratica, in caso di fondazioni dirette (linea a raso o in rilevato, o nel caso dei viadotti con fondazioni superficiali dirette), si può ritenere un predominio delle onde di superficie, in particolare di tipo R che corrono sull'interfaccia suolo-aria. Nel caso invece di fondazioni profonde (ad es. Pali) si hanno anche onde di compressione e di taglio e le onde di superficie R tendono a correre sulle superfici di separazione fra strati diversi del terreno.

Le onde di compressione sono le più veloci, mentre le onde di taglio e di superficie decadono più lentamente con la distanza.

Per quanto riguarda il terreno la velocità di propagazione superficiale varia in un campo tra 60 e 150 m/s.

In un mezzo isotropo l'energia sviluppata da un impulso verticale si trasmette per il:

- ✓ 67% come onda superficiale
- ✓ 6% come onda di taglio

✓ 7 % come onda di compressione

Da questi dati si comprende che è l'onda di superficie quella che va maggiormente ad interessare le fondazioni di edifici posti nelle vicinanze di una forza impulsiva.

Vi è una relazione dispersiva tra le frequenze e la velocità di propagazione; si può dimostrare come un'onda di superficie nella sua propagazione non mantiene la stessa forma, e come un'onda ad alta frequenza si propaga più velocemente di una a bassa frequenza.

Come ordine di grandezza si consideri che le frequenze per un'onda superficiale in un terreno medio variano tra i 5 e i 35 Hz e che le ampiezze delle accelerazioni prodotte si attenuano disperdendosi nel suolo fino a diventare inefficaci per valori prossimi a 0.02m/s^2 . Questo limite può ottenersi per una distanza dalla sorgente compresa tra i 40 e 80 m.

5. METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche nel seguito esposte sono basate sul calcolo previsionale della propagazione delle vibrazioni tra sorgente e ricevitore, considerando le caratteristiche di smorzamento del terreno e i fenomeni primari di amplificazione e attenuazione all'interno dell'edificio.

Il modello di propagazione impiegato, valido per tutti tre i tipi di onde considerati (P, S, R) è basato sulla seguente formulazione:

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\pi \cdot f \cdot \eta / c \cdot (d-d_0)}$$

dove:

η = fattore di perdita del terreno;

c = velocità di propagazione in m/s

f = frequenza in Hz;

d = distanza in m;

d_0 = distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione.

L'equazione tiene conto dei meccanismi di attenuazione geometrica e di dissipazione che l'onda vibrazionale subisce propagandosi nel terreno. L'attenuazione geometrica è espressa dal seguente termine:

$$a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n$$

la sua applicazione implica che sia nota l'ampiezza della vibrazione alla distanza d_0 e sia definita la localizzazione e il tipo di sorgente (sorgente puntuale o lineare, in superficie o in profondità) e il tipo di onda vibrazionale (di volume o di superficie).

Nella seguente tabella vengono riportati i valori che assume l'esponente "n" al variare del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni considerata.

Localizzazione della sorgente	Tipo di sorgente	Onde indotte	n
SUPERFICIALE	Puntiforme	Di volume	2.0
		Di superficie	0.5
	Lineare indefinita	Di volume	1.0
		Di superficie	0
IN PROFONDITA'	Puntiforme	Di volume	1.0
	Lineare indefinita		1.5

Tabella 3 – Valori dell'esponente "n" al variare del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni considerata

Considerando che, con riferimento all'ottenimento dei livelli massimi, si deve sempre prendere in considerazione una sorgente concentrata, si ha che l'esponente n vale 0.5 per le onde di superficie (predominanti in caso di sorgente posta in superficie) e 1 per le onde di volume (predominanti in caso di sorgente profonda, come nel caso di fondazione su pali).

L'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno è espressa dal seguente coefficiente:

$$\frac{2\pi \cdot f \cdot \eta}{c}$$

dove η è il fattore di perdita del terreno, c è la velocità di propagazione in m/s, f è la frequenza di Hz. Tale coefficiente dipende dal tipo di terreno e cresce linearmente con la frequenza. Ciò fa sì che le alte frequenze si estinguano dopo un breve percorso, mentre le frequenze più basse si propagano a distanze maggiori.

La velocità di propagazione delle onde orientativamente può assumere valori dell'ordine di:

- 1.500 m/s per le onde di compressione in argilla
- 800 m/s per le onde di compressione in terreno sciolto sedimentario
- 500 m/s per le onde di compressione in sabbie e limi
- 1.800 m/s per le onde di compressione in tufi
- 1.500 m/s per le onde di compressione in gessi
- 150 m/s per le onde di taglio in argilla
- 260 m/s per le onde di taglio in terreno sciolto sedimentario
- 150 m/s per le onde di taglio in sabbie e limi
- 600 m/s per le onde di taglio in tufi

I valori tipici di densità e fattore di perdita, noti esclusivamente per alcune classi geologiche e in presenza di un ammasso omogeneo, sono riassunti nella seguente tabella:

TIPO DI TERRENO	DENSITA' [t/m ³]	FATTORE PERDITA η
Roccia compatta	2.65	0.01
Sabbia, limo, ghiaia, loess	1.6	0.1
Argilla, terreni argillosi	1.7	0.2÷0.5
Molasse	2.25	0.05
Scisti cristallini	2.25	0.05
Depositi alluvionali	1.83	0.05
Calcarei evaporitici	2.25	0.05

Tabella 4 - Valori tipici di densità e fattore di perdita per alcune classi geologiche

5.1 INTERAZIONE CON GLI EDIFICI

La propagazione delle vibrazioni negli edifici e la risposta di pareti e solai dipendono anche dalle caratteristiche costruttive dell'edificio. Al fine delle valutazioni è importante separare due aspetti fondamentali del fenomeno:

- l'interazione suolo-fondazioni;
- la propagazione nel corpo dell'edificio.

Il primo aspetto è legato al fatto che la mancanza di solidarietà all'interfaccia terreno-struttura dà luogo a fenomeni dissipativi, configurandosi come un fenomeno favorevole. Detto fenomeno è perciò condizionato dalla tipologia delle fondazioni (fondazioni a platea, fondazioni su plinti isolati, pali di fondazioni, ecc.).

