

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO
 DENOMINATO "AGRO-SOLARE FISCAGLIA" DA UBICARSI IN AGRO DI
 FISCAGLIA (FE) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE**

Potenza nominale: 51,86 MWp - Potenza in immissione: 40,00 MW



ELABORATO

	CODIFICA	SCALA
VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO VIBRAZIONALE	AMB08R00	-

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

	NRG PLUS ITALIA S.r.l. Via Vittorio Veneto, 54B - 00187 Roma (RM) info@nrgplus.global	CONSULENTI Dott. Ing. Leonardo Lococciolo  MATERIA - FORMA - SUONO
	RESPONSABILE TECNICO Ing. Maurizio De Donno Ordine Ingegneri della Provincia di Torino n. 10258H mdedonno@nrgplus.global	

COMMITTENTE

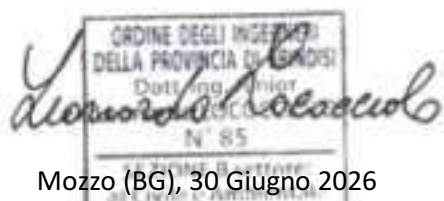
FISCAGLIA AGRI-SOLARE S.r.l. Piazza Ettore Troilo, 27 - 65127 Pescara (PE) P.IVA 02446530681 fiscagliaagrisolare@pec.it

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Giugno 2026	PRESENTAZIONE ISTANZA	Dott. Ing. Leonardo Lococciolo	P. T. I. Angelelli	Ing. M. De Donno

NOTA: è vietata qualsiasi copia, riproduzione o divulgazione, totale o parziale, senza autorizzazione scritta. Tutti i diritti sono riservati.

Misura dei livelli di vibrazione ante operam e valutazione previsionale della possibile insorgenza di danni architettonici secondo norma tecnica UNI 9916 e della valutazione del disturbo secondo norma tecnica UNI 9614 per attività di realizzazione e successivo esercizio di impianto Agrivoltaico Fiscaglia

RELAZIONE TECNICA



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI SONDRIO
Dott. Ing. Lococciolo
N° 85

Mozzo (BG), 30 Giugno 2026

Dott. Ing. Leonardo Lococciolo

Per presa visione e conferma dei criteri e delle informazioni e dei tempi di funzionamento delle attività e degli impianti riportate nella presente relazione e con l'impegno di adottare le linee di indirizzo di seguito indicate oltre che di mantenere e, nel caso, porre tempestivamente in essere tutti gli interventi necessari a riportare entro i limiti di normativa la rumorosità prodotta dall'attività qualora necessario.

La Committenza

.....

In assenza di firma della presente relazione da parte della Committenza la presente deve ritenersi priva di alcuna validità e possibilità di impiego.

SOMMARIO

1. Premessa.....	5
1.1. Identificazione del tecnico redattore della presente	5
1.2. Oggetto della valutazione	7
1.3. Descrizione della procedura di indagine	7
1.4. Riferimenti normativi	7
2. Quadro normativo	8
2.1. Richiami ai contenuti della UNI 9614:2017 (disturbo alle persone)	8
2.1.1. Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente.....	8
2.1.2. Valutazione del disturbo e limiti di riferimento	9
2.1.3. Limiti di riferimento e di accettabilità	10
2.2. Richiami ai contenuti della UNI 9916:2014 (danni architettonici).....	10
2.2.1. UNI 9916: 2014 – Caratteristiche generali del fenomeno vibratorio.....	11
2.2.2. UNI 9916: 2014 - Valori di riferimento	12
3. Richiami teorici su vibrazioni e propagazione delle stesse.....	14
3.1. Tipologie di onde.....	14
3.2. Comportamento del terreno.....	16
4. Modello di propagazione delle vibrazioni.....	17
4.1.1. Velocità di propagazione delle onde	17
4.1.2. Coefficiente di attenuazione geometrica “n”	17
4.1.3. Coefficiente di attenuazione del materiale “α”	18
4.1.4. Fattore di perdita “η”	19
5. Descrizione dei luoghi.....	20
5.1. Inquadramento geologico	24
6. Descrizione dell'intervento in progetto	25
6.1. Componenti impiantistiche attive nella fase di esercizio	25
6.2. Attività di cantiere per la realizzazione dell'impianto	25
7. Posizionamento della stazione di misura	26
7.1. Strumentazione utilizzata	28
7.2. Descrizione campagna di misure vibrometriche	29
7.3. Risultati della campagna di misure	30
7.3.1. V_{res} ED.01	31
8. Valutazione previsionale livelli vibratorii tramite software	31
8.1. Previsione dell'impatto vibratorio	32
8.2. Fase di esercizio	32
8.3. Fase di cantiere	32

8.3.1.	Analisi tramite software dell'attività di infissione dei pali	32
8.3.1.1.	Riassunto dei risultati di calcolo	34
8.3.2.	V_{SOR} – Scavi in trincea	34
8.4.	Livelli di velocità	37
8.5.	Note generali.....	37
8.5.1.	Interventi di mitigazione e buona prassi	37
9.	Interventi di mitigazione e buone prassi	37
9.1.	Vibrazioni cantiere	38
10.	Conclusioni.....	39

ELENCO ALLEGATI

All. 1	Certificati di taratura della strumentazione
--------	--

1. Premessa

La società Fiscaglia Agri-Solare S.r.l. (di seguito la “Società Proponente”), intende realizzare un impianto agrivoltaico denominato “Agro-solare Fiscaglia” nel comune di Fiscaglia (FE) (di seguito l’“Impianto”), con l’obiettivo di coniugare in modo sinergico la produzione di energia elettrica da fonte solare con la continuità delle attività agricole attualmente svolte sul sito.

L’Impianto si colloca in un’area pianeggiante, a quota prossima al livello del mare; la localizzazione è stata individuata per la sua idoneità infrastrutturale e assenza di vincoli paesaggistici o ambientali diretti, nonché per la prossimità alla nuova stazione elettrica Terna “Fiscaglia 380/132/36 kV”, che costituisce il punto di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN). Le opere di rete hanno ottenuto benestare del Gestore e hanno ottenuto un giudizio positivo di compatibilità ambientale con Delibera della Giunta Regionale Delibera Num. 1593 del 06/10/2025, Autorizzazione Unica con Decreto Direttoriale n. 55/65/2025 del 6 novembre 2025.

Ai sensi dell’art. 13, comma 2, lettera d-ter), del D.Lgs. 190/2024, gli impianti fotovoltaici o agrivoltaici di potenza pari o superiore a 12 MW, localizzati in aree classificate agricole e caratterizzati dall’effettiva integrazione con l’attività agricola, sono sottoposti al giudizio di compatibilità ambientale di competenza regionale.

In considerazione delle caratteristiche dell’intervento, il progetto è pertanto assoggettato alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) nell’ambito del Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (PAUR), ai sensi dell’art. 27-bis del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., nonché al successivo rilascio dell’Autorizzazione Unica ai sensi dell’art. 9 del D.Lgs. 190/2024, in coerenza con la normativa regionale vigente.

L’opera, in quanto infrastruttura destinata alla produzione di energia da fonte rinnovabile, riveste carattere di pubblica utilità, indifferibilità e urgenza ai sensi della normativa vigente e si inserisce nel quadro programmatico nazionale e regionale volto al perseguimento degli obiettivi di incremento della produzione energetica da fonti rinnovabili e di riduzione delle emissioni climalteranti.

L’intervento prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza complessiva pari a 51.865,92 kWp esteso su una superficie in disponibilità della società proponente pari a 81,10 ettari (dei quali 53,81 ettari recintati e 27,4 ettari occupati dall’impianto agrivoltaico) nella disponibilità della Società Proponente in forza di contratti preliminari di compravendita sottoscritti con i legittimi proprietari dei terreni oggetto dell’intervento, e sarà connesso alla rete di trasmissione nazionale di proprietà di Terna S.p.A. in base a quanto indicato nel preventivo di connessione n. 202404133, nel pieno rispetto dei criteri di sostenibilità ambientale, efficienza tecnologica e compatibilità con le attività agricole preesistenti.

1.1. Identificazione del tecnico redattore della presente

Lo Scrivente Dott. Ing. Leonardo Lococciolo

- libero professionista con domicilio in Mozzo via Crocette n° 26 iscritto all’Albo degli Ingegneri della Provincia di Brindisi al n° 85, Sez. B;
- Tecnico Competente in Acustica (TCA) iscritto all’Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica (ENTECA) al n° 12393;

è stato incaricato dalla Committenza in indirizzo di redigere la presente valutazione previsionale dei livelli di vibrazione correlati all’esercizio di un impianto agrivoltaico e alle attività di cantiere previste per la sua realizzazione.

