

***Monty Wind S.R.L.***

**Parco Eolico "Monty" sito nei Comuni di:  
Montenero di Bisaccia e Montecilfone**

**STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI**

Settembre 2022



Committente:

**Monti Wind S.R.L.**

**Monti Wind S.R.L.**  
Via Sardegna, 40  
00187 Roma  
P.IVA/C.F. 16368881005

Titolo del Progetto:

**Parco Eolico "Guardiola" sito nei Comuni di: Montenero di Bisaccia e Montecilfone**

Documento:

**STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI**

N° Documento:

**IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09**

Progettista:



**sede legale e operativa**  
San Martino Sannita (BN) Località Chianarile snc Area Industriale  
**sede operativa**  
Lucera (FG) via Alfonso La Cava 114  
P.IVA 01465940623  
**Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873**



Progettista  
**Dott. Ing. Massimo Lepore**



Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	Settembre 2022	Richiesta AU	GT	PI	ML



# INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>1.1 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO</b>	<b>3</b>
<b>1.2 INDIVIDUAZIONE E SCELTA DEI RECETTORI</b>	<b>6</b>
<b>2. CENNI TEORICI SULLE VIBRAZIONI</b>	<b>10</b>
<b>2.1 DEFINIZIONI E NOZIONI GENERALI (FONTE ISPRA)</b>	<b>10</b>
<b>2.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>12</b>
<b>2.3 CASO STUDIO E PARAMETRI DI TRASMISSIONE DELLE VIBRAZIONI</b>	<b>13</b>
<b>2.4 MODELLO PREVISIONALE</b>	<b>14</b>
<b>2.5 RISCHIO DEL DANNO A STRUTTURE ED EDIFICI</b>	<b>16</b>
<b>2.6 RISCHIO ESPOSIZIONE UMANA – RISCHIO DISTURBO</b>	<b>16</b>
<b>2.7 VIBRAZIONE ED AREE DI CANTIERE PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI EOLICI</b>	<b>17</b>
<b>2.8 VIBRAZIONI DI IMPIANTI EOLICI IN FASE DI ESERCIZIO</b>	<b>18</b>
<b>3. STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI ESERCIZIO</b>	<b>19</b>
<b>4. STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE</b>	<b>22</b>
<b>5. CONCLUSIONI</b>	<b>25</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>26</b>

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09 05/09/2022 05/09/2022 00 3 di 26
---	---	---	--

## 1. PREMESSA

Il progetto descritto nella presente relazione riguarda la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica costituito da nove aerogeneratori della potenza unitaria di 7,20 MW modello Vestas-V162, per una potenza complessiva di impianto pari a 64,80 MW. L'installazione insisterà nei comuni di Montecilfone (CB) e Montenero di Bisaccia (CB) e Valderice (TP) in località "Guardiola". Proponente dell'iniziativa è la società MONTY WIND s.r.l.

La presente relazione, nel dettaglio, si pone lo scopo di valutare l'entità delle vibrazioni trasmesse durante la fase di cantiere, per la realizzazione del progetto, e durante la fase di esercizio del parco eolico al fine di verificare che queste non arrechino disturbo alle attività circostanti, alla popolazione umana ed in generale ai recettori sensibili. L'analisi è stata elaborata tenendo in considerazione anche la presenza di eventuali altri impianti esistenti o progetti in iter autorizzativo previsti in area adiacente a quella individuata per l'installazione degli aerogeneratori di progetto.

### 1.1 Descrizione sintetica del progetto

Come detto il progetto prevede la realizzazione di un parco eolico composto da nove aerogeneratori Vestas V162 di potenza nominale unitaria pari a 7.20 MW, con altezza al mozzo 119 m s.l.t. e diametro rotore pari a 162 m.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto in alta tensione 36 kV interrato che sarà posato in gran parte al di sotto della viabilità di progetto di nuova realizzazione per l'accesso agli aerogeneratori e della viabilità esistente ed in minima parte su terreno agricolo.

I cavidotti in partenza dagli aerogeneratori saranno collegati ad una cabina di raccolta a 36 kV, la quale sarà collegata tramite un cavidotto in alta tensione a 36 kV, anch'esso interrato, alla sezione a 36 kV della futura Stazione Elettrica di Trasformazione di Terna S.p.A. a 380/150/ 36 kV (anche detta SE Terna) da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 380 kV "Larino – Gissi".

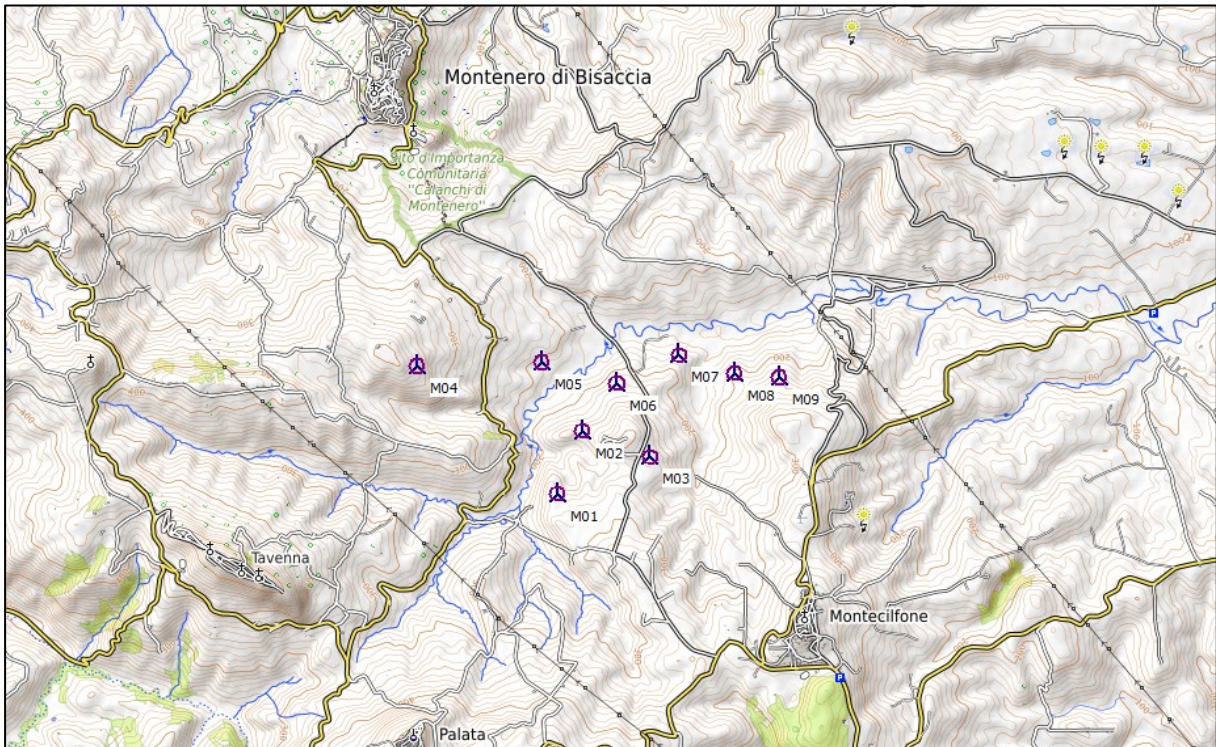
Completano il quadro delle opere da realizzare una serie di adeguamenti temporanei alle strade esistenti necessari a consentire il passaggio dei mezzi eccezionali di trasporto delle strutture costituenti gli aerogeneratori.

In fase di realizzazione dell'impianto, sarà necessario predisporre un'area logistica di cantiere con le funzioni di stoccaggio materiali e strutture, ricovero mezzi, disposizione dei baraccamenti necessari alle maestranze (fornitore degli aerogeneratori, costruttore delle opere civili ed elettriche) e alle figure deputate al controllo della realizzazione (Committenza dei lavori, Direzione Lavori, Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione, Collaudatore). Sono previste, altresì, due aree necessarie alle manovre dei mezzi di trasporto eccezionale e di trasbordo delle strutture costituenti l'impianto.