La differenza tra il livello di vibrazione nel terreno e quello della fondazione è detta Coupling Loss (attenuazione per perdita di accoppiamento); nella seguente tabella sono forniti i valori sperimentali medi della perdita di accoppiamento in funzione di alcuni tipi caratteristici di fondazione:

Edificio	FREQUENZA C.B. 1/3 OTTAVA [HZ]														
	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
Perdita di Accoppiamento [dB]															
Edifici in muratura su pali nel terreno	5.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10	11	12	13	14	14.5	14.5	15	14
Edifici in muratura	12	13	13.5	14.5	15	15	15	15	14	13	13.5	13	12.5	12	11.5
Edifici con telaio in C.A. e muratura, plinti	10	11	11.5	12.5	13	13	13	13	12.5	12.5	12	11	9.5	8.5	8

Tabella 5 –Valori di attenuazione per perdita di accoppiamento – Coupling Loss

La propagazione nel corpo dell'edificio è determinante sia per gli abitanti sia per le strutture in quanto i pavimenti, pareti e soffitti degli edifici sono soggetti a significative amplificazioni delle vibrazioni rispetto a quelle trasmesse dalle fondazioni. In molti casi la risonanza delle strutture orizzontali può causare un'amplificazione delle vibrazioni nel campo di frequenze comprese tra 10 e 30 Hz. I problemi maggiori si verificano quando la frequenza di risonanza dei solai coincide con la frequenza di picco dello spettro di vibrazione del terreno.

Per quanto riguarda invece le caratteristiche strutturali degli edifici che influiscono sulla propagazione, si considera l'attenuazione dovuta alla componente della propagazione da piano a piano. Valori empirici in funzione della frequenza sono riportati nella seguente tabella:

Piano	SPETTRO DI ATTENUAZIONE PER PROPAGAZIONE DA PIANO A PIANO														
	(RE 10-6 M/S2) [DB]														
	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
1° ORIZZONTAMENTO	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-	-	-
2° ORIZZONTAMENTO	-4	-2	-2	-4	-5	-5	-5	-5.5	-6	-6	-6	-6	-	-	-
3° ORIZZONTAMENTO	-6	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-7.5	-8	-9	-9	-	-	-

Tabella 6 -Valori di attenuazione per propagazione da piano a piano

5.2 VALUTAZIONE DEL DISTURBO ALLE PERSONE

Per i livelli di vibrazione al fine di valutare il disturbo alle persone, è necessario effettuare il calcolo del valore efficace complessivo ponderato in termini di accelerazione, nel campo 1 ÷ 80 Hz delle bande a terzi di ottava, in accordo alla UNI 9614.

A partire dallo spettro di vibrazione in accelerazione così calcolato, si calcola quindi il valore efficace globale dell'accelerazione attraverso la messa in conto di tutte le componenti spettrali (radice quadrata della somma dei quadrati delle singole componenti) e considerando la curva di ponderazione per postura variabile o non nota (UNI 9614).

Considerando cumulativo l'effetto di tutte le componenti di accelerazione per frequenze da 1 a 80 Hz, sono introdotti filtri di ponderazione che rendano tali componenti equivalenti dal punto di vista della percezione da parte dell'individuo e che dipendono dalla postura della persona:

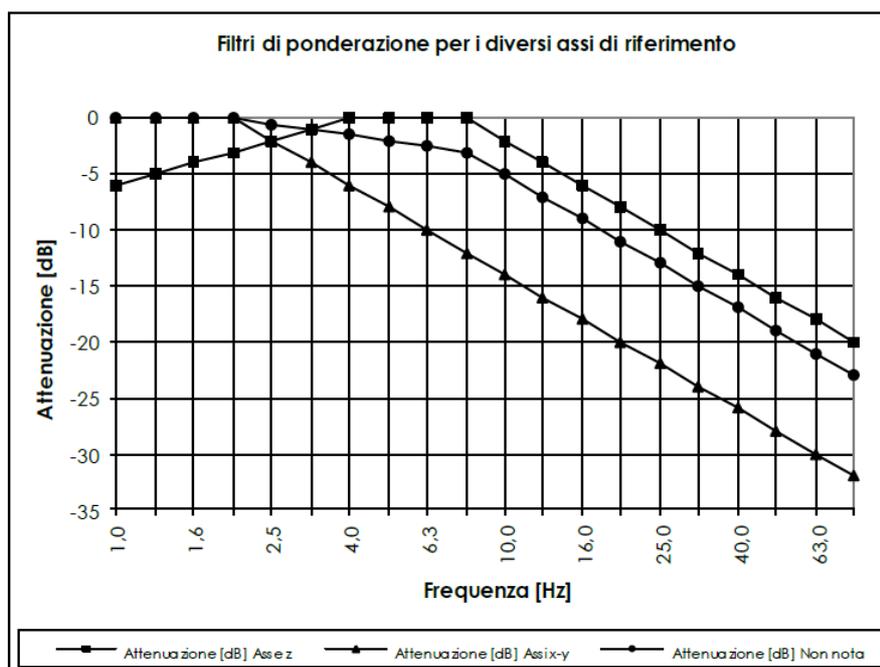


Figura 3 -Ponderazione per i limiti sulle persone

6. VALORI DI RIFERIMENTO DELLA NORMA UNI 9614:2017

La norma UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" individua i limiti di soglia in funzione della destinazione d'uso degli edifici. Il superamento di tali limiti può costituire una fonte di disturbo per le persone esposte riducendone il loro benessere di vita. Vengono in particolare distinti quattro tipi di ricettori:

1. Aree critiche
2. Abitazioni
3. Uffici
4. Fabbriche

I valori di riferimento - soglie di accettabilità in riferimento al disturbo sulle persone ("annoyance") - dipendono in misura variabile dall'intensità e frequenza dell'evento vibratorio e dal tipo di attività svolta. I limiti sono espressi in base al livello di accelerazione in dB:

$$L = 20 \cdot \text{Log}_{10} \frac{a}{a_0}$$

Dove a_0 è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a 10^{-6} m/s². Gli spettri di vibrazione, nel campo di frequenze da 1 a 80 Hz, vengono rappresentati per terzi di ottava. Il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza L_w è fornito dalla relazione:

$$L_w = 10 \log \sum_1 10^{L_{i,w}/10}$$

dove $L_{i,w}$ sono i livelli di vibrazione in accelerazione calcolati per terzi di ottava, ponderati in frequenza secondo il filtro di cui alla figura precedente.