Si riportano di seguito i titoli abilitativi di Tecnico Competente in Acustica:

ENTECA
Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica

[Home](#)
[Tecnici Competenti in Acustica](#)
[Corsi](#)
[Login](#)

[Tecnici Competenti in Acustica](#) / [Vista](#)

Numero Iscrizione Elenco Nazionale	12393
Regione	Puglia
Numero Iscrizione Elenco Regionale	
Cognome	LOCOCIOLO
Nome	LEONARDO
Titolo studio	LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE (L-7)
Dati contatto	Tecnico Competente in Acustica presso la Società Hackustica SRL
Data pubblicazione in elenco	24/01/2023

Estratto da sito Enteca

1.2. Oggetto della valutazione

L'analisi in oggetto è relativa ad un approfondimento inerente all'entità delle vibrazioni potenzialmente immesse in edifici a destinazione d'uso residenziale e in edifici lavorativi esistenti, dovute alle attività di cantiere per la realizzazione dell'impianto Agrivoltaico Fiscaglia e alla successiva fase di esercizio.

La presente valutazione è principalmente relativa alla fase di cantiere in quanto le componenti impiantistiche in previsione di installazione per l'impianto agrivoltaico generano una vibrazione trascurabile rispetto ai livelli di vibrazione residua effettivamente misurati presso i luoghi e di gran lunga inferiori ai livelli di accettabilità suggeriti dalle specifiche norme tecniche di riferimento.

Sono escluse valutazioni relative a modalità di funzionamento non a "regime", tra cui fasi di collaudo, prima attivazione e bilanciamento o comunque di durata limitata nel tempo e relative alle fasi preliminari di verifica del corretto funzionamento.

Più nello specifico la valutazione è stata richiesta nell'ambito della pratica autorizzativa con la finalità di valutare aspetti legati alla potenziale insorgenza di danni architettonici, con riferimento alla norma tecnica UNI 9916, e alla valutazione del disturbo secondo la norma tecnica 9614.

Si fa presente che la seguente relazione e i suoi risultati fanno riferimento alle misurazioni effettuate allo stato attuale e perde automaticamente validità qualora la situazione dell'edificio o degli elementi di trasmissione delle vibrazioni variassero in futuro.

1.3. Descrizione della procedura di indagine

La relazione previsionale per le opere in oggetto si articola nei seguenti punti:

- analisi della normativa di riferimento;
- inquadramento geografico e geologico dell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto;
- descrizione e analisi del progetto e delle attività cantieristiche per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico;
- esecuzione misure in sito finalizzate alla caratterizzazione del livello di vibrazione residua presente nella condizione ante-operam;
- caratterizzazione delle principali sorgenti vibratorie associate alle lavorazioni di cantiere e della propagazione dei livelli vibratorii, mediante:
 - misure eseguite in un'area prossima al lotto oggetto di intervento, relative ai livelli vibrazionali generati da attività di cantiere analoghe a quelle previste;
 - misure del livello vibrazionale correlato al traffico veicolare lungo le infrastrutture stradali di accesso al lotto;
- valutazione previsionale dell'impatto vibratorio mediante modellazione tramite software, con successivo confronto dei risultati ottenuti con i valori di riferimento riportati nelle normative e linee guida tecniche applicabili;
- conclusioni.

1.4. Riferimenti normativi

L'analisi è stata svolta mediante misurazioni strumentali e successiva comparazione dei risultati con i valori di riferimento alle seguenti norme tecniche:

- Norma UNI 9614-2017 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”;
- Norma UNI 9916-2014 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici”.

Va precisato che qualora sia rispettato il limite relativo al disturbo di cui alla norma UNI 9614 a maggior ragione è ritenibile rispettato il limite della norma UNI 9916, che di fatto ha limiti di circa 10 ordini di grandezza superiori.

Per tale motivo, qualora dalla valutazione si ottenesse il rispetto dei limiti di cui alla norma sul disturbo (UNI 9614) non si ritiene necessario procedere ad ulteriori approfondimenti specifici rispetto alla norma sui danni estetici/architettonici (UNI 9916), da considerarsi automaticamente rispettati.

2. Quadro normativo

Nei paragrafi seguenti si riportano alcune specificazioni sui principali aspetti delle citate norme tecniche.

Tali norme individuano alcuni valori di riferimento meglio esplicitati nel prosieguo.

Detti valori possono essere usati come riferimento per gli scopi in oggetto ma non risultano vincolanti dal punto di vista legislativo in quanto non richiamati in alcun testo di legge né a livello nazionale né a livello regionale o locale.

2.1. Richiami ai contenuti della UNI 9614:2017 (disturbo alle persone)

La versione più recente della norma tecnica UNI 9614 (in vigore dalla data 07/09/2017), nel capitolo dedicato al campo di applicabilità, riporta quanto segue:

«la presente norma, i valori limite e i metodi in essa indicati non si applicano per i casi in cui la data di pubblicazione della norma è posteriore all'inizio dell'attività della sorgente delle vibrazioni»

ed essendo l'attività in oggetto certamente posteriore alla data di pubblicazione della suddetta norma (anno 2017), si è provveduto ad effettuare la valutazione dell'entità dell'immissione vibratoria in base alla versione del 2017.

Tale norma individua alcuni valori di riferimento nell'indagine del disturbo da vibrazioni meglio esplicitati nel prosieguo.

2.1.1. Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

Di seguito si riportano le formule per il calcolo dei parametri definiti all'interno del capitolo 3 della norma UNI 9614:2017.

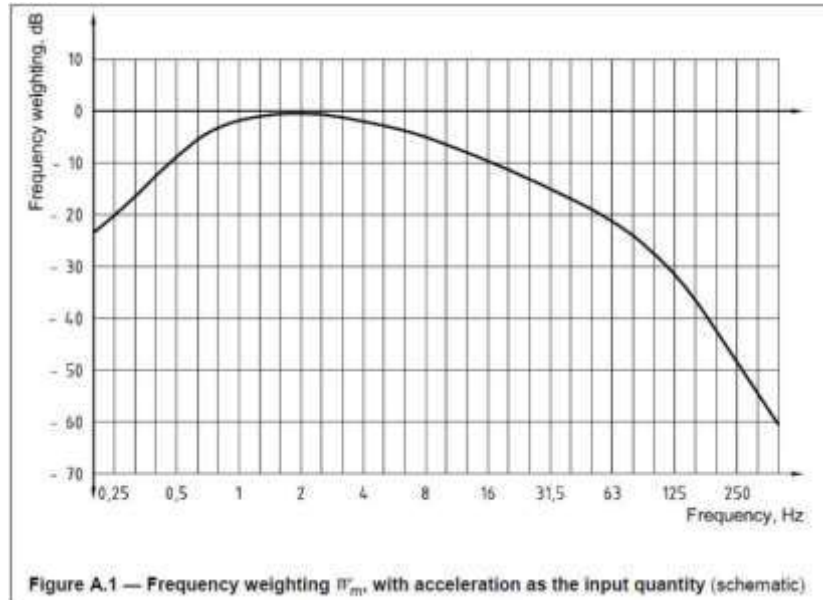
Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono essere quantificate mediante la relazione ponderata massima statistica della sorgente V_{sor} che deve essere calcolata a partire dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni immesse (V_{imm}) e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue (V_{res}) con la seguente equazione:

$$V_{sor} = \sqrt{(V_{imm}^2 - V_{res}^2)}$$

Nel capitolo dedicato alla “Strumentazione” della UNI 9614:2017 viene specificato che:

«l'accelerazione misurata sui tre assi $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$ deve essere filtrata con un filtro passa banda (band limiting) con le caratteristiche indicate al punto 8.1.1 e successivamente con il filtro di ponderazione W_m (rif. norma ISO 2631-2) [...]».

La curva di ponderazione W_m è riportata a seguire.



Curva di ponderazione W_m

W_m	f [Hz]																
	0,8	1	1,3	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5
fattore moltiplicativo [-]	0,70000	0,83300	0,90700	0,93400	0,93200	0,91000	0,87200	0,81800	0,75000	0,66900	0,58200	0,49400	0,41100	0,33700	0,27400	0,22000	0,17600
[dB]	-3,09	-1,59	-0,85	-0,59	-0,61	-0,82	-1,19	-1,74	-2,50	-3,49	-4,70	-6,12	-7,71	-9,44	-11,25	-13,14	-15,09

Pesatura W_m in bande di terzi di ottava (ISO 2631-2)

2.1.2. Valutazione del disturbo e limiti di riferimento

Nel capitolo dedicato alla “Valutazione del disturbo e limiti di riferimento”, la UNI 9614:2017 prevede che

«la valutazione del disturbo generato da una sorgente deve essere effettuata confrontando il parametro descrittore della vibrazione V_{SOR} della sorgente con i limiti di riferimento riportati ai punti 9.1 e 9.2».

Di seguito si riportano i limiti indicati dalla norma per gli ambienti ad uso abitativo e per i luoghi lavorativi (nella cui casistica ricadono gli ambienti all'interno dei quali sono state svolte le valutazioni di cui alla presente analisi).