**Tabella 1: Coordinate, tipologia e caratteristiche principali degli aerogeneratori di progetto.**

ID WTG	UTM WGS 84 Long. Est [m]	UTM WGS 84 Lat. Nord [m]	Altitudine s.l.m. [m]	Modello aerogeneratore	Potenza nominale [KW]
M01	483760	4640496	264	VESTAS V162	7.200
M02	484034	4641205	247	VESTAS V162	7.200
M03	484768	4640908	278	VESTAS V162	7.200
M04	482241	4641942	372	VESTAS V162	7.200
M05	483593	4641983	197	VESTAS V162	7.200
M06	484413	4641744	219	VESTAS V162	7.200
M07	485083	4642057	165	VESTAS V162	7.200
M08	485688	4641852	194	VESTAS V162	7.200
M09	486171	4641803	232	VESTAS V162	7.200

**Figura 1: Inquadramento geografico del sito in località “Guardiola” in agro dei comuni di Montecilfone e Montenero di Bisaccia (CB).**



**Figura 2: Individuazione dell'area di installazione della WTG su stralcio cartografico di tipo topografico con evidenza dell'impianto di progetto.**



**Figura 3: Individuazione dell'area di installazione delle WTG su immagine ortofotografica nel prospetto 3D.**

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09 05/09/2022 05/09/2022 00 6 di 26
---	---	---	--

## 1.2 Individuazione e scelta dei recettori

Ai fini della previsione degli impatti indotti dall'impianto di progetto, sono stati individuati i "ricettori sensibili", facendo riferimento al **DPCM 14/11/97** e alla **Legge Quadro n.447/95**, che stabiliscono che la verifica dei limiti di immissione acustica va effettuata in corrispondenza degli ambienti abitativi, definiti come:

*"ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.Lgs. 15 agosto 1991, n. 277 (2), salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive".*

Per il sito in esame, sono state prese in considerazione e valutate tutte le strutture presenti nell'area limitrofa i punti di futura installazione delle turbine di progetto accatastate in categoria A. Per il dettaglio della metodologia seguita per la scelta delle strutture da considerarsi come recettori sensibili si rimanda ai preposti elaborati di seguito dettagliati:

**Tabella 2: Elaborati di progetto relativi alla selezione dei recettori considerati nell'analisi.**

TITOLO ELABORATO	CODICE ELABORATO
PLANIMETRIA SU C.T.R. E ORTOFOTO CONTENENTE L'INDIVIDUAZIONE DEI FABBRICATI DESUNTI DA CARTOGRAFIE – Quadri 1 - 2	IT-VESMON-TEN-SIA-DW-01
PLANIMETRIA CATASTALE CONTENENTE L'INDIVIDUAZIONE DEI FABBRICATI DESUNTI DA CARTOGRAFIE – QUADRI 1 – 2 – 3 - 4	IT-VESMON-TEN-SIA-DW-02
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA AI FABBRICATI NON CONSIDERATI RECETTORI	IT-VESMON-TEN-SIA-DW-03
PLANIMETRIA CON INDIVIDUAZIONE DELLE CURVE ISOLIVELLO CUMULATIVE ESTESE AD UN BUFFER DI 3km DALL'IMPIANTO	IT-VESMON-TEN-SIA-DW-04

Pertanto, in prossimità dell'area di cantiere e lungo il tracciato del cavidotto, sono state individuate 35 strutture aventi caratteristiche di abitabilità e che risultano essere le uniche strutture potenzialmente esposte alle emissioni acustiche derivanti dal funzionamento dei macchinari e dei mezzi di movimentazione che operano durante la fase di cantiere.

A seguire saranno proposte la tabella di inquadramento dei recettori, la tabella con le distanze intercorrenti tra ciascuna turbina di progetto ed i recettori sensibili considerati e le immagini relative alle porzioni di territorio interessate rispettivamente dalle turbine di progetto e dai recettori individuati e considerati nel modello di stima previsionale.

**Tabella 3: Recettori individuati in prossimità delle aree di cantiere.**

<b>ID Recettore</b>	<b>UTM WGS 84 Long. Est [m]</b>	<b>UTM WGS 84 Lat. Nord [m]</b>	<b>Altitudine s.l.m. [m]</b>
R01	484353	4639771	320
R02	484396	4639761	320
R07	483289	4640232	210
R08	483394	4640955	220
R09	484503	4640310	292
R10	484514	4640154	300
R11	483958	4639887	291
R18	484804	4641674	220
R20	483120	4641584	230
R21	483933	4642346	183
R22	483204	4642235	246
R23	483010	4642240	262
R24	482957	4642510	262
R25	482886	4642509	268
R26	483454	4642873	206
R27	483971	4642751	199
R28	482634	4642849	273
R29	482296	4642423	333
R30	482235	4642843	302
R32	482729	4641811	283
R33	482664	4641590	293
R34	481481	4642506	362
R35	481280	4642146	375
R37	481253	4641965	365
R40	486609	4641598	260
R41	481475	4641562	338
R42	481567	4641517	337
R43	481584	4641250	366
R44	481500	4641311	380
R45	481830	4641096	341
R47	482926	4640518	259
R48	483201	4639803	264
R49	486891	4641452	270
R50	486758	4641273	292
R51	482046	4642916	286



Di seguito si riporta una tabella che mostra la matrice delle distanze intercorrenti tra i recettori considerati nell'analisi e gli aerogeneratori di progetto.

**Tabella 4: Matrice delle distanze recettori / aerogeneratori di progetto.**

Recettori	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09
R01	937	1469	1210	3029	2339	1974	2400	2472	2727
R02	972	1489	1206	3066	2363	1983	2397	2458	2706
R07	540	1225	1626	2006	1777	1884	2559	2895	3282
R08	587	687	1375	1518	1047	1289	2017	2463	2904
R09	766	1010	654	2789	1904	1437	1841	1945	2239
R10	828	1155	796	2892	2048	1593	1986	2064	2338
R11	640	1320	1303	2678	2128	1912	2444	2618	2927
R18	1574	902	767	2577	1250	397	474	902	1373
R20	1262	989	1781	949	619	1303	2019	2582	3059
R21	1858	1145	1663	1740	497	770	1186	1823	2303
R22	1826	1323	2051	1007	463	1305	1887	2513	2998
R23	1898	1456	2206	825	637	1488	2081	2706	3191
R24	2168	1692	2418	914	826	1645	2174	2809	3291
R25	2195	1737	2471	859	881	1708	2243	2878	3360
R26	2397	1766	2364	1529	901	1481	1822	2456	2920
R27	2265	1547	2008	1910	856	1100	1311	1938	2396
R28	2609	2159	2885	988	1292	2094	2574	3213	3688
R29	2420	2122	2899	484	1370	2223	2811	3440	3924
R30	2799	2433	3188	901	1607	2440	2954	3592	4071
R32	1671	1439	2230	505	881	1685	2367	2959	3442
R33	1549	1423	2212	550	1009	1756	2464	3035	3513
R34	3039	2865	3655	946	2176	3029	3630	4258	4742
R35	2979	2910	3701	982	2319	3159	3804	4418	4903
R37	2906	2883	3670	988	2340	3168	3831	4436	4921
R40	3055	2605	1966	4382	3040	2201	1594	955	484
R41	2521	2584	3357	855	2159	2944	3642	4223	4702
R42	2419	2487	3258	797	2079	2855	3557	4135	4613
R43	2303	2450	3202	954	2139	2872	3591	4148	4620
R44	2402	2536	3293	973	2198	2945	3660	4223	4697
R45	2021	2207	2944	941	1974	2663	3392	3931	4398
R47	834	1304	1883	1580	1610	1927	2650	3067	3490
R48	890	1631	1917	2345	2215	2288	2936	3222	3581
R49	3274	2868	2192	4676	3340	2495	1907	1268	801
R50	3097	2725	2023	4566	3244	2392	1849	1217	791
R51	2966	2623	3383	993	1807	2641	3156	3794	4273

La minima distanza intercorrente tra la struttura più prossima e l'aerogeneratore di progetto è di 397 m (in giallo) ed è relativo al recettore individuato come R18 rispetto alla turbina di progetto M06.