I valori limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza per postura "non nota" (per vibrazioni di tipo continuo) sono:

Luogo	A [m/s ²]	L [dB]
Aree critiche	3.3 * 10 ⁻³	71
Abitazioni (notte)	5.0 * 10 ⁻³	74
Abitazioni (giorno)	7.2 * 10 ⁻³	77
Uffici	14.4 * 10 ⁻³	83
Fabbriche	28.8 * 10 ⁻³	89

Figura 4 -Valori limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza per postura non nota norma UNI 9614

E' da evidenziare che i sopra citati livelli massimi di vibrazione imposti per la limitazione del disturbo sulla persona (norma UNI 9614) sono generalmente più restrittivi di quelli relativi al danneggiamento degli edifici (normativa ISO 4866 e UNI 9916). Quindi, si può ragionevolmente assumere che, nel caso la vibrazione non superi in maniera sostanziale i limiti fissati per il disturbo sugli individui, non si abbiano effetti seppur minimi di danneggiamento sugli edifici.

7. CARATTERIZZAZIONE GEOLITOLOGICA

La caratterizzazione sismica dell'area oggetto di studio ai sensi delle NTC 2018, finalizzata alla determinazione della categoria di sottosuolo, oltre che ai moduli elasto-dinamici, è stata eseguita mediante prospezioni sismiche a rifrazione con onde P e prospezioni Masw.

La descrizione dettagliata delle indagini eseguite è riportata nella "RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA" predisposta per il progetto in esame.

In particolare, dalla stessa si evince che, le indagini sismiche eseguite, hanno consentito di determinare le caratteristiche elasto-dinamiche dei terreni investigati e definire la categoria del sottosuolo di fondazione.

Le velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio calcolate, per le due prospezioni Masw eseguite sono risultate essere, pari a:

$V_{s, eq} = 348 \text{ m/s}$ (Prospezione Masw 1)

$V_{s, eq} = 328 \text{ m/s}$ (Prospezione Masw 2)

Pertanto, con riferimento al piano campagna, sulla base del valore $V_{s,eq}$ il sottosuolo è riferibile alla categoria "C" (tab. 3.2.II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato), riguarda perciò: *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."*

Le esplorazioni dirette del sottosuolo, hanno permesso di definire i caratteri litostratigrafici del primo sottosuolo. In particolare, i terreni su cui insisteranno le opere in progetto possono essere suddivisi in unità litologiche di seguito denominate U.L.; sono stati definiti quattro orizzonti litologici a partire dalla quota di riferimento 0.00 (piano campagna):

- U.L.M. 1 - TERRENO ORGANICO LIMOSO;
- U.L.M. 2 - ARGILLA GRIGIASTRA E LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO;
- U.L.M. 3 - SABBIA LIMOSA ADDENSATA;
- U.L.M. 4 - LIMO ARGILLOSO CON INTERCALAZIONI SABBIOSE.

8. CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI

Le emissioni di vibrazione in fase di costruzione sono ampiamente variabili in relazione al tipo di attrezzatura/macchina operatrice impiegata, al contesto di utilizzazione e all'operatore. Nel presente studio sono stati utilizzati sia dati di fonte bibliografica sia dati direttamente acquisiti nel corso di misure svolte in cantieri di grandi opere realizzate in Italia.

Per quanto riguarda i dati bibliografici, è stato in particolare utilizzato il volume L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ., che alle pagine 231-241 riporta una serie di dati sperimentali sull'emissione di vibrazioni da parte di svariati tipi di

Valutazione Previsionale delle Vibrazioni in fase di cantiere Futuro Impianto Eolico da realizzarsi nel Comune di Orta Nova (FG) in località "Lampino"

macchine da cantiere. Da tale raccolta di dati sono stati estratti gli spettri di emissione delle macchine riportate nelle seguenti figure.

Macchina / Attrezzatura	Camion da cantiere	Camion ribaltabile	Rullo compattatore vibrante	Rullo compattatore pesante (non vibrante)	Pala gommata carica	Pala gommata scarica	Ruspa cingolata piccola
Distanza	10	10	10	10	10	20	10
1	0	0	0	0	0	0	0
1.25	0	0	0	0	0	0	0
1.6	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0.3	1.6	0.41	0.35	1.1
2.5	0	0	0.3	1.7	0.41	0.35	1.1
3.15	0	0	0.3	2	0.41	0.35	1.1
4	0	0	0.3	0.85	0.48	0.35	1.1
5	0.15	0.11	0.8	5.8	0.52	0.35	1.4
6.3	0	0.23	0.7	11	0.50	0.4	1.6
8	0.12	0.41	0.8	18	0.76	1.2	3.2
10	0.15	0.5	1.1	20	1.10	0.9	4.2
12.5	0.29	0.6	1	40	1.25	1.75	8
16	0.5	1.1	2	20	2	1.26	6
20	1.67	2.99	1.55	4	3	2	18
25	1.85	9	6	12	17	5.2	24
31.5	2.5	3.9	29	7	17	2.6	16
40	6	3.3	3	3.7	7.8	1.6	10
50	5.5	4	1	3.7	15	1.6	9
63	5.2	10	1.6	5	14	1.5	6
80	4	8	2	4	7.8	2	5.5