Ambienti ad uso abitativo

“I limiti di riferimento massimi per la massima accelerazione ponderata della sorgente, V_{sor} , sono:

Periodo	Valore limite
---------	---------------

Periodo diurno	7,2 mm/s²	77 dB
Periodo notturno	3,6 mm/s²	71 dB
Periodo diurno di giornate festive	5,4 mm/s²	75 dB

Luoghi lavorativi

*“Per i luoghi lavorativi, fermo restando gli obblighi inerenti alla tutela della salute del lavoratore, il limite è di **14 mm/s²**.”*

Luoghi / casi particolari

Il punto 9.2 riporta altri casi particolari:

- Ospedali, case di cura e affini: “Il limite [...] è pari a **2 mm/s²**, indipendentemente dall’orario, per le degenze ordinarie”
- Asili e case di riposo: “Il limite [...] è **3,6 mm/s²** anche in orario diurno limitatamente ai periodi effettivamente utilizzati per il riposo diurno, ovvero, nella maggior parte dei casi, le prime ore del pomeriggio”
- Scuole: “limitatamente al periodo di utilizzo degli allievi e limitatamente alle aule utilizzate per le lezioni, il limite [...] è **5,4 mm/s²**”

NOTA:

Le vibrazioni di livello costante vanno caratterizzate misurando il valore efficace (r.m.s.) dell’accelerazione o il corrispondente livello; il valore dell’accelerazione viene espresso in m/s², il livello dell’accelerazione in dB.

Il livello dell’accelerazione (L) è definito dalla relazione:

$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{a}{a_0} \right)$$

Dove: a è il valore efficace dell’accelerazione

a_0 è l’accelerazione di riferimento assunta pari a 10^{-6} m/s²

2.1.3. Limiti di riferimento e di accettabilità

Qualora le vibrazioni residue V_{res} abbiano un valore maggiore del 50% di quelle immesse V_{imm} il disturbo prodotto dalle vibrazioni della sorgente V_{sor} è da considerarsi trascurabile.

2.2. Richiami ai contenuti della UNI 9916:2014 (danni architettonici)

Per quanto riguarda la valutazione della possibile insorgenza di danni di tipo “architettonico”, come meglio definiti in seguito, il riferimento normativo risulta essere la norma tecnica UNI 9916 e in particolare la sua versione più recente risulta essere quella pubblicata nel 2014.

Nei paragrafi successivi si riportano alcuni richiami ai contenuti della norma tecnica UNI 9916 più recente ed attualmente in vigore al fine di fornire un supporto alla lettura e di rendere maggiormente comprensibili le varie considerazioni svolte.

Nel capitolo della norma dedicato a “Scopo e campo di applicazione” viene esplicitato che:

«essa prende in esame fenomeni vibratorii, siano essi generati dall'attività antropica o naturali, di intensità modesta tale da produrre al più danni architettonici. I valori e le metodologie semplificate riportati non sono infatti generalmente applicabili ai casi di insorgenza di "danno maggiore" [...]»

Con il termine "danno architettonico" si intende:

«effetto residuo delle vibrazioni che determina alterazione estetica o funzionale dell'edificio senza comprometterne la stabilità strutturale o la sicurezza degli occupanti. Il danno architettonico si presenta in molti casi con la formazione o l'accrescimento di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o sulle superfici intonacate o nei giunti di malta delle costruzioni in mattoni».

Con il termine "danno maggiore" si intende: *«effetto che si presenta con formazione di fessure più marcate, distacco e caduta di gesso e pezzi d'intonaco fino al danneggiamento di elementi strutturali (per esempio fessure nei pilastri e nelle travature, apertura di giunti)».*

Viene altresì specificato che: *«la presente norma si applica in generale a tutte le tipologie di edifici di carattere abitativo, industriale e monumentale».*

Tale classificazione si rifà, come meglio specificato all'interno dell'appendice C alla UNI 9916:2014, alla classificazione degli edifici contenuta nella norma tecnica tedesca DIN 4150-3.

Nel caso in esame, ai fini della determinazione dei limiti a cui fare riferimento, l'edificio in oggetto può ritenersi classificato come «edificio a carattere abitativo».

2.2.1. UNI 9916: 2014 – Caratteristiche generali del fenomeno vibratorio

Nel capitolo della norma dedicato alle "Caratteristiche generali del fenomeno vibratorio in esame" la UNI 9916:2014 effettua una distinzione tra «fenomeni di lunga durata (o persistenti)» e «fenomeni di breve durata» laddove con il termine "fenomeni di lunga durata (o persistenti)" si intende:

«(fenomeni per cui) l'eccitazione è presente per lunghi periodi [...]»

mentre con «fenomeni di breve durata» si intendono:

«fenomeni caratterizzati dalla presenza di una forzante di durata breve o comunque limitata nel tempo che si presenta spesso come un fenomeno isolato (traffico ferroviario, esplosioni, etc.)».

Inoltre, come specificato nel paragrafo 4.5 della UNI 9916:2014, poiché «l'effetto delle vibrazioni sui sistemi meccanici e sugli edifici per quanto di interesse della presente norma, varia in funzione dell'ampiezza e della frequenza» l'analisi dei fenomeni «deve essere effettuata anche nel dominio delle frequenze».

A titolo di esempio, nell'appendice A della norma medesima (riportato di seguito) sono riassunti alcuni campi di frequenza caratteristici delle sorgenti di vibrazione più comuni.

Sorgente di vibrazioni	Intervallo di frequenza [Hz]
Traffico (su strada e su rotaia)	Da 1 a 300
Esplosioni	Da 1 a 300
Battitura di pali	Da 1 a 100

Demolizioni (caduta edificio)	Da 1 a 20
Macchine esterne all'edificio	Da 1 a 300
Macchine interne all'edificio	Da 1 a 300
Attività umane (movimento di persone all'interno dell'edificio)	Da 0.1 a 100
Vento	Da 0.1 a 5

Prospetto A1 – Intervalli di frequenza caratteristici (UNI 9916)

Le rilevazioni sono state, pertanto, effettuate nell'ottica di ottenere dati in merito all'entità delle vibrazioni all'interno di tale range di frequenze.

2.2.2. UNI 9916: 2014 - Valori di riferimento

Nel capitolo della norma dedicato al "Trattamento dei dati" della UNI 9916:2014 la «*velocità di picco di una componente puntuale (peak component particle velocity)*» o p.c.p.v. viene individuata come la grandezza di riferimento. Essa è definita come:

«*il valore massimo del modulo di una delle tre componenti ortogonali misurate simultaneamente in un punto o ottenute mediante integrazione*».

La DIN 4150, alla quale la norma UNI 9916 fa riferimento, prevede che le misurazioni siano effettuate secondo tre assi mutuamente ortogonali: un asse con direzione verticale mentre le due componenti orizzontali sono preferibilmente ortogonali ai muri dell'edificio.

La norma specifica altresì che i valori di riferimento indicati riguardano solo l'effetto diretto delle vibrazioni.

Non sono contemplati effetti indiretti quali per esempio cedimenti provocati dalla compattazione del terreno a seguito delle vibrazioni, conseguentemente non compresi nella presente valutazione.

I valori di riferimento indicati sono quelli al di sotto dei quali, salvo casi particolari, è ragionevole presumere che non vi sia danno, per quanto il superamento dei limiti indicati non implichi necessariamente il verificarsi del danno.

Per le vibrazioni di **breve durata** la norma fornisce il seguente prospetto riassuntivo dei valori di riferimento per le tre classi di edifici individuate.

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v. in mm/s				
		Fondazioni			Piano alto	Solai Componente Verticale
		da 1 Hz a 10 Hz	da 10 Hz a 50 Hz	da 50 Hz a 100 Hz (*)	Per tutte le frequenze	Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	Varia linearmente da 20 (f=10 Hz) a 40 (f=50 Hz)	Varia linearmente da 40 (f=50 Hz) a 50 (f=100 Hz)	40	20

2	Edifici Residenziali e costruzioni simili	5	Varia linearmente da 5 (f=10 Hz) a 15 (f=50 Hz)	Varia linearmente da 15 (f=50 Hz) a 20 (f=100 Hz)	15	20
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	3	Varia linearmente da 3 (f=10 Hz) a 8 (f=50 Hz)	Varia linearmente da 8 (f=50 Hz) a 10 (f=100 Hz)	8	3/4
(*) Per frequenze oltre i 100 Hz possono essere usati i valori di riferimento per 100 Hz.						

Prospetto D1 – Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni (UNI 9916)

In presenza di **vibrazioni continue** la norma fornisce i valori di riferimento per le componenti orizzontali del moto, le quali sono indipendenti dal contenuto in frequenza del segnale e sono riassunte nel prospetto D.2 della norma.

Si riporta la tabella di riepilogo con i limiti per eventi che possano indurre risonanze o fenomeni di fatica nelle strutture per maggiore chiarezza.

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento p.c.p.v. per tutte le frequenze. Direzione orizzontale X e Y e asse Z per fondazioni e altre posizioni non di centro solaio [mm/s]	Valori di riferimento p.c.p.v. per tutte le frequenze. Direzione verticale Z per misura in centro solaio [mm/s]
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	10	10
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	10
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (es: monumenti storici)	2,5	Non indicato

Sintesi dei valori di riferimento per le componenti orizzontali (prospetto D.2 della norma UNI 9916:2004) e verticali della velocità di vibrazione (p.c.p.v.)

Per la componente verticale dei singoli solai, la norma indica come valore di riferimento per la p.c.p.v. **10 mm/s** limitatamente alle prime due classi di edifici.