TENPROJECT

STUDIO DI IMPATTO DELLE  
VIBRAZIONI

Codice  
Data creazione  
Data ultima modif.  
Revisione  
Pagina

IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09  
05/09/2022  
05/09/2022  
00  
9 di 26



Figura 4: Inquadramento territoriale degli aerogeneratori di progetto (WTG) e dei recettori (R) su ortofoto Google Earth nel prospetto 3D.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09
		Data creazione	05/09/2022
		Data ultima modif.	05/09/2022
		Revisione	00
		Pagina	10 di 26

## 2. CENNI TEORICI SULLE VIBRAZIONI

### 2.1 Definizioni e nozioni generali (fonte ISPRA)

Le vibrazioni sono oscillazioni meccaniche generate da onde di pressione che si trasmettono attraverso i corpi ovvero è definito vibrazione un fenomeno ondulatorio, generalmente a bassa frequenza, trasmesso attraverso un mezzo solido, liquido o gassoso. Una vibrazione è costituita da una fluttuazione rapida intorno ad una posizione di equilibrio; il movimento netto dell'elemento posto in vibrazione è quindi nullo.

L'oscillazione è il movimento che un punto mobile compie per ritornare alla posizione di partenza.

Il tempo che intercorre tra due passaggi nel punto di equilibrio (o punto di partenza) è detto periodo (o ciclo).

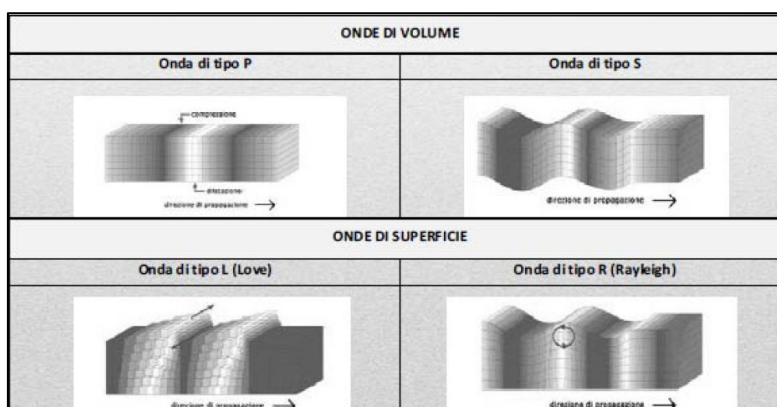
Il numero di periodi al secondo costituisce la frequenza di una vibrazione, espressa in Hertz (Hz).

In funzione degli effetti fisiopatologici sull'uomo le vibrazioni sono suddivise in tre principali bande di frequenza:

- 0-2 Hz: oscillazioni a bassa frequenza, generate dai mezzi di trasporto (terrestri aerei, marittimi)
- 2-20 Hz: oscillazioni a media frequenza, generate da macchine ed impianti industriali
- > 20-30 Hz: oscillazioni ad alta frequenza, generate da una gamma ampia di strumenti vibranti diffusi in ambito industriale.

Le vibrazioni sono caratterizzate inoltre da tre ulteriori parametri: l'ampiezza, la velocità e l'accelerazione dello spostamento.

Un'onda è una perturbazione di tipo elastico che si propaga da un punto ad un altro attraversando un materiale oppure sulla superficie dello stesso, anche se non è implicito il suo spostamento definitivo. Le onde si distinguono pertanto in onde di volume ed onde di superficie.



**Figura 5: Differenti tipologie di Onde di Volume e Superficie**

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

La caratterizzazione della qualità dell'ambiente in relazione agli effetti delle vibrazioni deve consentire di individuare e stimare le modifiche e/o le interferenze introdotte dall'intervento proposto e valutarne la

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09 05/09/2022 05/09/2022 00 11 di 26
---	---	---	---

compatibilità con gli standard esistenti, in riferimento alla verifica sia del disturbo sull'uomo, sia del danno agli edifici per la salvaguardia del patrimonio architettonico/archeologico.

Quando viene imposto sul terreno un prefissato livello di vibrazione, questo si propaga nel mezzo, subendo una attenuazione dipendente da natura del terreno, frequenza del segnale, distanza tra sorgente e ricevitore.

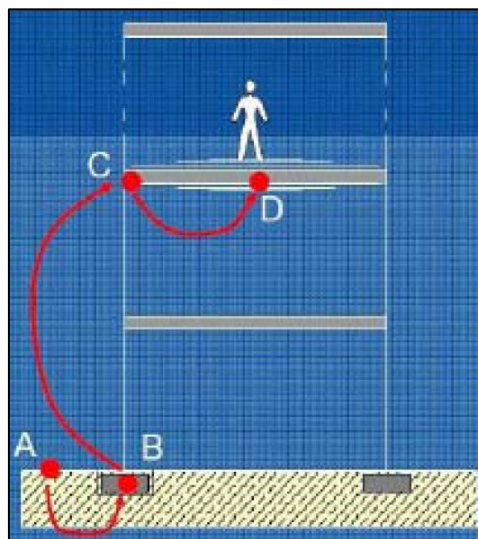
Il modello di propagazione valido per tutti i tipi di onde si basa sulla seguente relazione matematica:

$$w_2(d, f) = w_1(d_0, f) \cdot \left(\frac{d}{d_0}\right)^n \cdot e^{-\alpha f(d-d_0)}$$

dove:  $\alpha$  è il coefficiente di attenuazione del materiale,  $c$  la velocità di propagazione in m/s,  $f$  la frequenza in Hz,  $d$  la distanza in m e  $d_0$  la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione.

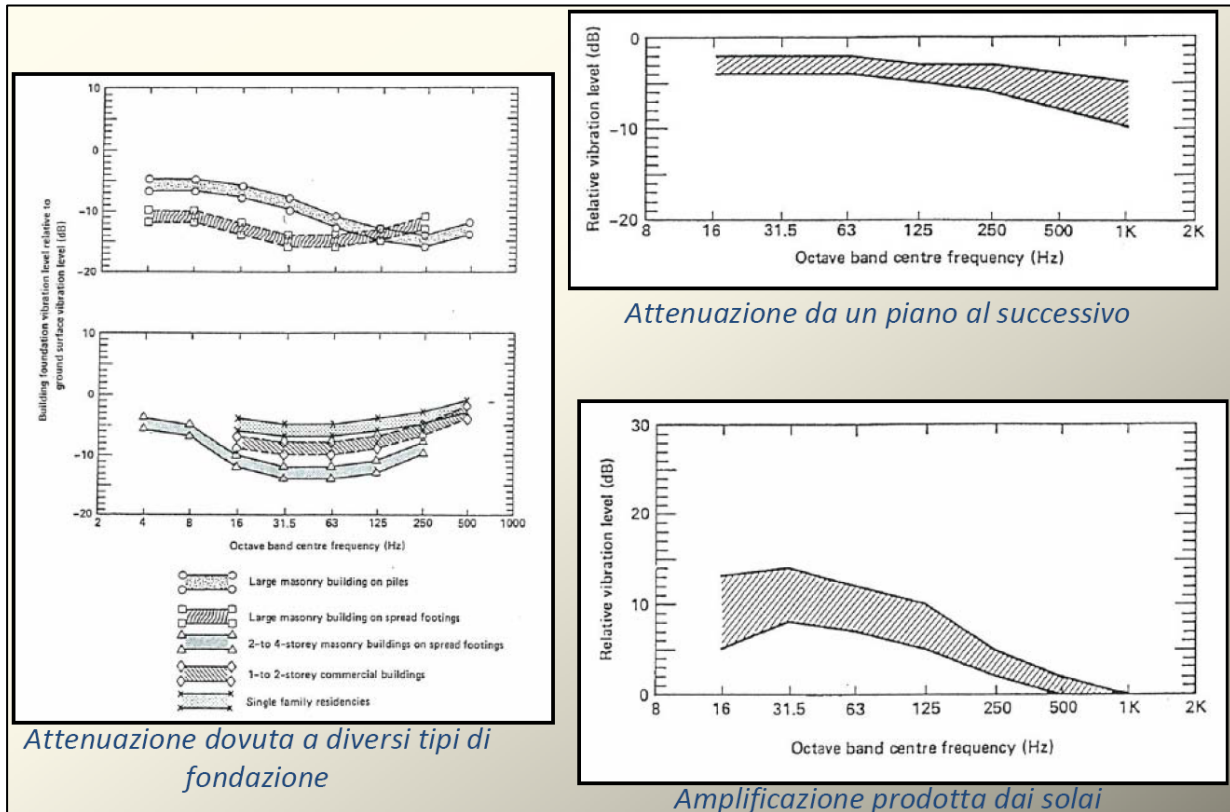
Il modello semplificato di propagazione si riferisce ai soli fenomeni che avvengono nel terreno, ipotizzato omogeneo ed isotropo.