Figura 5 – Spettri di emissione delle macchine/attrezzature

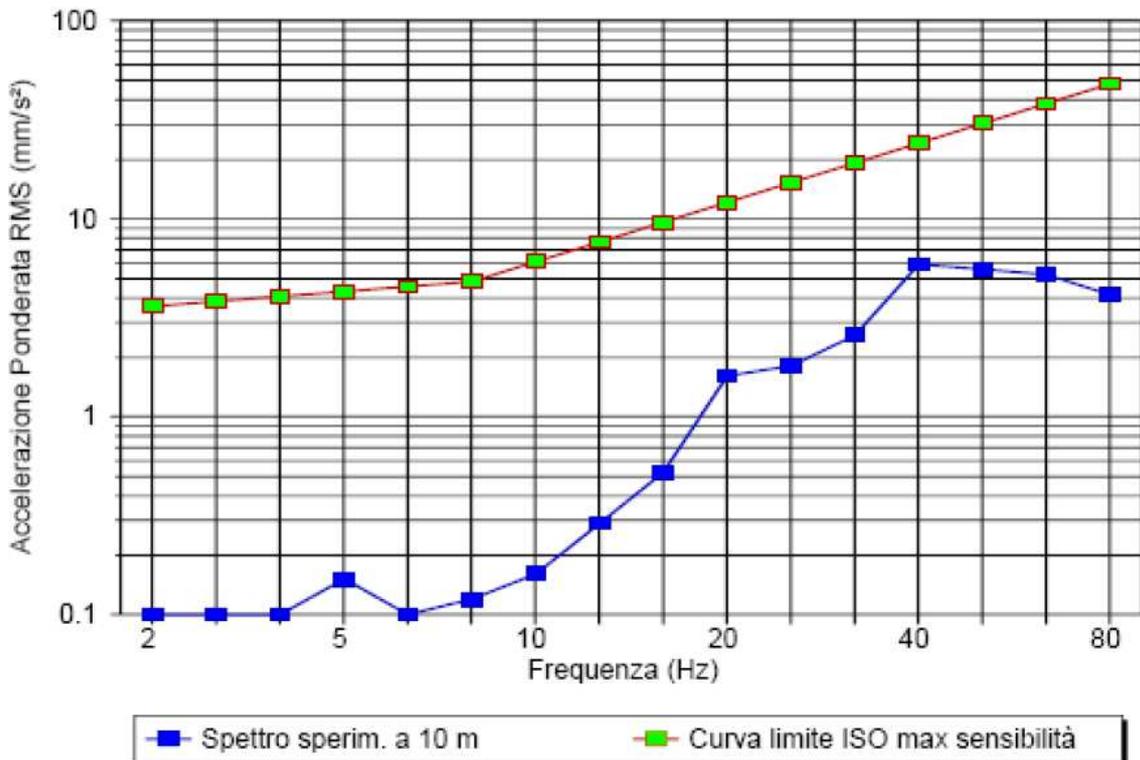


Figura 6 – Spettro: camion da cantiere

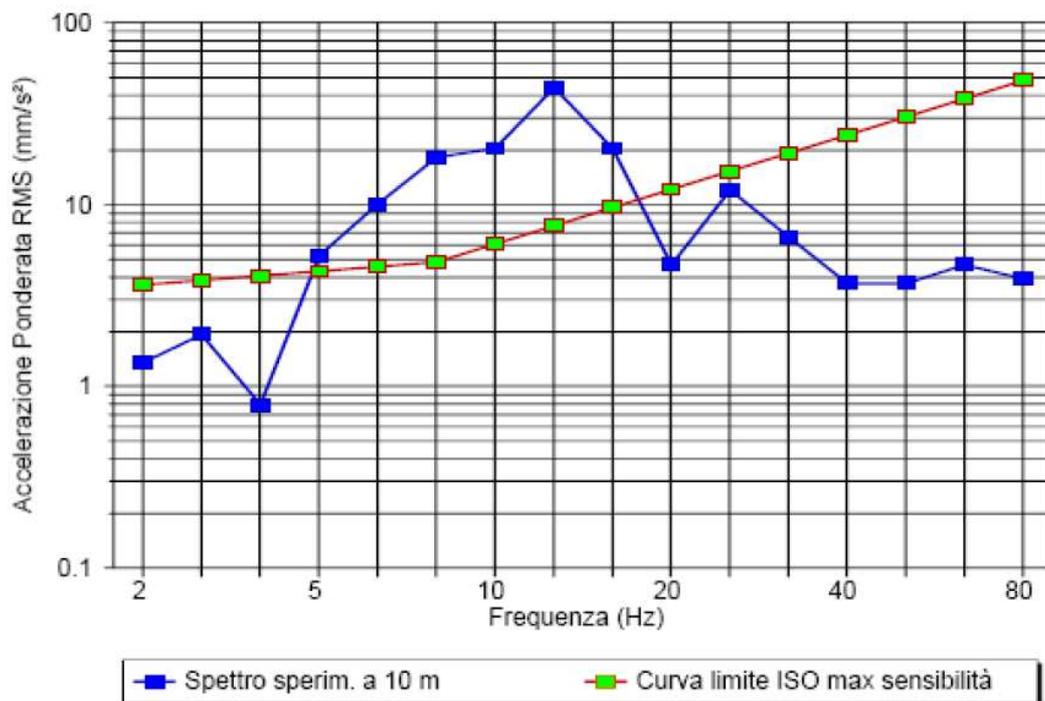


Figura 7 – Spettro: Rullo compattatore

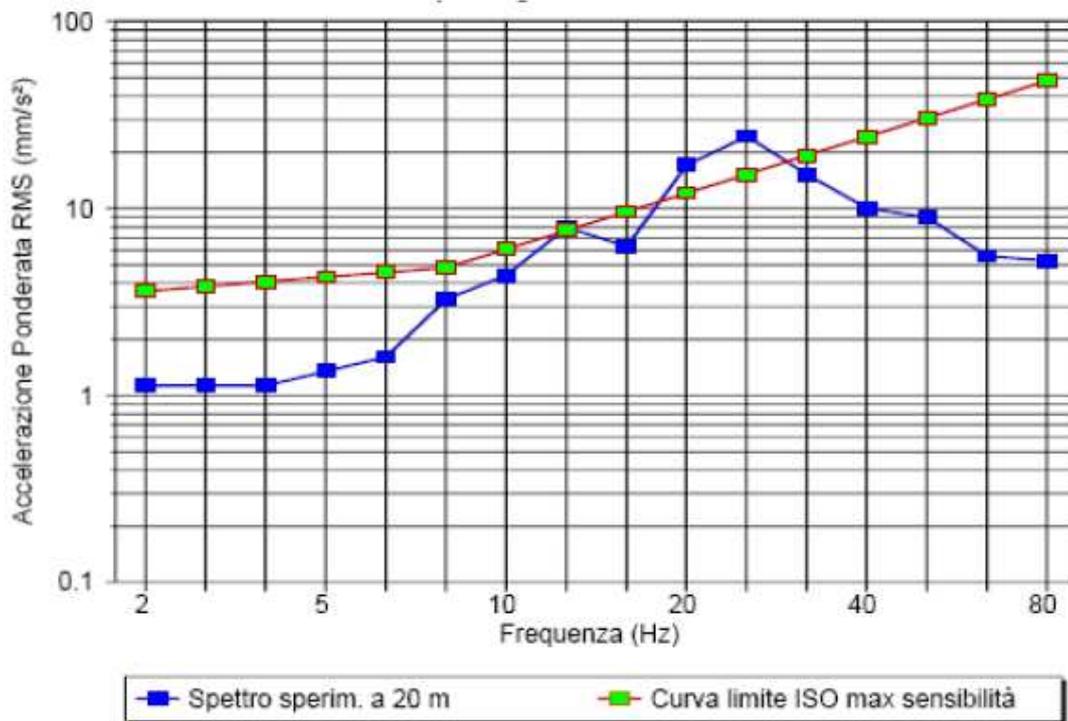


Figura 8 – Spettro: Ruspa cingolata

Altri dati sperimentali sono riportati di seguito:

Hz	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
Realizzazione Pali – distanza di riferimento 4 m																				
dB	77,1	75,3	74,4	72,9	71,7	70,7	69,6	68,9	67,8	66,8	66,4	69,0	69,7	72,5	79,9	87,1	96,5	110,6	105,9	101,2

Figura 9 – Spettri di emissione della macchina utilizzata per la realizzazione dei Pali di fondazione

9. METODO PREVISIONALE DEI LIVELLI DI VIBRAZIONE

Il metodo previsionale dei livelli di vibrazione ha impiegato congiuntamente misure sperimentali e simulazioni numeriche. A partire dagli spettri di emissione del modello di macchina operatrice previsto dal progetto (dati di letteratura) sono state eseguite delle simulazioni numeriche volte a definire l'effetto combinato di tali macchinari in corrispondenza di ricettori (persone o edifici) posti nell'intorno dell'areale di lavorazione. La valutazione dei livelli vibrazionali indotti ai ricettori ha pertanto richiesto la definizione di:

- ✓ uno spettro di emissione rappresentativo della variazione in frequenza dell'accelerazione indotta nel terreno ad una distanza di riferimento (problema sorgente);
- ✓ una funzione di trasferimento che esprima, al variare della frequenza, il rapporto tra l'ampiezza di vibrazione al piede del ricettore in condizioni di campo libero e l'ampiezza dello spettro di accelerazione alla sorgente per ciascun transito (problema di propagazione);
- ✓ una legge di combinazione degli spettri di accelerazione indotti al ricettore in condizioni di campo libero dai macchinari presenti nei vari scenari di progetto ipotizzati;
- ✓ un confronto con i livelli di riferimento in condizioni di campo libero.

In dettaglio si illustrano i passi seguiti nell'elaborazione:

- ✓ la valutazione dei livelli vibrazionali è stata condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei fenomeni considerati (mezzi di cantiere), utilizzando dati bibliografici disponibili. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza nota dalla sorgente vibratoria, e sono afferenti alla sola componente verticale.
- ✓ dagli spettri delle sorgenti si è ottenuto il livello di accelerazione non ponderato a distanze crescenti dalla sorgente mediante una legge di propagazione. Nel caso di sorgenti superficiali, ad esempio, si precisa che l'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza d è basata sulla seguente formulazione:

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\pi f \eta / c \cdot (d-d_0)}$$

- ✓ i livelli complessivi di accelerazione non pesati a distanze crescenti dalla sorgente corrispondenti agli scenari analizzati sono dati dalla combinazione, frequenza per frequenza, degli spettri di vibrazione relativi alle singole macchine previste. Come legge di combinazione degli spettri è stata adottata la regola SRSS (Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares) che consiste nell'eseguire la radice quadrata della somma dei quadrati delle ordinate spettrali relative alle singole macchine. Per ciascuna frequenza si è quindi ottenuto quindi un valore complessivo non pesato di tutte le macchine attive ($A_{TOT,f}$) sottoforma di matrice:

$$A_{TOT,f} = \sqrt{A_1(f,d)^2 + A_2(f,d)^2 + \dots + A_N(f,d)^2} \quad (\text{SRSS})$$

- ✓ è stata poi applicata la curva di attenuazione definita per postura non nota (o asse generico) dalla UNI 9614 riportata nella seguente figura:

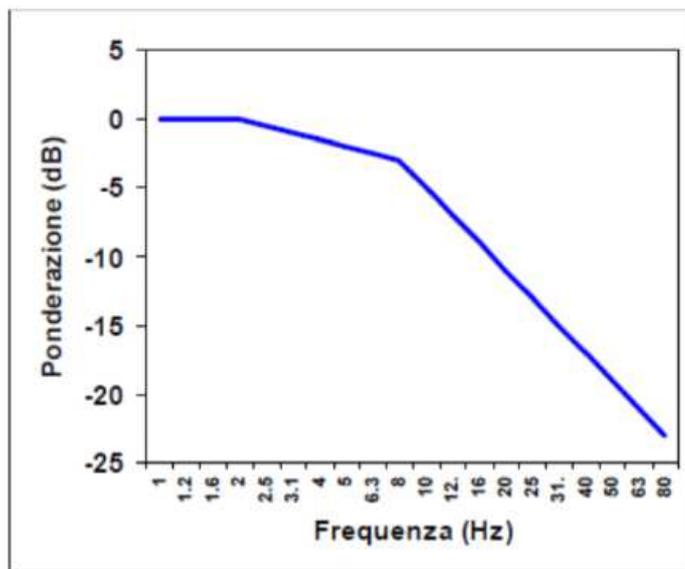


Figura 10 -Ponderazione per i limiti sulle persone per postura non nota

- ✓ si è quindi ottenuta la matrice dei livelli ponderati di accelerazione complessiva per singola frequenza e distanza. Il livello totale di accelerazione ponderata in funzione della distanza $L_{a,w,d}$ è stato ottenuto sommando tutti i corrispondente valori per frequenza $A_{TOT,f}$ espresso in dB pesati. Il numero ottenuto è rappresentativo dell'accelerazione complessiva ponderata su asse Z ad una determinata distanza.