Tale limite è indipendente dal contenuto in frequenza della registrazione.

Nota: la norma 9916:2014 non fornisce valori di riferimento relativamente alla componente verticale per la terza classe di edifici sottoposti a vibrazioni continue.

3. Richiami teorici su vibrazioni e propagazione delle stesse

Le vibrazioni generate da una sorgente si propagano nel terreno circostante per via solida.

Le modalità di propagazione dipendono dalla composizione del terreno, la quale può influenzare l'ampiezza e la velocità di propagazione.

Durante la propagazione dalla sorgente al ricevitore le onde vibratorie possono essere attenuate o amplificate secondo le modalità illustrate nel seguito.

Inoltre, quando le vibrazioni incontrano un edificio possono essere percepite sia sotto forma di vibrazioni meccaniche da contatto (vibrazioni trasmesse al corpo) sia sotto forma di rumore aereo re-irradiato (solitamente di bassa frequenza).

La modellazione del comportamento del terreno sotto l'azione dinamica di una sorgente di vibrazioni rappresenta un problema di estrema complessità, da un lato per la difficoltà insita nella scelta di parametri rappresentativi del terreno, dall'altro per la conoscenza spesso sommaria della funzione di trasferimento sorgente/ricettore caratteristica dello stesso.

Il livello di vibrazione determinato nello spazio circostante da una sorgente eccitatrice è funzione della tipologia di sorgente e di una serie di attenuazioni dipendenti dalla forma della sorgente e dal tipo di onda considerata, dall'assorbimento del terreno, dall'eventuale presenza di discontinuità nella stessa e dal passaggio delle sollecitazioni dal terreno alle fondazioni.

3.1. Tipologie di onde

Sono codificabili in Onde di Volume e Onde di Superficie, a loro volta suddivise in altre due sottocategorie.

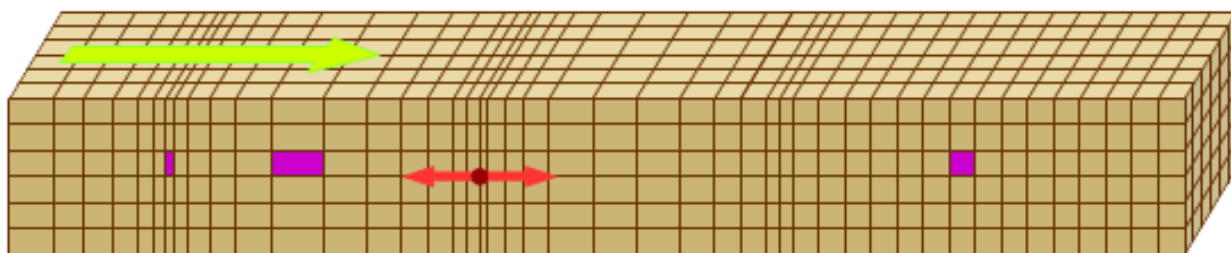
Le **onde di volume** (*body waves*, che si propagano in uno spazio) sono costituite da onde longitudinali (onde di tipo P), che si propagano nella direzione parallela alla direzione di propagazione della vibrazione, e da onde trasversali (o di taglio) (*shear waves*, o onde di tipo S), che si propagano in direzione perpendicolare alla direzione di propagazione. A seguire un'immagine esplicativa delle due tipologie di onde di volume suddivise a loro volta in tipo "P" e tipo "S".

Le **onde di superficie** si dividono in onde orizzontali (onde di tipo R, o *onde di Rayleigh*) e onde verticali (onde di tipo L, o *onde di Love*). Queste onde hanno una propagazione di tipo ellittico che si sviluppa in un piano verticale attraverso la direzione di propagazione della vibrazione. A seguire un'immagine esplicativa delle due tipologie di onde di volume suddivise a loro volta in tipo "R" e tipo "L".

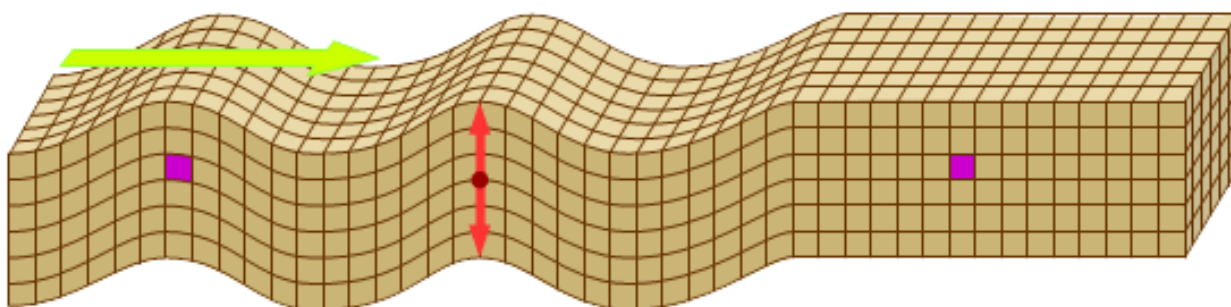
Di seguito si riporta una schematizzazione grafica delle differenti tipologie di onde poc'anzi descritte.

ONDE DI VOLUME

P

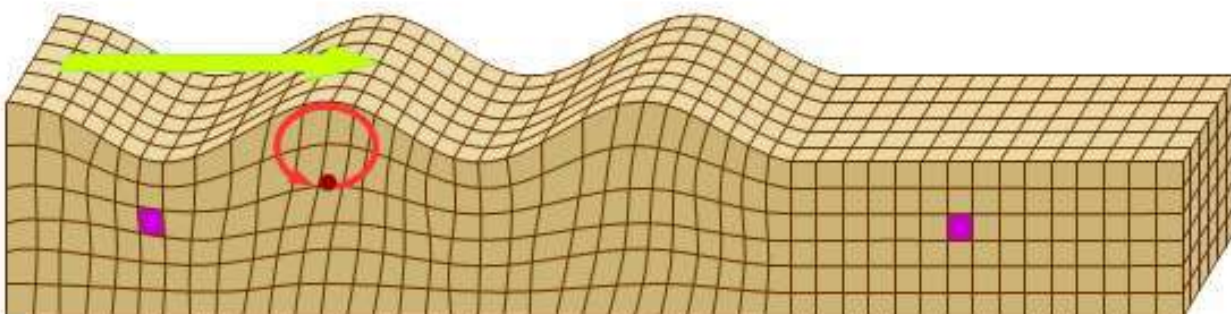


S

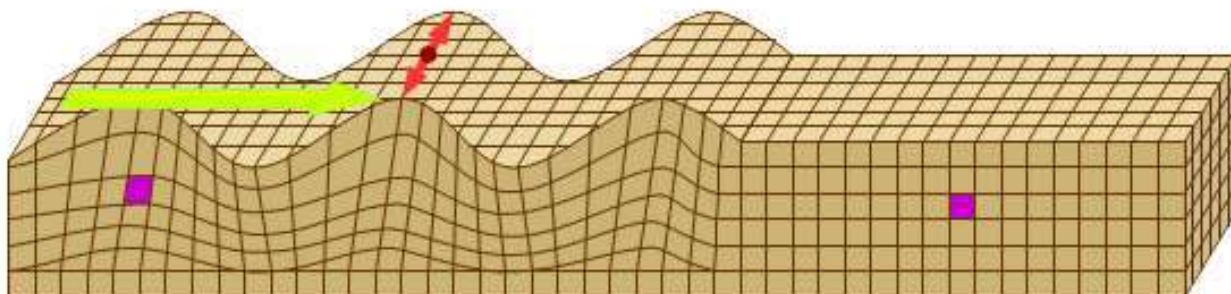


ONDE DI SUPERFICIE

R



L



La propagazione di tutte queste tipologie di onde si può descrivere matematicamente in modo piuttosto agevole in un mezzo elastico omogeneo e continuo, infinitamente esteso.

Tuttavia, nella realtà la propagazione delle vibrazioni diventa estremamente complessa in quanto il terreno contiene discontinuità di vario genere e non è mai omogeneo.

Anche la superficie del terreno e le fondazioni degli edifici costituiscono delle discontinuità che complicano il modello di propagazione ideale, che dunque diventa assai complesso e tale da richiedere un approccio matematico estremamente arduo.

3.2. Comportamento del terreno

La varietà delle conformazioni morfologiche del terreno comporta le maggiori incertezze di valutazione della propagazione delle vibrazioni.

I fattori che possono influire nella determinazione dell'attenuazione nel terreno sono molteplici.

I più determinanti sono costituiti dalla natura del mezzo, dal suo grado di costipazione, dall'attrito statico fra i granuli e quindi dalla granulometria, dalla fratturazione del mezzo, dalla presenza di acqua e da altri fattori la cui differente combinazione può determinare gradi di attenuazione differenti in mezzi litologicamente simili.

Per quanto attiene all'analisi del comportamento del terreno rispetto alle azioni dinamiche risulta quindi determinante la suddivisione tra rocce lapidee e rocce sciolte.

In generale le rocce lapidee trasmettono tutta la gamma di frequenze - e principalmente le più alte - mentre le rocce sciolte lasciano passare solo le basse frequenze, che comunque corrispondono a quelle di risposta degli edifici e generalmente meglio percepite anche dagli esseri umani.