In presenza di edifici con struttura complessa, collegati al terreno attraverso fondazioni, i livelli di vibrazione riscontrabili all'interno delle strutture possono presentare attenuazioni e/o amplificazioni secondo lo schema riportato nell'immagine seguente.



**Figura 6: Schematizzazione semplificata della propagazione delle vibrazioni nel sistema terreno-edificio**

Differenti tipologie di fondazioni forniscono diversi effetti di attenuazione o amplificazione del fenomeno vibratorio come evidenziato nelle immagini a seguire.



**Figura 7: Esempi di Attenuazione/Amplificazione dei fenomeni vibratorii/oscillatori nei differenti elementi**

## 2.2 Normativa di riferimento

Allo stato attuale non esiste una norma a livello nazionale che stabilisca valori limite per l'esposizione alle vibrazioni; tuttavia, esistono alcune norme tecniche nazionali ed internazionali cui si può far riferimento e che possono fungere da indicatori. Tali norme sono distintamente orientate e relative a:

### Esposizione Umana:

- ISO 2631-2: Valutazione dell'esposizione umana alla vibrazione del corpo intero – Vibrazione negli edifici.
- UNI 9614: Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo
- UNI 11048: Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo

### Danni ad edifici:

- ISO 9916: Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici

Le aree di cantiere per la realizzazione di impianti eolici, e le tematiche ad esse relative oggetto di tale relazione, interessano solitamente suoli e zone a carattere quasi esclusivamente di tipo rurale localizzate e pertanto in luoghi ove la presenza di strutture ed edifici è solitamente scarsa, poco concentrata e costituita per lo più da fabbricati per il ricovero di mezzi agricoli o, in casi meno frequenti, da strutture abitative di altezza comunque contenuta (max 2-3 piani) e le cui distanze, anche nell'ottica

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09 05/09/2022 05/09/2022 00 13 di 26
---	---	---	---

del rispetto dei requisiti di impatto acustico per la realizzazione delle turbine, risulta quasi sempre non inferiore i 200-300 m in linea d'aria.

In questo, risulta chiaramente evidente come la tematica legata ai potenziali danni agli edifici sia intrinsecamente esclusa, e quanto poco probabile e/o rilevante possano essere invece le ripercussioni in termini di esposizione umana essendo le aree di cantiere, di tipo temporaneo, dislocate in ambiente aperto ove la propagazione di rumore e vibrazioni è di tipo sferico (quindi proiettata lungo tutte le direzioni e non in modo esclusivo e diretto nei confronti di una o più zone edificate) e dove **non** sono valutati e considerati tutti gli elementi di tipo naturale e/o artificiale, la cui presenza esercita un effetto barriera alla propagazione delle onde.

### 2.3 Caso studio e parametri di trasmissione delle vibrazioni

Le vibrazioni possono essere valutate in tre diverse modalità:

- in termini di spostamento (variazione della posizione di un corpo o di una particella, che è di solito misurata a partire dalla media delle posizioni assunte dal corpo o dalla particella stessa oppure dalla posizione di quiete);
- in termini di velocità (variazione dello spostamento rispetto al punto di riferimento, in un determinato intervallo di tempo):

Si utilizza o il valore di picco (PPV peak particle velocity) definito come il picco massimo istantaneo positivo o negativo del segnale di vibrazione: tale grandezza è utile per valutare i danni potenziali agli edifici ma non è adeguata a valutare la risposta umana.

La grandezza collegata alla risposta umana alle vibrazioni è il valore efficace della velocità (RMS), definito come la radice quadrata della media della velocità istantanea al quadrato.

Infine, si utilizza, come per le grandezze acustiche, il livello associato al valore efficace della velocità  $L_v$ , che si misura in dB ed è definito a seguire attraverso l'equazione:

$$L_v = 20 \log \left( \frac{v}{v_0} \right)$$

dove  $v$  è il valore efficace della velocità istantanea e  $v_0$  è il valore di riferimento ( $v_0 = 10^{-9}$  m/sec)  
 In termini di accelerazione: le grandezze impiegate sono le corrispondenti a quelle descritte per la velocità.

In particolare, il livello dell'accelerazione  $L_A$  (espresso in dB) è definito come:

$$L_A = 20 \log \left( \frac{a}{a_0} \right)$$

dove  $a$  è il valore efficace dell'accelerazione istantanea e  $a_0$  è il valore di riferimento ( $a_0 = 10^{-6}$  m/sec<sup>2</sup>)

I parametri fisici che influenzano le vibrazioni via terra si possono dividere in tre categorie:

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09 05/09/2022 05/09/2022 00 14 di 26
---	---	---	---

## 1) Fattori legati a tipologie di sorgenti e modalità operative (Fase di Cantiere)

### 2) Fattori Geologici

### 3) Fattori Strutturali e caratteristiche dei recettori (Edifici-Strutture e Fabbricati)

#### 1. Sorgenti e modalità operative:

In questa categoria sono inclusi tutti i parametri collegati ai mezzi di escavazione e sbancamento del materiale. Le attività connesse alla fase di escavazione generano livelli vibratorii di vari gradi in relazione ai macchinari e ai mezzi impiegati. Le attività che tipicamente generano livelli di vibrazioni pericolosi sono associate all'uso di esplosivi e attrezzature d'impatto (battipalo) che, però questo nello specifico caso dell'eolico, non sono impiegati.

#### 2. Fattori Geologici:

Le condizioni e la tipologia del suolo e del substrato influenzano fortemente i livelli vibratorii, in particolare assumono particolare rilievo la rigidità, lo smorzamento interno del terreno e la profondità del substrato roccioso. Fattori quali la stratificazione del terreno e profondità delle falde acquifere possono avere effetti significativi sulla propagazione delle vibrazioni via terra.

#### 3. Fattori Strutturali e caratteristiche dei recettori (Edifici-Strutture e Fabbricati):

I problemi legati alla vibrazione via terra si hanno quasi esclusivamente all'interno degli edifici. Quindi le caratteristiche dei recettori costituiscono una componente fondamentale nella valutazione delle vibrazioni. Le vibrazioni indotte da mezzi di escavazione possono essere percepite da persone che si trovano all'esterno, ma è raro che provochino lamentele. I livelli di vibrazione dentro un edificio dipendono dall'energia vibratoria che raggiunge le fondazioni, dall'accoppiamento tra le fondazioni ed il terreno e dalla propagazione della vibrazione attraverso la struttura dell'edificio. Come regola generale si può affermare che più è massivo l'edificio, minore è la sua risposta all'energia vibratoria incidente sul terreno. Le sorgenti di vibrazioni provocano effetti che si propagano attraverso il terreno e diminuiscono di intensità con la distanza.