9.1 SCENARI DI CALCOLO

La verifica del rispetto dei valori limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza è stata eseguita considerando le seguenti principali attività di cantiere relative alla realizzazione dell'impianto oggetto di studio, in quanto maggiormente impattati:

- Realizzazione viabilità;
- Realizzazione fondazioni aerogeneratori;
- Realizzazione linea di connessione.

Per le suddette attività sono stati considerati i principali macchinari fonti di vibrazioni:

ATTIVITÀ	PRINCIPALI MACCHINARI FONTI DI VIBRAZIONI
Realizzazione viabilità	Pala gommata scarica+Rullo compattatore vibrante+Camion da cantiere
Realizzazione Cavidotto	Pala gommata scarica +Camion da cantiere o in alternativa Ruspa cingolata + Camion da cantiere
Realizzazione Fondazioni aerogeneratori	Macchina pali

Tabella 7 - Principali macchinari fonti di vibrazioni per attività di cantiere

La verifica ha interessato i ricettori più prossimi alle aree di cantiere in quanto maggiormente impattati; difatti se per tali ricettori le simulazioni evidenzieranno il rispetto dei limiti normativi tale risultato potrà di conseguenza essere associato anche a tutti i restanti ricettori:

ATTIVITÀ	RICETTORI MAGGIORMENTE IMPATTATI Foglio e particella	DISTANZA DALLE AREE DI CANTIERE [m]
Realizzazione viabilità	Foglio 4 part.475	5
Realizzazione Cavidotto	Foglio 4 part.475 Foglio 7 part.314	5 15
Realizzazione Fondazioni aerogeneratori	Foglio 32 part.450	309 dall'Aerogeneratore WTG 07

Tabella 8: Ricettori maggiormente impattati dal punto di vista vibrazionale dalle diverse attività di cantiere ipotizzate per la realizzazione delle opere del parco eolico

Si precisa che per il recettore ubicato nel Foglio 4 part.475, unico recettore che presenta una distanza inferiore ai 15 metri (cfr. Tabella 1) rispetto all'area di cantiere relativa all'attività di "realizzazione cavidotto" il Committente utilizzerà i seguenti principali macchinari: Pala gommata scarica + Camion da cantiere.

10.RISULTATI DI CALCOLO E VERIFICA LIMITI

Nelle tabelle a seguire si riportano i risultati del calcolo effettuato per i ricettori maggiormente esposti durante le fasi più impattanti delle lavorazioni di cantiere. Dai risultati è evidente che il Livello totale (LW) filtrato con la curva di ponderazione per postura non nota è sempre inferiore al valore limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza per le abitazioni in periodo diurno pari a 77 dB (Norma UNI 9614) per i ricettori considerati maggiormente impattati, dal punto di vista vibrazionale, dalle attività di cantiere del parco.

Valutazione Previsionale delle Vibrazioni in fase di cantiere Futuro Impianto Eolico da realizzarsi nel Comune di Orta Nova (FG) in località "Lampino"

Attività Realizzazione viabilità

Recettore Foglio 4 part.475

Macchinari che operano contemporaneamente:

Pala Gommata carica + Camion da cantiere + Rullo compattatore vibrante

Macchinari	Pala Gommata carica	Camion da cantiere	Rullo compattatore vibrante	Pala Gommata carica	Camion da cantiere	Rullo compattatore vibrante	Spettro combinato (A _{TOT,f})	Spettro combinato (L _{a,w,f})	Fattori di attenuazione		Ponderazione	Livello finale ponderato
									Coupling Loss	Attenuazione da piano a piano		
Frequenza	a (d0, f)	a (d0, f)	a (d0, f)	a(d,f)	a(d,f)	a (d0, f)						
1	0,00	0,0	0,00	0	0	0	0				0	
1,25	0,00	0,0	0,00	0	0	0	0				0	
1,6	0,00	0,0	0,00	0	0	0	0				0	
2	0,41	0,3	0,00	0,610979913	0,447058473	0	0,757071815	57,6			0	57,58
2,5	0,41	0,3	0,00	0,619026088	0,452945918	0	0,767041916	57,7			-0,5	57,20
3,15	0,41	0,3	0,00	0,629644736	0,460715661	0	0,780199599	57,8			-1,5	56,34
4	0,48	0,3	0,00	0,753724081	0,471077551	0	0,888827345	59,0			-2	56,98
5	0,52	0,8	0,15	0,838182398	1,289511381	0,241783384	1,556871394	63,8			2,5	66,35
6,3	0,50	0,7	0,00	0,833831788	1,167364503	0	1,434578451	63,1			-2	61,13
8	0,76	0,8	0,12	1,325076347	1,394817207	0,209222581	1,935230336	65,7			-3	62,73
10	1,10	1,1	0,15	2,020915116	2,020915116	0,275579334	2,87126101	69,2			-5	64,16
12,5	1,25	1,0	0,29	2,451746125	1,9613969	0,568805101	3,190873878	70,1	12	2	-7	
16	2,00	16,0	0,50	4,299021495	34,39217196	1,074755374	34,67647873	90,8	13	2	-9	
20	3,00	1,6	1,67	7,160066096	3,699367483	3,985770127	8,991008274	79,1	14	2	-11	
25	17,00	6,0	1,85	46,24501161	16,3217688	5,032545381	49,29835442	93,9	15	2	-13	
31,5	17,00	29,0	2,50	54,81900467	93,51477267	8,061618333	108,6974042	100,7	15	3	-15	
40	7,80	3,0	6,00	31,41746632	12,08364089	24,16728179	41,4382562	92,3	15	3	-17	
50	15,00	1,0	5,50	78,48889303	5,232592869	28,77926078	83,76235556	98,5	15	3	-19	
63	14,00	1,6	5,20	102,9384174	11,76439056	38,23426931	110,4381185	100,9	15	3	-21	
80	7,80	2,0	4,00	89,4813888	22,94394585	45,88789169	103,1457328	100,3	14	3	-23	