Inoltre, mentre le rocce lapidee difficilmente possono subire variazioni di struttura sotto sollecitazioni dinamiche, le rocce sciolte, risultano di gran lunga più sensibili: la loro risposta all'azione di disturbo è diversa a seconda che l'intensità del disturbo sia lieve o al contrario forte.

In altre parole, il comportamento dei materiali sciolti è fortemente non lineare.

Nel primo caso non si ha una reale variazione della struttura mentre nel secondo caso la vibrazione produce per tutte le rocce sciolte un assestamento e quindi una riduzione di porosità.

Ciò avviene in misura maggiore per le rocce incoerenti poiché i granuli sottoposti a vibrazione perdono resistenza di attrito e quindi vengono favoriti fenomeni di scorrimento con assestamenti.

L'analisi delle caratteristiche geolitologiche degli strati superficiali del terreno è finalizzata al riconoscimento dei parametri correlabili alla propagazione delle vibrazioni nel terreno.

I valori tipici di densità, velocità di propagazione e fattore di perdita - noti esclusivamente per alcune classi geologiche e in presenza di un ammasso omogeneo - sono riassunti nella sottostante tabella.

Tipo di terreno	Densità [t/m ³]	Velocità di propagazione [m/s]	Fattore di perdita η
Roccia compatta	2,65	3500	0,01
Sabbia, limo, ghiaia, loess	1,60	600	0,1
Argilla, terreno argillosi	1,70	1500	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

4. Modello di propagazione delle vibrazioni

Il modello di propagazione impiegato, valido per tutte le tipologie di onde, si basa sullo studio di A. Farina adottato dal software SoWave.

Tale approccio richiama l'equazione di Bornitz, utilizzata per descrivere l'attenuazione della propagazione ondosa nel mezzo considerato:

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

In cui:

- w_1 e w_2 sono le ampiezze della vibrazione alle distanze r_1 e r_2 dalla sorgente;
- n è il coefficiente di attenuazione geometrica (dipendente dal tipo di onda e di sorgente);
- a è il coefficiente di attenuazione del materiale e dipende dal tipo di terreno.

L'equazione tiene conto dei meccanismi di attenuazione geometrica e di dissipazione che l'onda vibrazionale subisce propagandosi nel terreno. Nello specifico:

- attenuazione per dissipazione interna del terreno.
- attenuazione geometrica, in relazione al tipo di sorgente e di onda.

4.1.1. Velocità di propagazione delle onde

Nel caso in esame, il software impiegato riporta la classificazione NEHRP (*National Earthquake Hazards Reduction Program*), basata sulla velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità ($V_{s,30}$ in m/s).

Classe	$V_{s,30}$ m/s	Descrizione
A	> 1500	Roccia dura
B	760 – 1500	Roccia
C	360 – 760	Suolo molto denso / roccia soffice
D	180 – 360	Suolo rigido
E	< 180	Suolo soffice

NOTA: in grassetto il valore del parametro preso in considerazione nel software di modellazione per la valutazione previsionale

4.1.2. Coefficiente di attenuazione geometrica “n”

Nella tabella di seguito sono riportati i valori che il coefficiente di attenuazione geometrica “n” assume in funzione del tipo di sorgente e di onda.

Collocazione della sorgente	Tipo di sorgente	Tipo di onda originata	n
Superficie	Puntiforme	Body wave	2,0
		Surface wave	0,5
	Lineare (infinita)	Body wave	1,0
		Surface wave	0,0
In profondità	Puntiforme	Body wave	1,0
	Lineare (infinita)		0,5

NOTA: in grassetto il valore del parametro preso in considerazione nel software di modellazione per la valutazione previsionale

4.1.3. Coefficiente di attenuazione del materiale “ α ”

Il coefficiente di attenuazione del materiale “ α ”, invece, 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, come avviene anche in ambito acustico per via dell’attenuazione dell’aria.

Valori del coefficiente “ α ” sono stati riportati da Dowding (2000), Jones & Stokes (2004) e Rudder (1978) per differenti classi di terreno e per due bande di frequenza all’interno del prospetto seguente.

Nella tabella di seguito sono riportati i valori che il coefficiente di attenuazione geometrica α (m^{-1}) presenti nel database del software SoWave.

I parametri presi in considerazione per la modellazione tramite software sono stati indicati con un cerchio di colore rosso.

Fonte	Tipo di suolo	$\alpha_{\min}$	$\alpha_{\max}$	Note
Dowding (2000)	Suoli deboli/soffici (torba, sabbia sciolta)	0.010	0.030	5 Hz
Dowding (2000)	Suoli deboli/soffici	0.100	0.300	50 Hz
Dowding (2000)	Suoli competenti (sabbie, argilla, limo)	0.003	0.010	5 Hz
Dowding (2000)	Suoli competenti	0.030	0.100	50 Hz
Dowding (2000)	Suolo duro (arenaria, argilla consolidata)	0.0003	0.003	5 Hz
Dowding (2000)	Suolo duro	0.003	0.030	50 Hz
Dowding (2000)	Roccia dura (non alterata)	—	< 0.0003	5 Hz, limite sup.
Dowding (2000)	Roccia dura (non alterata)	—	< 0.003	50 Hz, limite sup.
Forsblad (in J&S 2004)	Sabbia ghiaiosa siltosa	0.130	0.130	—
Richart (in J&S 2004)	Soletta c/c / riempimento granulare	0.020	0.020	—
Woods (in J&S 2004)	Sabbia fine siltosa	0.260	0.260	—
Barkan (in J&S 2004)	Sabbia fine satura	0.010	0.010	—
Barkan (in J&S 2004)	Sabbia fine satura (gelata)	0.060	0.060	—
Barkan (in J&S 2004)	Sabbia satura con torba/limo organico	0.040	0.040	—
Barkan (in J&S 2004)	Sabbia argillosa, argilla+sabbia, limo	0.040	0.040	—
Barkan (in J&S 2004)	Marna calcarea	0.100	0.100	—
Barkan (in J&S 2004)	Loess e suolo loessiale	0.100	0.100	—
Barkan (in J&S 2004)	Argilla satura con sabbia e limo	0.000	0.120	—
Dalmatov et al. (in J&S 2004)	Sabbie e limi	0.026	0.360	—
Clough & Chameau (in J&S 2004)	Sabbia su fango di baia	0.050	0.200	—

Fonte	Tipo di suolo	$\alpha_{\min}$	$\alpha_{\max}$	Note
Clough & Chameau (in J&S 2004)	Sabbia di duna	0.026	0.065	—
Peng (in J&S 2004)	Argilla molle di Bangkok	0.026	0.440	—
Hendriks (in J&S 2004)	Sabbia-limo, limo argilloso, sabbia siltosa	0.021	0.021	—
Rudder (1978)	Argilla umida	0.025	0.250	—
Rudder (1978)	Suolo argilloso	0.025	0.250	—
Rudder (1978)	Argilla siltosa	0.019	0.430	—
Rudder (1978)	Argilla satura (wet clay)	0.310	0.500	—
Rudder (1978)	Loess a umidità naturale	0.040	0.130	—
Rudder (1978)	Sabbia asciutta	0.007	0.070	—
Rudder (1978)	Sabbia e ghiaia densa	0.015	0.045	—
Rudder (1978)	Ghiaia + sabbia e limo	0.023	0.053	—
Rudder (1978)	Sabbia fine, satura d'acqua	0.090	0.300	—
Rudder (1978)	Sabbia fine, satura d'acqua e gelata	0.050	0.170	—

Il coefficiente di attenuazione α può essere stimato anche attraverso l'equazione:

$$\alpha = \frac{2\pi f \eta}{c}$$

In cui " η " è il fattore di perdita del terreno, " c " è la velocità di propagazione in m/s, " f " è la frequenza in Hz.

4.1.4. Fattore di perdita " η "

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 sottostante tabella.

Classe	Lavorabilità	η	ρ (s/m)
I	Sciolto o morbido (si scava facilmente)	0,003 – 0,01	2×10^{-4} – 6×10^{-4}
II	Compatto (si scava con la vanga)	0,001 – 0,003	6×10^{-5} – 2×10^{-4}
III	Duro (richiede piccone)	0,0001 – 0,001	6×10^{-6} – 6×10^{-5}
IV	Molto duro e compatto (difficile anche con il martello)	< 0,0001	< 6×10^{-6}

Nel caso in esame la situazione stratigrafica locale è caratterizzata dalla presenza di argilla limosa con torba appartenente ad un deposito di palude in area interdistributrice come meglio specificato nella carta geologica riportata nel paragrafo “*Inquadramento geologico*”.

Ad essi si associa una lavorabilità su terreno duro; solitamente i primi 4-5 metri sono rappresentati dagli stessi materiali ma rimaneggiati a seguito degli interventi edilizi dell’area, come potuto riscontrare dallo scavo realizzato per la posa della fibra ottica presso un lotto vicino all’area oggetto di intervento.