Gli edifici subiscono effetti che si possono classificare in una scala da non percepibili (livelli di vibrazione bassi), a suoni a bassa frequenza e vibrazioni percepibili (livelli di vibrazione medi) fino a livelli tali da provocare danni alle strutture.

## 2.4 Modello previsionale

Tutte le fonti bibliografiche ai fini delle elaborazioni dei modelli previsionali indicano l'utilizzo di modelli semplificati globali in luogo alle stime afferenti all'utilizzo degli elementi finiti. Pertanto, anche in tale elaborato la valutazione previsionale viene elaborata attraverso l'utilizzo di un modello di propagazione classico la cui procedura per la stima delle vibrazioni indotte viene riportata a seguire:

1. si determinano le apparecchiature impiegate e i relativi livelli di vibrazione forniti, generalmente, a una distanza di riferimento; nel caso in oggetto è stato considerato il valore relativo all'utilizzo della ruspa cingolata [rif. A. Farina "Valutazione dei livelli di vibrazioni in edifici residenziali,

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09 05/09/2022 05/09/2022 00 15 di 26
---	---	---	---

Normativa, tecniche di misura e di calcolo”, neo- Eubios n. 16 (2006)] misurato a distanza di 5 m dal centro della sorgente

2. si applica il modello di propagazione classico per la stima del livello di accelerazione prevista descritto dalla seguente equazione (Dong-Soo, Jin-Sun Lee):

$$w_2 = w_1 \left( \frac{r_1}{r_2} \right)^n e^{-\alpha(r_2-r_1)}$$

dove,  $w_1$  e  $w_2$  rappresentano le ampiezze delle vibrazioni rispettivamente alla distanza  $r_1$  e  $r_2$  dalla sorgente;  $n$  è il coefficiente di smorzamento geometrico;  $\alpha$  è il coefficiente di smorzamento del materiale.

Il coefficiente di smorzamento geometrico rappresenta l'attenuazione che si verifica a causa della diminuzione della densità di energia all'aumentare della distanza dalla sorgente e può essere determinato conoscendo il tipo onda che si propaga, il tipo di sorgente e il luogo di emissione della vibrazione, che generalmente varia tra 0,5 e 2,0. Il coefficiente di smorzamento del materiale tiene conto della riduzione di energia delle vibrazioni a causa dell'attrito e della coesione tra le particelle di terreno, essendo quest'ultimo non perfettamente elastico. Questa attenuazione, dovuta allo smorzamento del materiale, è influenzata dal tipo di terreno e dalla frequenza delle vibrazioni:  $\alpha$  può essere calcolato come:

$$\alpha = \frac{\pi \eta f}{c}$$

dove:

$\eta$  rappresenta il fattore di perdita del terreno,

$c$  rappresenta la velocità di propagazione dell'onda [m/s].

Ne consegue pertanto che per substrati meno duri (più soffici, con minore presenza di componente rocciosa), il valore di attenuazione del mezzo di propagazione risulta più elevato del corrispondente valore per i substrati duri (rocciosi). Tanto più sarà compatta la roccia del substrato, tanto meno sarà attenuato il fenomeno di propagazione. Inoltre, l'attenuazione della propagazione risulta essere maggiore per le vibrazioni ad alte frequenze rispetto alle vibrazioni a basse frequenze. Risulta quindi che la maggiore propagazione delle vibrazioni si ottiene in presenza di substrati rigidi con trasmissioni a basse frequenze.

La tabella proposta a seguire evidenzia e sintetizza esempi di valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali in relazione ai differenti substrati litologici che si possono incontrare.



 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09
		Data creazione	05/09/2022
		Data ultima modif.	05/09/2022
		Revisione	00
		Pagina	16 di 26

**Tabella 5: Velocità di propagazione delle onde longitudinali, fattore di perdita e massa volumica per le differenti tipologie di substrato litologico.**

Tipologia di substrato	Velocità di propagazione onda longitudinale [m/s]	Fattore di perdita [η]	Massa volumica [kg/m <sup>3</sup> ]
Roccioso	3500	0,01	2650
Sabbioso	600	0,1	1600
Argilloso	1500	0,5	1700

- Il valore dell'accelerazione determinato al punto 2 permette di calcolare il livello ponderato di accelerazione da confrontare con i criteri di valutazione del disturbo o del danno degli edifici in base alla loro destinazione d'uso.

## 2.5 Rischio del danno a strutture ed edifici

Esplosioni, utilizzo ed operazioni effettuate da macchine battipalo, demolizioni, perforazioni, scavi in prossimità di strutture particolarmente sensibili rappresentano le principali attività che solitamente si valutano quando si parla di rischio per strutture derivanti da vibrazioni. I livelli di impulso e di vibrazione di grande ampiezza devono essere valutati con riferimento ai loro potenziali effetti sui fabbricati e sulle strutture. La definizione di un limite di sicurezza per la velocità di vibrazione non è univoca: una rassegna completa dei valori di riferimento per la valutazione degli effetti delle vibrazioni, proprio in termini di velocità di picco puntuale (PPV) è riportata nella normativa di riferimento UNI 9916. Il criterio adottato in questa sede pone i seguenti limiti:

- 5 mm/s per edifici residenziali (vibrazioni durature);
- 2.5 mm/s per edifici storici estremamente fragili (vibrazioni durature);

Tali valori rappresentano i limiti più cautelativi noti in letteratura

Essi sono generalmente più elevati di quelli derivanti dal non disturbo alle persone. Solo in presenza di un fattore di cresta molto elevato, maggiore di 18 dB, potrebbe infatti verificarsi il caso di superamento del limite di danno strutturale senza che si verifichi il superamento del limite di disturbo alle persone.

Si definisce pertanto "fattore di cresta" la differenza fra il valore massimo di picco di una forma d'onda e il suo valore efficace.

Per una forma d'onda sinusoidale, il fattore di cresta risulta essere pari a 3 dB, per un segnale con più componenti e con forma d'onda molto "aspra", il fattore di cresta può facilmente essere superiore ai 10 dB, ed in alcuni casi (eventi impulsivi quali martellate, esplosioni, etc.) può anche superare i 20 dB.

La circostanza in oggetto risulta però altamente improbabile tanto che è possibile assumere che il rispetto dei limiti di non-disturbo alle persone, fornisce sufficienti garanzie (e quindi necessariamente implica) di non avere effetti dannosi per le strutture edilizie.

## 2.6 Rischio Esposizione Umana – Rischio Disturbo

Nelle strutture classificate come recettori, ed in generale in tutti i corpi di fabbrica o edifici il disturbo può

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09
		Data creazione	05/09/2022
		Data ultima modif.	05/09/2022
		Revisione	00
		Pagina	17 di 26

essere percepito sia come vibrazione meccanica degli elementi edilizi (groundborne vibration), sia come rumore irraggiato nei locali dagli orizzontamenti, dalle pareti e dagli infissi (groundborne noise). Tali disturbi, in virtù dei differenti meccanismi dissipativi citati, diminuiscono con la distanza dalla sorgente in modo rapido. Come anticipato, l'entità dell'effetto disturbante legato alla vibrazione dipende da molti altri fattori oltre la distanza dalla sorgente. Tali fattori sono legati alle attenuazioni o amplificazioni nella struttura degli edifici, dovuti principalmente alla tipologia dei sistemi di fondazione.

La UNI 9614, norma di riferimento relativamente alla soglia di percezione delle vibrazioni individua il valore di riferimento pari a:  $a_{soglia,z} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$  corrispondenti a 74 dB (per  $a_0 = 10^{-6} \text{ m/sec}^2$ ) per l'asse z e  $a_{soglia, x/y} = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$  corrispondenti a 71 dB (per  $a_0 = 10^{-6} \text{ m/sec}^2$ ) per gli assi x e y.

Nella tabella a seguire viene sintetizzata ed evidenziata la soglia dei valori limite utili ad evitare il disturbo in relazione alle destinazioni d'uso delle aree/strutture oggetto di analisi.