Livello totale (LW) 70,83

Parametri	Valore	Unità misura
d-d0	-5	m
η	0,3	adimensionale
c	360	m/s
d	5	m
d0	10	m
n	0,5	adimensionale

Valutazione Previsionale delle Vibrazioni in fase di cantiere Futuro Impianto Eolico da realizzarsi nel Comune di Orta Nova (FG) in località "Lampino"

Attività Realizzazione cavidotto

Ricettore Foglio 4 part.475

Macchinari che operano contemporaneamente: pala gommata carica + Camion da cantiere

Macchinari	Pala gommata carica	Camion da cantiere	Pala gommata carica	Camion da cantiere	Spettro combinato (A _{TOT,f})	Spettro combinato (L _{a,w,f})	Fattori di attenuazione		Ponderazione	Livello finale ponderato
	Frequenza	a (d0, f)	a (d0, f)	a(d,f)			a(d,f)	Coupling Loss		
1	0,00	0,0	0	0	0				0	
1,25	0,00	0,0	0	0	0				0	
1,6	0,00	0,0	0	0	0				0	
2	0,41	0,0	0,610979913	0	0,610979913	55,7			0	55,7
2,5	0,41	0,0	0,619026088	0	0,619026088	55,8			-0,5	55,3
3,15	0,41	0,0	0,629644736	0	0,629644736	56,0			-1,5	54,5
4	0,48	0,0	0,753724081	0	0,753724081	57,5			-2	55,5
5	0,52	0,2	0,838182398	0,107454705	0,872358262	58,8			2,5	61,3
6,3	0,50	0,0	0,833831788	0	0,833831788	58,4			-2	56,4
8	0,76	0,1	1,325076347	0,079473677	1,341492234	62,6			-3	59,6
10	1,10	0,2	2,020915116	0,094276888	2,039618071	66,2			-5	61,2
12,5	1,25	0,3	2,451746125	0,170726871	2,51686279	68,0	12	2	-7	47,0
16	2,00	0,5	4,299021495	0,26859613	4,431329928	72,9	13	2	-9	48,9
20	3,00	1,7	7,160066096	0,807960376	8,194687914	78,3	14	2	-11	51,8
25	17,00	1,9	46,24501161	0,785281064	46,51803534	93,4	15	2	-13	63,9
31,5	17,00	2,5	54,81900467	0,895214592	55,40860008	94,9	15	3	-15	61,9
40	7,80	6,0	31,41746632	1,720061848	39,63728925	92,0	15	3	-17	57,0
50	15,00	5,5	78,48889303	1,21371051	83,59875705	98,4	15	3	-19	61,4
63	14,00	5,2	102,9384174	0,816626108	109,8097315	100,8	15	3	-21	61,8
80	7,80	4,0	89,4813888	0,402616201	100,5615113	100,0	14	3	-23	60,0
									Livello totale (LW)	71,47

Parametri	Valore	Unità misura
d-d0	-5	m
η	0,3	adimensionale
c	360	m/s
d	5	m
d0	10	m
n	0,5	adimensionale

Valutazione Previsionale delle Vibrazioni in fase di cantiere Futuro Impianto Eolico da realizzarsi nel Comune di Orta Nova (FG) in località "Lampino"

Attività Realizzazione cavidotto

Ricettore Foglio 7 part.314

Macchinari che operano contemporaneamente: Ruspa cingolata + Camion da cantiere

Macchinari	Ruspa cingolata	Camion da cantiere	Ruspa cingolata	Camion da cantiere	Spettro combinato (A _{TOT,f})	Spettro combinato (L _{a,w,f})	Fattori di attenuazione		Ponderazione	Livello finale ponderato
	Frequenza	a (d0, f)	a (d0, f)	a(d,f)			a(d,f)	Coupling Loss		
1	0	0,0	0	0	0				0	
1,25	0	0,0	0	0	0				0	
1,6	0	0,0	0	0	0				0	
2	1,1	0,0	0,852351987	0	0,852351987	58,6			0	58,6
2,5	1,1	0,0	0,841273014	0	0,841273014	58,5			-0,5	58,0
3,15	1,1	0,0	0,827085359	0	0,827085359	58,4			-1,5	56,9
4	1,1	0,0	0,80889267	0	0,80889267	58,2			-2	56,2
5	1,4	0,2	1,002910577	0,107454705	1,008650652	60,1			2,5	62,6
6,3	1,6	0,0	1,107849862	0	1,107849862	60,9			-2	58,9
8	3,2	0,1	2,119298044	0,079473677	2,120787652	66,5			-3	63,5
10	4,2	0,2	2,639752874	0,094276888	2,641435854	68,4			-5	63,4
12,5	8,0	0,3	4,709706794	0,170726871	4,712800203	73,5	12	2	-7	52,5
16	6,0	0,5	3,223153566	0,26859613	3,234325709	70,2	13	2	-9	46,2
20	18,0	1,7	8,708554954	0,807960376	8,745955028	78,8	14	2	-11	52,3
25	24,0	1,9	10,18743002	0,785281064	10,21765124	80,2	15	2	-13	50,7
31,5	16,0	2,5	5,729373387	0,895214592	5,798890288	75,3	15	3	-15	42,3
40	10,0	6,0	2,866769747	1,720061848	3,343199298	70,5	15	3	-17	35,5
50	9,0	5,5	1,986071744	1,21371051	2,327568297	67,3	15	3	-19	30,3
63	6,0	5,2	0,942260894	0,816626108	1,246889648	61,9	15	3	-21	22,9
80	5,5	4,0	0,553597276	0,402616201	0,684521548	56,7	14	3	-23	16,7
									Livello totale (LW)	69,92

Parametri	Valore	Unità misura
d-d0	5	m
η	0,3	adimensionale
c	360	m/s
d	15	m
d0	10	m
n	0,5	adimensionale