5. Descrizione dei luoghi

L’area oggetto di intervento è localizzata in ambito extraurbano a prevalente destinazione agricola all’interno del territorio del Comune di Fiscaglia (FE) come visibile nell’estratto di mappa satellitare riportato di seguito.

Il perimetro dell’area confina esclusivamente con terreni agricoli coltivati e con la viabilità locale di tipo interpodereale a servizio dei fondi, senza interferenze dirette con centri abitati o insediamenti urbani strutturati.

Lungo il **perimetro settentrionale** e **nord-orientale** è presente una strada locale che separa l’area di intervento da ulteriori appezzamenti agricoli e da alcuni edifici isolati, prevalentemente ad uso residenziale rurale e agricolo, identificabili come fabbricati sparsi non aggregati in nuclei abitativi; tali edifici risultano esterni al perimetro dell’intervento e posti a distanze generalmente comprese tra circa 50 m e 150 m dal confine dell’area.

Sul lato **orientale** e **sud-orientale** sono presenti ulteriori edifici rurali isolati, anch’essi separati dall’area da viabilità locale e superfici agricole, con distanze dal perimetro dell’intervento superiori a circa 100 m.

Il confine **meridionale** e **sud-occidentale** confina con viabilità agricola e campi coltivati, oltre i quali si individuano sporadici fabbricati rurali e residenziali sparsi, posti a distanza significativa e comunque non direttamente prospicienti l’area oggetto di intervento.

Nel contesto considerato non si rileva la presenza di insediamenti produttivi o industriali di rilievo.

Non sono presenti arterie stradali (strade statali o provinciali) in adiacenza diretta al perimetro dell’area oggetto di intervento; la rete viaria è costituita esclusivamente da strade locali a basso traffico veicolare.

Di seguito si riporta un estratto di mappa satellitare nel quale si è provveduto ad indicare l’area sulla quale sorge l’attività con una linea di colore rosso, nonché gli insediamenti agricoli, edifici in stato di abbandono ed abitativi presenti nell’intorno della medesima.



Collocazione dell'edificio in oggetto e delle posizioni delle sorgenti vibratorie

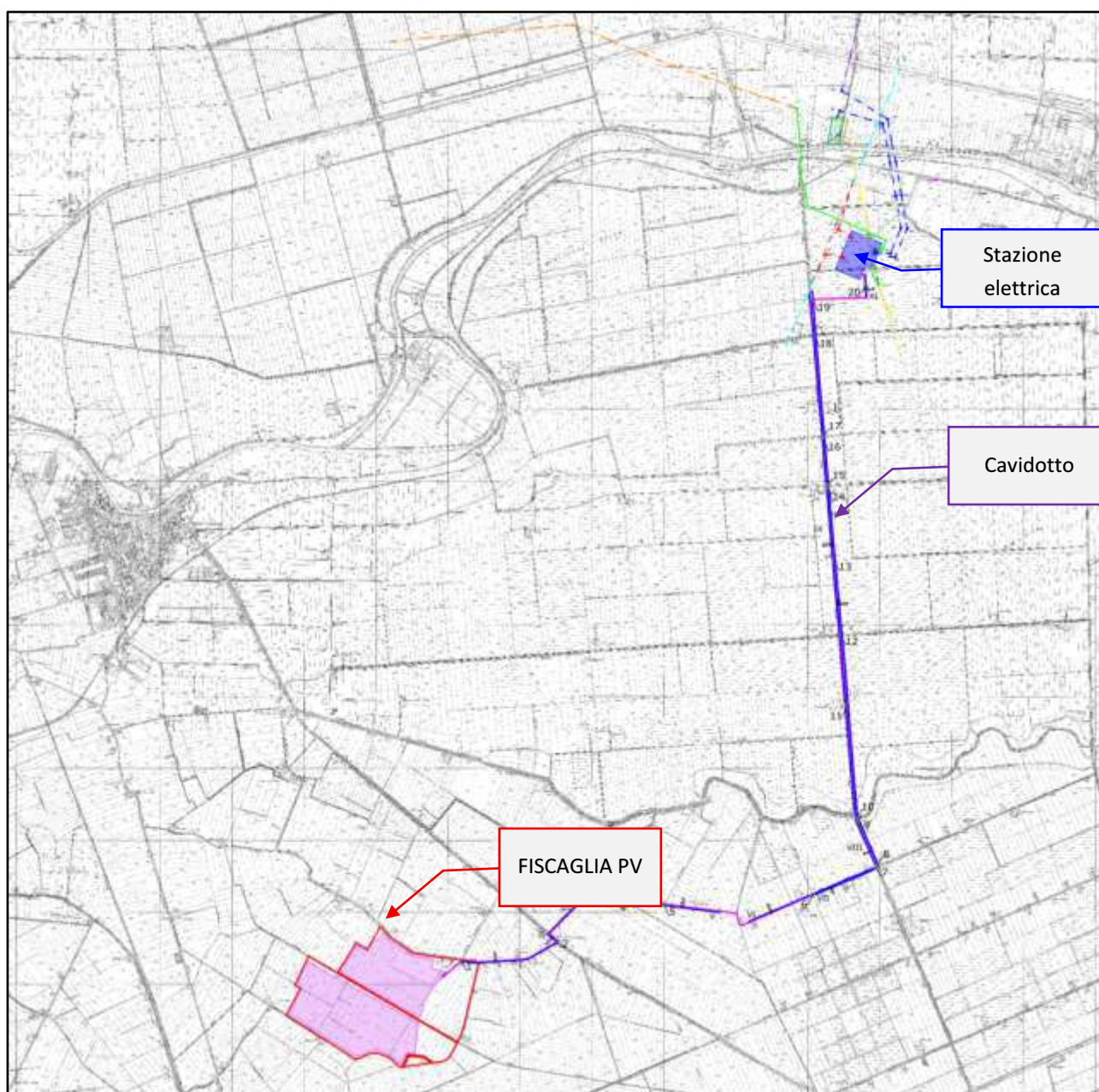


Localizzazione/Dettaglio di vista area impianto agrivoltaico

Legenda	
	Insedimento abitativo
	Insedimento industriale/artigianale o agricolo – produttivo

	Edificio in stato di abbandono
	Area dell'attività in oggetto
	Infrastrutture stradali
	Strade poderali

Per completezza si riporta un estratto satellitare nella quale è rappresentato il masterplan di progetto, comprensivo del cavidotto di collegamento dell'impianto fotovoltaico Fiscaglia alla Stazione Elettrica di Fiscaglia.



Impianto agrivoltaico e opere di connessione

Di seguito alcune fotografie descrittive dei luoghi e degli insediamenti abitativi rilevati durante il sopralluogo:



ED.01



ED.02



ED.03



ED.04



ED.04



Edificio abbandonato adiacente ad ED.04

A seguito del sopralluogo effettuato e dell'analisi delle distanze tra le aree di lavorazione previste e i recettori individuati, è possibile ritenere che il recettore ED.01 rappresenti il punto maggiormente esposto alle vibrazioni generate dalle attività di cantiere durante la fase di scavo per la posa del cavidotto di collegamento tra l'impianto agrivoltaico e la stazione elettrica, in quanto localizzato alla minima distanza dalle lavorazioni previste.

Per quanto riguarda invece le fasi di infissione dei pali di sostegno dei moduli fotovoltaici e di TOC – Trivellazione Orizzontale Controllata, il recettore ED.03 risulta essere quello potenzialmente più esposto agli effetti vibrazionali, in ragione della sua posizione rispetto alle aree di intervento e delle minori distanze sorgente–recettore riscontrabili lungo il tracciato delle lavorazioni.

In particolare, per la fase di TOC, il recettore ED.03 presenta la distanza minima, o comunque una distanza sostanzialmente analoga a quella degli altri edifici residenziali presenti nell'intorno dell'area di intervento. Per tale motivo le verifiche previsionali vengono condotte sul solo recettore ED.03, assumendolo quale caso più gravoso. Tale approccio risulta cautelativo, poiché consente di considerare ragionevolmente inferiori gli effetti vibrazionali attesi presso gli altri recettori, caratterizzati da distanze uguali o maggiori rispetto alla sorgente di vibrazione.

Si fa presente, inoltre, che sono state effettivamente riscontrate e misurate nei pressi dell'area oggetto di intervento alcune attività di cantiere in una configurazione operativa del tutto analoga a quella che si verificherebbe in prossimità dell'ED.01.

Considerato che il terreno interposto presenta caratteristiche geotecniche sostanzialmente analoghe, le misure effettuate possono essere ritenute rappresentative anche delle condizioni vibrazionali attese presso gli altri edifici individuati.

Poiché è stato possibile rilevare direttamente l'attività di cantiere nella configurazione ritenuta più gravosa dal punto di vista delle vibrazioni indotte, il rispetto dei valori limite in corrispondenza di tale recettore consente di ritenere soddisfatti i medesimi limiti anche per gli altri recettori presenti nell'intorno.

Per ED.01 si è ritenuto maggiormente rappresentativo l'utilizzo di dati sperimentali acquisiti in campo, mentre per ED.03 si è proceduto mediante modellazione.

5.1. Inquadramento geologico

Di seguito si riporta un estratto della carta geologica Ambienti Deposizionali e Litologie riportata nel geoportale della Regione Emilia Romagna in cui viene riportata la classificazione del terreno nei pressi dell'area oggetto di intervento.