Devono essere infine assegnata una classificazione di sensibilità dei recettori adiacenti alle sorgenti. Le classi di sensibilità devono essere definite sulla base della destinazione d'uso dell'immobile, in conformità con la Norma UNI 9614, prescindendo da considerazioni delle caratteristiche dei singoli fabbricati quali, ad esempio, lo stato di conservazione e la tipologia costruttiva dell'immobile. Nella tabella a seguire sono evidenziate le classi di sensibilità:

**Tabella 6: Valutazione del disturbo UNI 9614 - Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza**

VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI COMPLESSIVE PONDERATE IN FREQUENZA VALIDI PER GLI ASSI x E y			VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI COMPLESSIVE PONDERATE IN FREQUENZA VALIDI PER L'ASSE z		
Destinazione d'uso	Accelerazione		Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s <sup>2</sup>	dB		m/s <sup>2</sup>	dB
Aree critiche	$3,6 \cdot 10^{-3}$	71	Aree critiche	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni notte	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74	Abitazioni notte	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77
Abitazioni giorno	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77	Abitazioni giorno	$10,0 \cdot 10^{-3}$	80
Uffici	$14,4 \cdot 10^{-3}$	83	Uffici	$20,0 \cdot 10^{-3}$	86
Fabbriche	$28,8 \cdot 10^{-3}$	89	Fabbriche	$40,0 \cdot 10^{-3}$	92

Le aree critiche corrispondono alle aree archeologiche di importanza storico-monumentale, infrastrutture sanitarie, fabbricati scolastici di qualsiasi genere. Rientrano in tali classi aree anche le attività industriali che impiegano macchinari di precisione.

Per Fabbriche e affini devono essere inoltre applicati i valori limite sanciti nel D.Lgs 81/2008 per l'esposizione dei lavoratori a vibrazioni meccaniche

## 2.7 Vibrazione ed aree di cantiere per la realizzazione di impianti eolici

Premesso che le aree di cantiere per l'installazione di un impianto eolico sono solitamente dislocate in zone adibite a carattere agricolo e rurale e che pertanto l'area è già interessata dal transito periodico dei mezzi pensanti ed agricoli per il raggiungimento e la lavorazione dei suoli coltivati in aree limitrofe, al fine di minimizzare le potenziali fonti di rumore e vibrazione, con conseguente potenziale temporanea sensazione di fastidio o disturbo indotto, potranno essere previsti alcuni accorgimenti operativi a carattere preventivo come ad esempio:

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09 05/09/2022 05/09/2022 00 18 di 26
---	---	---	---

- L'impiego di mezzi gommati al fine di contenere il rumore di fondo nell'area durante il passaggio su strada (solitamente di tipo imbrecciato o sterrato);
- Utilizzo di macchine operatrici a norma
- Prevedere un piano di monitoraggio

Per quanto concerne il piano di monitoraggio in fase di realizzazione dell'impianto, è possibile ipotizzare delle campagne fonometriche in virtù delle differenti fasi di cantiere ed in considerazione dello spostamento lungo linee orizzontali dei macchinari impiegati durante le differenti e successive fasi lavorative.

In tale ottica si potrebbe pertanto prevedere una campagna fonometrica di monitoraggio in concomitanza, ad esempio, all'impiego di nuovi differenti macchinari oppure quando è previsto uno spostamento significativo del fronte di lavorazione.

Per tali circostanze le indagini fonometriche programmate potranno essere indirizzate presso gli stessi recettori individuati in fase di studio previsionale per la valutazione del clima acustico ante operam e stima dell'impatto acustico post operam in condizioni di normale esercizio e durante i periodi maggiormente critici (come, ad esempio, in particolari sfavorevoli condizioni di bassa ventosità e direzione del vento prevalente lungo la direttrice verso la struttura in esame).

## **2.8 Vibrazioni di impianti eolici in fase di esercizio**

Le fonti di rumore e vibrazione emesse da una turbina eolica sono essenzialmente di natura aerodinamica, (causate dall'interazione tra il vento e le pale), meccanica (generate dagli attriti meccanici dei componenti del rotore e del sistema di trasmissione del generatore) e cinetica (generate dalle oscillazioni e dal passaggio e cambiamento di stato da stazionario a combinato. Le oscillazioni sono causate dal vento che insiste sul piano del rotore degli aerogeneratori generando momenti forzanti opportunamente controllati dalle strutture di fondazione, nonché dall'interazione aerodinamica e meccanica delle pale con la torre.

Diversi studi della BWEA (British Wind Energy Association) hanno mostrato che a distanza di poche decine di metri il rumore risultante dalle esigue vibrazioni prodotte dalle turbine eoliche risulta sostanzialmente poco distinguibile rispetto al rumore residuo.

In particolare, per i fenomeni vibratorii è possibile analizzare come questi si trasmettono nel terreno circostante le fondazioni di sostegno delle torri degli aerogeneratori.

Le vibrazioni perdono energia durante la propagazione nel terreno e la loro ampiezza diminuisce con l'aumentare della distanza dalla sorgente.

Le vibrazioni vengono trasmesse attraverso la struttura metallica della torre, le fondazioni, il terreno e alle caratteristiche strutturali del recettore.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09 05/09/2022 05/09/2022 00 19 di 26
---	---	---	---

### 3. STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI ESERCIZIO

Al fine di valutare in termini **quantitativi** la distanza alla quale l'entità delle vibrazioni generate dal funzionamento a regime del parco eolico possa ritenersi tale da non arrecare disturbo alle attività circostanti, alla popolazione umana ed ai recettori in generale, applichiamo il modello di calcolo appena esposto, utilizzando come dato di input i valori di vibrazione riferiti ad impianti simili ed associando gli stessi alla condizione in oggetto, non essendo gli stessi attualmente ancora disponibili per il modello di aerogeneratore di futura installazione. Nell'applicazione del modello previsionale al fine di valutare il potenziale possibile disturbo in termini **quantitativi**, sono stati ipotizzati i seguenti parametri come di seguito esplicitati:

In funzione della tipologia di substrato litologico si assumono i seguenti valori:

- $\eta = 0.1$  (fattore di perdita del substrato nell'ipotesi peggiore possibile nell'ottica della valutazione a maggior carattere cautelativo nei confronti dei recettori);
- $c$  (velocità di propagazione dell'onda di Rayleigh VR) = 600 m/s (valore coerente con i dati geotecnici riportati nell'elaborato specialistico)

Livelli di riferimento per la sorgente in esercizio: sono stati considerati valori di accelerazione misurati presso strutture analoghe.

Potenziali fenomeni di attenuazione o amplificazione relativi alla tipologia di fondazioni cui sono dotati i recettori **non** sono stati tenuti in conto.

In particolare, i valori r.m.s di accelerazione (non ponderati in frequenza) in corrispondenza della torre di sostegno lungo i tre assi (x, y, z), presi come riferimento per il calcolo in base a valori reali misurati su strutture analoghe sono:

$$w_1(x) = 0,0224 \frac{m}{s^2} \qquad w_1(y) = 0,01333 \frac{m}{s^2} \qquad w_1(z) = 0,0272 \frac{m}{s^2}$$

I valori dei coefficienti presenti nell'espressione sopra proposta sono stati ricavati da dati misurati disponibili per strutture analoghe facendo riferimento alle condizioni di funzionamento più gravose compatibili con le caratteristiche delle sorgenti ed al fine di avere una valutazione cautelativa dell'entità delle vibrazioni trasmesse.