Valutazione Previsionale delle Vibrazioni in fase di cantiere Futuro Impianto Eolico da realizzarsi nel Comune di Orta Nova (FG) in località "Lampino"

Attività Realizzazione Fondazioni Aerogeneratori

Ricettore Foglio 32 part.450

Macchinari che operano contemporaneamente: Macchina Pali

Macchinari	Macchina Pali	Macchina Pali	Spettro combinato (A _{TOT,f})	Spettro combinato (L _{a,w,f})	Fattori di attenuazione		Ponderazione	Livello finale ponderato
					Coupling Loss	Attenuazione da piano a piano		
Frequenza	a (d0, f)	a(d,f)						
1	7,2	0,165123825	0,165123825	44,4			0	44,4
1,25	5,8	0,090061674	0,090061674	39,1			0	39,1
1,6	5,2	0,046442973	0,046442973	33,3			0	33,3
2	4,4	0,020635173	0,020635173	26,3			0	26,3
2,5	3,8	0,008091491	0,008091491	18,2			-0,5	17,7
3,15	3,4	0,002555345	0,002555345	8,1			-1,5	6,6
4	3,0	0,000579686	0,000579686	-4,7			-2	-6,7
5	2,8	0,000108395	0,000108395	-19,3			2,5	
6,3	2,5	1,19908E-05	1,19908E-05	-38,4			-2	
8	2,2	7,08597E-07	7,08597E-07	-63,0			-3	
10	2,1	2,77944E-08	2,77944E-08	-91,1			-5	
12,5	2,8	6,93362E-10	6,93362E-10	-123,2	12	2	-7	
16	3,1	2,81649E-12	2,81649E-12	-171,0	13	2	-9	
20	4,2	6,56001E-15	6,56001E-15	-223,7	14	2	-11	
25	9,9	5,25882E-18	5,25882E-18	-285,6	15	2	-13	
31,5	22,6	3,75856E-22	3,75856E-22	-368,5	15	3	-15	
40	66,8	1,42164E-27	1,42164E-27	-476,9	15	3	-17	
50	338,8	8,42719E-34	8,42719E-34	-601,5	15	3	-19	
63	197,2	4,77583E-43	4,77583E-43	-786,4	15	3	-21	
80	114,8	4,56603E-55	4,56603E-55	-1026,8	14	3	-23	

Livello totale (LW)	45,80
----------------------------	--------------

Parametri	Valore	Unità misura
d-d0	305	m
η	0,3	adimensionale
c	360	m/s
d	309	m
d0	4	m
n	0,5	adimensionale

11.CONCLUSIONI

Alla luce delle verifiche effettuate per la valutazione previsionale dell'impatto da vibrazioni meccaniche delle attività di cantiere connesse alla realizzazione del futuro Parco eolico da realizzarsi nella Provincia di Foggia, nel territorio comunale di Orta Nova – Località "Lampino" si evince che:

- il livello di vibrazione stimato con ipotesi precauzionali sui ricettori maggiormente esposti durante le fasi più impattanti delle lavorazioni di cantiere è sempre risultato inferiore al valore limite di valutazione del disturbo per le abitazioni in periodo diurno pari a 77 dB (UNI 9614); di conseguenza sono da escludersi anche potenziali effetti di danno strutturale ed estetico allo stesso edificio (UNI 9916).

Essendo tutti gli altri edifici a distanze maggiori rispetto ai ricettori considerati nei calcoli, anche per essi valgono le considerazioni di cui sopra.

Si precisa, che sarà assicurata la conformità dei macchinari utilizzati a quanto previsto dalla normativa della Unione europea e che si farà ricorso a tutte le misure necessarie a ridurre ulteriormente il disturbo. Da evidenziare infine che l'impatto massimo sul quale sono state effettuate le valutazioni nel presente studio e il relativo disturbo ha una breve durata, per lo più qualche giorno, e decade rapidamente all'allontanarsi del fronte avanzamento lavori.

Le valutazioni espresse nella presente relazione tecnica mantengono validità finché permangono invariate le ipotesi assunte sulle attività di cantiere e sulla tipologia di macchinari utilizzati.

Dott. Ing. Donata Sileo

Data: 11/05/2020



ALLEGATO 1 - CERTIFICATO TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA

ALLEGATO 1

CERTIFICATO TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA

**COMUNE DI
ORTANOVA**

**PARCO EOLICO DA UBICARSI
NEL COMUNE DI ORTA NOVA
PROVINCIA DI FOGGIA
"LOCALITA' LAMPINO"**



REGIONE BASILICATA

DIPARTIMENTO AMBIENTE, TERRITORIO E
POLITICHE DELLA SOSTENIBILITÀ
UFFICIO COMPATIBILITÀ AMBIENTALE

Via Vincenzo Verrastro, 5 - 85100 POTENZA
Fax +39 971 669082
e-mail ambiente.territorio@cert.regione.basilicata.it

Dirigente: Dott. Salvatore LAMBIASE

Prot. 0014270 /75AB

Potenza, 29 GEN. 2014

RACC. A/R

Ing. SILEO Donata
Ponte S. Antonio, 66
85100 POTENZA

OGGETTO: L. 447/1995 - Riconoscimento della figura di Tecnico competente in Acustica Ambientale.

In riferimento all'istanza presenta in data 16/07/2013 (registrata in pari data al n. 121770/75AB), si notifica la D.D. n°75AB.2014/D.00032 del 23/01/2014 (di cui si allega copia) che attesta l'avvenuto riconoscimento alla S.V. della figura di Tecnico competente in Acustica Ambientale, per quanto disposto dalla L. 447/1995 (e s.m.i.) e relativa regolamentazione di settore.

Cordiali saluti.

SL/am

IL DIRIGENTE DELL'UFFICIO
(Dott. Salvatore LAMBIASE)

Referenti:

D.ssa Filomena Pesce-Resp. P.O.C.: "Valutazione delle qualità ambientali e dei Rischi Industriali"

E-mail (informale): filomena.pesce@regione.basilicata.it

Istruttore: Sig.ra Annunziata Mazziotta- e-mail (informale) annunziata.mazziotta@regione.basilicata.it