Carta geologica, 1:25.000 - Ambienti deposizionali e litologie - 50k - Posizione Dati								
FeatureInfoCollection - layer name: 'Ambienti_deposiz_litologie_50k'								
OBJECTID	Shape	SIGLA	TESSITURA	DEPOSITO	AMBIENTE	DESCRIZIONE	SHAPE.AREA	SHAPE.LEN
3975	Polygon	SL	sabbia limosa	deposito di canale distributore, argine e rotta	piana deltizia	sabbia limosa di piana deltizia	47888735,126555	94464,941775

Estratto Carta geologica Ambienti Deposizionali e Litologie

6. Descrizione dell'intervento in progetto

6.1. Componenti impiantistiche attive nella fase di esercizio

Di fatto in un impianto agrivoltaico le vibrazioni non sono generate dai pannelli solari o dagli inverter, ma dalle componenti impiantistiche riconducibili agli impianti elettromeccanici continui a servizio, quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo:

- HVAC di raffreddamento;
- trasformatori.

Tali componenti risultano installate su idonee fondazioni e, qualora vengano adottate corrette regole di buona tecnica progettuale e realizzativa — come richiamato nei capitoli conclusivi dedicati alle buone prassi — non costituiscono sorgenti vibrazionali tali da determinare il superamento dei limiti di riferimento, sia in termini di disturbo alle persone sia rispetto agli effetti sulla statica delle strutture.

6.2. Attività di cantiere per la realizzazione dell'impianto

Le attività di cantiere per la realizzazione di tale impianto prevedono, invece, l'impiego di attrezzature e macchinari per operazioni più critiche dal punto di vista vibrazionale.

Di conseguenza, risulta necessario un approfondimento delle sorgenti di vibrazione e della loro propagazione all'interno del sito.

Il cantiere prevede diverse fasi realizzative, che ai fini acustici possono suddividersi in quattro macrofasi principali:

- 1) opere di cantierizzazione (realizzazione recinzioni e apprestamenti del cantiere, sistemazione suolo e viabilità interna, etc.)
- 2) realizzazione opere civili (realizzazione fondazioni, posa in opera recinzioni e cancellate),
- 3) installazione componenti impiantistiche (posa in opera tracker, moduli FV, realizzazione cavidotto interno, realizzazione illuminazione e impianto video sorveglianza, etc.);
- 4) cavidotto esterno di collegamento alla stazione elettrica: l'impianto verrà connesso mediante una connessione in antenna a 36 kV su una nuova stazione elettrica di trasformazione (di seguito "SE") denominata nuova SE "Fiscaglia 380/132/36 kV" da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV "Ravenna Canala – Porto Tolle" e alle linee RTN 132 kV afferenti alla Cabina Primaria Codigoro ricollegata in doppia antenna alla suddetta stazione.

Il Cavidotto in progetto, destinato a collegare l'impianto, di proprietà della società FISCAGLIA AGRI-SOLARE S.R.L., alla sezione 36 kV della nuova SE "Fiscaglia 380/132/36 kV".

Appare immediatamente evidente che le lavorazioni a cui risulta associata la maggior probabilità di insorgenza dei maggiori livelli di vibrazione risultano essere le lavorazioni di infissione dei pali metallici e gli scavi per la posa delle connessioni elettriche all'interno di cavidotti.

Trattasi sostanzialmente di infissione tramite battipalo e scavo mediante T.O.C. o escavatore con operazioni di spostamento terre con presenza di camion.

Tra tutte le attività di scavo e spostamento terre, quella che risulta essere maggiormente critica è rappresentata dalla fase di scavo del cavidotto di collegamento dell'impianto alla stazione elettrica in quanto si verifica la minor distanza tra sorgente di vibrazione e recettore.

7. Posizionamento della stazione di misura

Si è provveduto ad effettuare misurazioni vibrometriche in situ volte a determinare:

- il livello di vibrazione e di rumore di un escavatore durante la fase di scavo e spostamento terre per la posa della fibra ottica nei pressi dell'area oggetto di intervento;
- il livello di vibrazione residua ante-operam caratteristici dell'area;
- il livello di vibrazione correlato al transito di mezzi su infrastruttura stradale presso l'ED.01 per una valutazione della propagazione della vibrazione nel terreno.

La misurazione delle vibrazioni è stata svolta mediante utilizzo di accelerometro triassiale al fine di valutare l'entità delle vibrazioni in termini di accelerazione e mediante l'utilizzo di un vibrometro triassiale al fine di valutare l'entità delle vibrazioni in termini velocità.

Di seguito si riporta una visuale satellitare con l'indicazione del posizionamento delle stazioni di misura.

Con il cerchio di colore fucsia è stata indicata la posizione della stazione di misura fonometrica, impiegata come riscontro diretto necessario al riconoscimento degli eventi individuati nel tracciato della storia temporale dei livelli di accelerazione e velocità misurati.

In pratica le postazioni fonometriche di controllo risultano essere molto utili per il riconoscimento agevole dei transiti di mezzi su infrastruttura stradale e ferroviaria e/o eventuali attività di cantiere o agricole in corso di svolgimento durante la misurazione.

La posizione vibrometrica è stata riportata con un cerchio di colore giallo nell'estratto satellitare seguente, parimenti sugli stessi sono indicati gli orientamenti degli assi cartesiani X e Y.

L'asse Z risulta ortogonale al terreno.



Stazione vibrometrica e stazione fonometrica di riscontro presso ED.01

Legenda	
	Stazione fonometrica di riscontro
	Stazione vibrometrica

Si riportano, inoltre, alcune fotografie descrittive del posizionamento delle stazioni di misura.

Il sensore è stato fissato con magneti sulla base inerziale, a sua volta incollata con resina, in maniera tale da risultare solidale con la pavimentazione esistente.



ED.01 – Stazione di misura Vibrazione



ED.01 – Stazione di misura Rumore

7.1. Strumentazione utilizzata

Di seguito si riportano le caratteristiche dei componenti della catena strumentale utilizzata nell'ambito delle presenti indagini e per la caratterizzazione delle sorgenti analoghe:

- acquisitore integratore e analizzatore di frequenza in tempo reale SVANTEK SV106 a 6 canali;
- terna triassiale ad alta sensibilità 1000 mV/g.

Tutta la strumentazione fonometrica è stata regolarmente tarata secondo norma con i certificati allegati alla presente (All. n° 1).

Una volta misurati i parametri sono stati successivamente “scaricati” e salvati su software dedicati all'analisi che ogni norma tecnica prevede.

Ad esempio nel caso delle immissioni di vibrazioni in esame poiché lo strumento fornisce delle storie temporali complete di tutta la misura per i parametri acustico-vibrometrici richiesti ma le norme tecniche anzidette richiedono l'analisi su periodi significativi (es. determinazione contributo della sola sorgente e del resto delle sorgenti (residuo)) per la successiva analisi i parametri tal quali misurati sono stati esportati nel software per estrarre periodi utili ai fini della valutazione secondo norme.

I parametri acustico-vibrometrici sono direttamente esportati dagli strumenti in tali software.

Ai fini delle misurazioni e analisi sono stati impiegati i seguenti software:

- SVAN PC++;
- Noise & Vibration Work.