Nel dettaglio, al fine di eseguire il calcolo del potenziale possibile disturbo, sono stati assunti i parametri di input come esplicitati nella tabella seguente.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09
		Data creazione	05/09/2022
		Data ultima modif.	05/09/2022
		Revisione	00
		Pagina	20 di 26

**Tabella 7: Valori di input per il calcolo quantitativo delle vibrazioni indotte da un aerogeneratore in esercizio.**

	Valore asse x	Valore asse y	Valore asse z
Vibrazione alla sorgente [dB]	87	82,5	88,7
Accelerazione alla sorgente [mm/s <sup>2</sup> ]	22,38	13,33	27,22
Distanza dalla sorgente [m]	1	1	1
Coefficiente di attenuazione geometrica	0,5	0,5	0,5
Tipologia di terreno	Litologia a prevalente componente arenitica		
Fattore di perdita del terreno	0,1	0,1	0,1
Velocità di propagazione nel terreno [m/s]	600	600	600
Densità del terreno [kg/mc]	1600	1600	1600
Velocità di rotazione di riferimento [rpm]	12	12	12
Frequenza onda di vibrazione di riferimento per il calcolo [Hz]	0,600	0,600	0,600
Pulsazione d'onda $\omega$ [rad/s]	3,768	3,768	3,768

Di seguito i risultati ottenuti in termini di distanza minima di rispetto dei valori soglia della norma UNI 9614. Poiché il fenomeno riguarda l'esercizio di macchine la cui vita utile è ultraventennale con funzionamento anche notturno, si riporta anche la distanza minima del valore raccomandato per le aree critiche, che può essere preso a riferimento per aree particolarmente delicate sotto l'aspetto della stabilità territoriale.

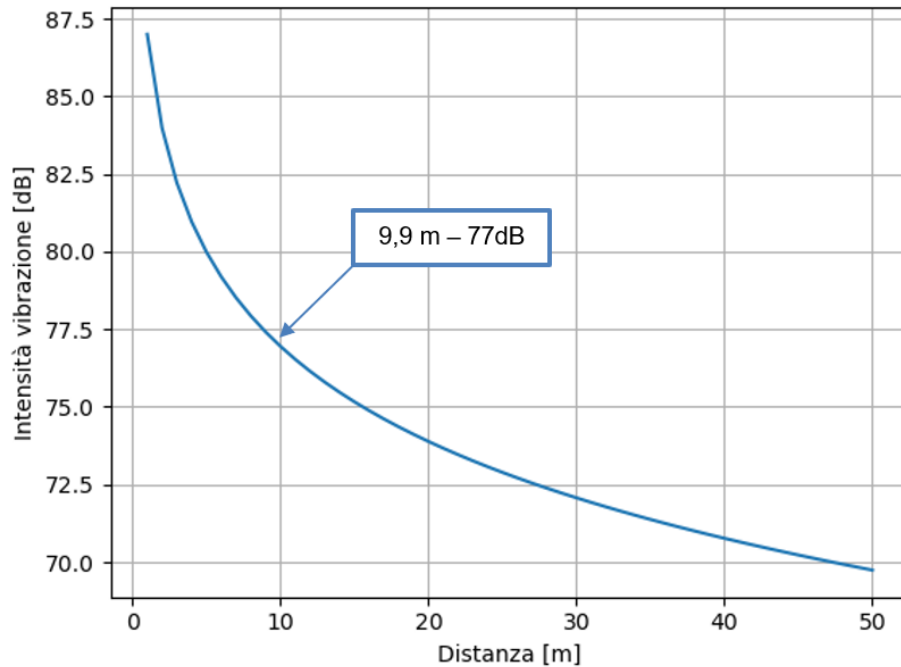
**Tabella 8: risultati in termini di distanza di rispetto dei limiti UNI 9614.**

	Valore rif. asse x 77 dB	Valore rif. asse y 77 dB	Valore rif. asse z 80 dB
Distanza di rispetto del valore raccomandato UNI 9614 (Abitazioni giorno) [m]	9,9	3,5	7,4
	Valore rif. asse x 74 dB	Valore rif. asse y 74 dB	Valore rif. asse z 77 dB
Distanza di rispetto del valore raccomandato UNI 9614 (Abitazioni notte) [m]	19,5	7,0	14,6
	Valore rif. asse x 71 dB	Valore rif. asse y 71 dB	Valore rif. asse z 74 dB
Distanza di rispetto del valore raccomandato UNI 9614 (Aree critiche) [m]	38,0	13,9	28,5

Poiché gli aerogeneratori di progetto sono distanti tra loro oltre 700 m, ed il primo recettore sensibile risulta dislocato a distanze molto superiori rispetto a quelle indicate nella precedente tabella, si può senz'altro affermare che l'impatto causato dalle vibrazioni prodotto dal parco eolico in oggetto sia assolutamente trascurabile e che nessun recettore riceve un fenomeno vibrazionale tale da ingenerare disturbo.



Di seguito si riporta, a titolo esemplificativo, l'andamento del decadimento delle vibrazioni calcolate per l'asse x:



**Figura 8: Andamento del decadimento dell'intensità delle vibrazioni lungo l'asse x rispetto alla distanza dalla sorgente con evidenza della distanza di rispetto del valore raccomandato per le abitazioni nel periodo diurno.**

I valori soglia raccomandati per le abitazioni di notte sono rispettati ad una distanza inferiore ai 20 m. Ad una distanza di circa 40 m dagli aerogeneratori risultano rispettati anche i valori raccomandati per le aree critiche.

## 4. STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE

Per quanto concerne le fasi di cantiere per la costruzione di impianti eolici, non è in generale previsto l'impiego di esplosivi durante i lavori di scavo, e pertanto risulta assolutamente improbabile, o non plausibile, che vi possano essere danni alle strutture ed edifici nel corso delle escavazioni, anche per quei recettori posti a distanze relativamente più vicine. Si rammenta infatti che, anche nell'ottica delle verifiche dei limiti acustici, gli aerogeneratori di progetto sono posizionati a distanze generalmente non inferiori i 200 m in linea d'aria da strutture classificabili come recettori sensibili. In questo, anche considerando le linee mobili di cantiere per il raggiungimento dei punti di installazione delle turbine, si è sufficientemente sicuri che non possano configurarsi le condizioni e le circostanze tali da poter arrecare danni alle strutture.

Nell'applicazione del modello previsionale al fine di valutare il potenziale possibile disturbo in termini **quantitativi**, sono stati ipotizzati i seguenti parametri come di seguito esplicitati:

1. Livelli di riferimento per il mezzo meccanico impiegato in cantiere: si è scelto di effettuare un calcolo di propagazione delle vibrazioni per il mezzo più impattante tra quelli proposti nelle diverse fasi di lavorazione, che è risultato essere l'autobetoniera caratterizzato da fenomeni vibrazionali legati sia alla rotazione del bicchiere che del motore e degli organi meccanici dell'automezzo.




		COMITATO PARITETICO TERRITORIALE PER LA PREVENZIONE INFORTUNI L'IGIENE E L'AMBIENTE DI LAVORO DI TORINO E PROVINCIA			
<b>AUTOBETONIERA</b>				Rif.: 51-TO-2248-2-VCI-01	
Marca:	IVECO				
Modello:	330-30				
Potenza:	224,00 W				
Anno produzione:					
Dati fabbricante:					
Accessorio:					
Attività:	trasporto				
Materiale:	cls				
Stile guida:	Prudente				
Tipo terreno:	Asfalto				
Condizioni:	Buone				
Annotazioni:					
Data rilievo:	23.10.2014				
$A_{W(max)}$ m/s <sup>2</sup> :	0,67				
<b>VIBRAZIONI CORPO INTERO</b>					
Posizione misure: Sedile					
N.	$a_{hx}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{hy}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{hz}$ (m/s <sup>2</sup> )		
1	0,18	0,37	0,67		
2	0,18	0,39	0,66		
3	0,18	0,42	0,64		
Media	0,26	0,55	0,66		
Incert.	0,26	0,58	0,67		
<b>STRUMENTAZIONE</b>					
Strumento / Marca	Modello	Matricola	Data Taratura		
Analizzatore Svantek	SVAN-948	9825	14/07/2014		
Acc. Monoassiale (Cl) Dytran	SV3185D	2608	28/07/2014		
Acc. Triassiale (Cl) Dytran	3143M1	1318	14/07/2014		
Calibratore (VIB) PCB	394C06	4114	15/07/2014		

Figura 9: Caratteristiche vibrazionali del mezzo di cantiere caratterizzato da maggiori vibrazioni indotte.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09
		Data creazione	05/09/2022
		Data ultima modif.	05/09/2022
		Revisione	00
		Pagina	23 di 26

2. Livelli di riferimento – valore soglia limite di disturbo:

Il valore soglia di livello ponderato di accelerazione è stato considerato essere pari a 77 VdB. Ciò in virtù del fatto che le attività di cantiere (e quindi anche di escavazione) sono concentrate esclusivamente nel periodo di riferimento diurno e che pertanto il potenziale disturbo non può essere associato al periodo di riferimento notturno e quindi non può incidere nelle ore dedicate al riposo e al sonno. Inoltre, l'attività ha caratteristiche temporanee non compatibili con problematiche legate a prolungate azioni vibratorie eventualmente problematiche per le aree critiche.

3. Attenuazioni o Amplificazioni nella struttura degli edifici:

Potenziati fenomeni di attenuazione o amplificazione relativi alla tipologia di fondazioni cui sono dotati i recettori **non** sono stati tenuti in conto.

Nel dettaglio, al fine di eseguire il calcolo del potenziale possibile disturbo, sono stati assunti i parametri di input come di seguito esplicitati:

**Tabella 9: valori di input per il calcolo quantitativo delle vibrazioni indotte dal mezzo di cantiere.**

	Valore asse x	Valore asse y	Valore asse z
Vibrazione alla sorgente [dB]	88,4	95,3	96,5
Accelerazione alla sorgente [mm/s <sup>2</sup> ]	0,0263	0,0582	0,0668
Distanza dalla sorgente [m]	1	1	1
Coefficiente di attenuazione geometrica	0,5	0,5	0,5
Tipologia di terreno	Litologia a prevalente componente arenitica		
Coefficiente di assorbimento del terreno	0,1	0,1	0,1
Velocità di propagazione nel terreno [m/s]	600	600	600
Densità del terreno [kg/mc]	1600	1600	1600
Valore rotazione di riferimento [rpm]	15	15	15
Frequenza onda di vibrazione di rif. per il calcolo [Hz]	0,250	0,250	0,250
Pulsazione d'onda $\omega$ [rad/s]	1,571	1,571	1,571

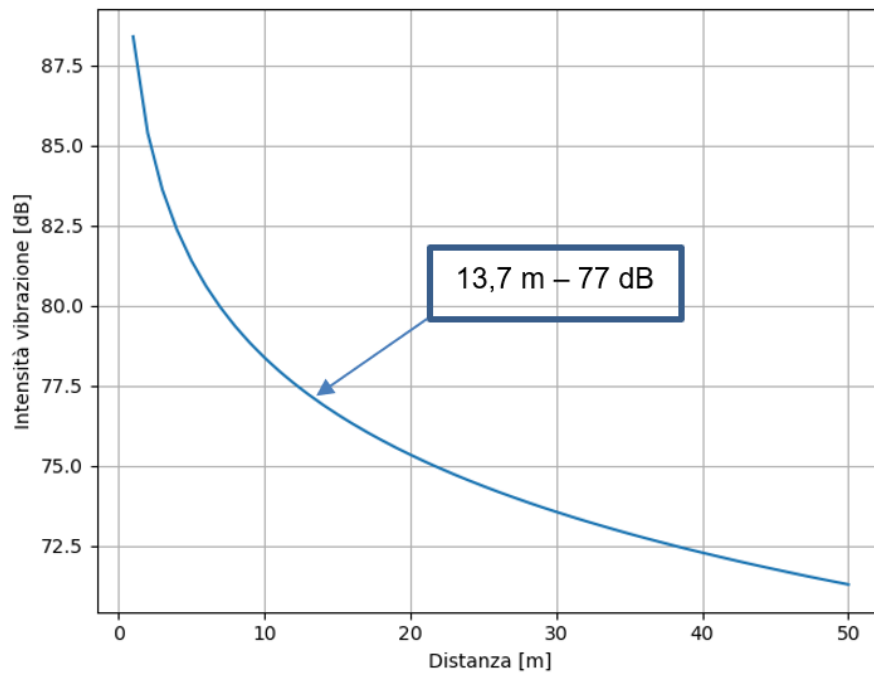
**Tabella 10: risultati in termini di distanza di rispetto dei limiti UNI 9614**

	Valore rif. asse x 77 dB	Valore rif. asse y 77 dB	Valore rif. asse z 80 dB
Distanza di rispetto del valore raccomandato UNI 9614 (Abitazioni giorno) [m]	13,7	65,9	43,9





Di seguito si riporta l'andamento del decadimento delle vibrazioni calcolate per l'asse x:



**Figura 10: Andamento del decadimento dell'intensità delle vibrazioni lungo l'asse x rispetto alla distanza dalla sorgente con evidenza della distanza di rispetto del valore raccomandato per le abitazioni nel periodo diurno.**

Anche in tal caso si può senz'altro affermare che l'impatto causato dalle vibrazioni prodotto in fase di cantiere durante la realizzazione del parco eolico in oggetto sia assolutamente trascurabile e che nessun recettore riceve un fenomeno vibrazionale tale da ingenerare disturbo. Ciò anche considerando l'effetto cumulato di diversi mezzi.

Ad una distanza di circa 66 m risultano dunque rispettati i valori raccomandati dalla normativa.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09 05/09/2022 05/09/2022 00 25 di 26
---	---	---	---

## 5. CONCLUSIONI

Per un impianto eolico in fase di esercizio si può concludere che, per quanto attiene al rumore o vibrazioni di natura aerodinamica, meccanica o cinetica generati dalle macchine, l'apporto in termini di effetti o sensazioni di vibrazione nei confronti di specifici recettori e/o strutture e fabbricati di qualsiasi tipologia, durante l'attività produttiva si attesta su livelli inferiori la soglia di percezione umana e pertanto il loro contributo può essere considerato trascurabile e/o nullo.

La componente "vibrazioni" è stata valutata in termini quantitativi con la metodologia di stima descritta attraverso la verifica del "criterio del danno strutturale" e del "criterio del disturbo".

Il dato previsionale ottenuto in base alle assunzioni sopracitate evidenzia che ad una distanza di circa 20 m delle sorgenti in fase di esercizio, le vibrazioni trasmesse sono già al di sotto dei valori da rispettare per le abitazioni nel periodo notturno e diurno (UNI 9614).

Allo stesso modo il dato previsionale ottenuto per la fase di cantiere conferma che l'impatto causato dalle vibrazioni durante la realizzazione del parco eolico in oggetto sia assolutamente trascurabile e che nessun recettore riceve un fenomeno vibrazionale tale da ingenerare disturbo.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	IT-VESMON-TEN-SIA-TR-09 05/09/2022 05/09/2022 00 26 di 26
---	---	---	---

## Bibliografia

ISO 2631 - Guida per la valutazione dell'esposizione umana alle vibrazioni su tutto il corpo.

[UNI 9614:1990 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo", 1990.

UNI 9916:2014 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", 2014.

Anderson, J.S.; Solving problems in vibrations; London, Longman Scientific & Technical, 1987

Dong-Soo Kim, Jin-Sun Lee Propagation and attenuation characteristics of various ground vibrations  
Soil Dynamics and Earthquake Engineering 19, 2000

Di Colin H. Hansen, Con J. Doolan, Kristy L. Hansen; Wind Farm Noise: Measurement, Assessment, and Control.

Styles P, England R, Stimpson I, Toon S, Bowers D and Hayes M 2005a A detailed study of the propagation and modelling of the effects of low frequency seismic vibration and infrasound from wind turbines. First International Meeting on Wind Turbine Noise: Perspectives for Control, Berlin, Germany

Richart Jr. FE, Hall Jr. JR, Woods RD. Vibrations of soils and foundations. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1970