7.2. Descrizione campagna di misure vibrometriche

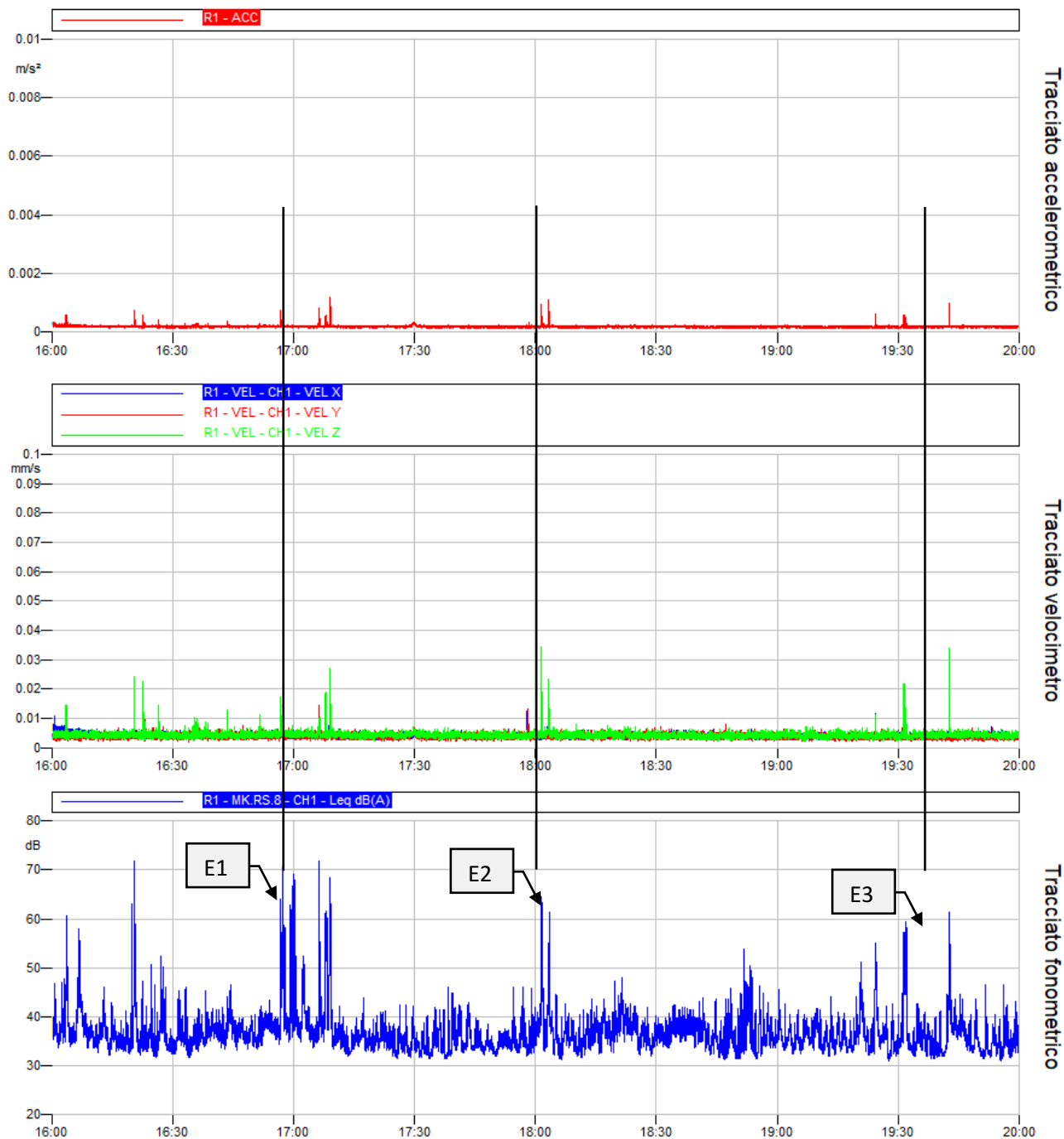
L'analisi in oggetto è relativa principalmente alla determinazione dell'entità delle vibrazioni immesse dalle attività di cantiere necessarie per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico, in un'area sita nel comune di Fiscaglia (FE).

Si è proceduto a misurare a quota terreno (piano terra), in posizioni il più possibile prossime agli edifici abitativi, compatibilmente con le possibilità di accesso autorizzate in fase di sopralluogo.

Nello specifico la stazione di monitoraggio è stata posizionata in corrispondenza della fondazione di un edificio a servizio dell'infrastruttura elettrica prospiciente un edificio abitativo. Tale configurazione è stata identificata come la più rappresentativa per caratterizzare la funzione di trasferimento dell'energia vibrazionale dal terreno alla struttura.

Durante la campagna di misure sono stati riscontrati diversi passaggi di auto e alcuni eventi vibratorii, chiaramente riconoscibili nei tracciati fonometrici e vibrometrici acquisiti dalle stazioni di misura installate presso il recettore identificato come ED.01.

Dal confronto tra i tracciati fonometrici e vibrometrici, si osserva come l'andamento del segnale vibrometrico non presenti variazioni significative in corrispondenza degli eventi registrati.



Alcuni eventi vibratori individuati tramite il riscontro fonometrico

Tale evidenza indica che le vibrazioni generate dalla sorgente stradale risultano significativamente attenuate lungo il percorso di propagazione sorgente-ricevitore, senza dar luogo a fenomeni di amplificazione rilevanti.

7.3. Risultati della campagna di misure

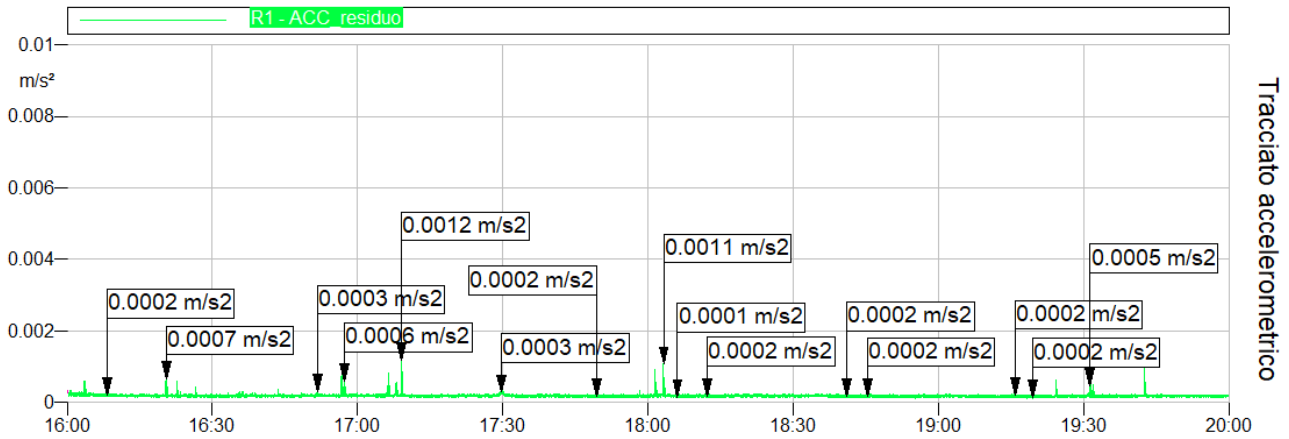
Ai fini del confronto con la normativa tecnica sono stati determinati i valori dei parametri di interesse in riferimento alle misurazioni eseguite.

Nel caso in esame la norma applicabile è la UNI 9614:2017 in quanto la sorgente è successiva all'entrata in vigore della stessa.

7.3.1. V_{res} ED.01

A seguire, è riportato il tracciato vibrometrico e quello fonometrico dei livelli residui presenti presso l'ED.01. Le etichette dei valori sul tracciato di colore verde sono state utilizzate per il calcolo del parametro V_{res} .

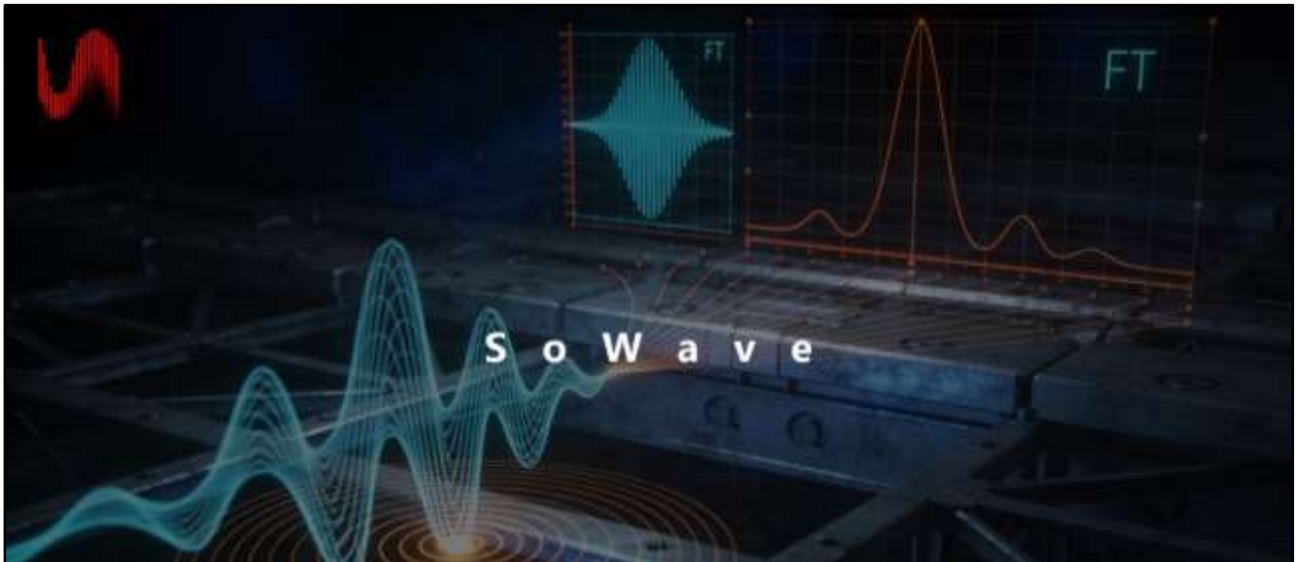
Il valore di V_{res} calcolato presso il recettore ED.01 può ritenersi rappresentativo dei livelli vibrazionali residui presenti nell'intorno dell'area di intervento.



Livelli vibratori (residuo) rilevati presso ED.01

8. Valutazione previsionale livelli vibratori tramite software

Per la valutazione della propagazione vibrazionale generata dal cantiere è stato impiegato il software SoWave, il quale consente attraverso un'interfaccia cartografica interattiva e mediante i modelli matematici e i parametri precedentemente esposti, di stimare l'impatto vibrazionale su recettori ubicati nelle aree circostanti al cantiere.



Software valutazione previsionale livelli vibratori

8.1. Previsione dell'impatto vibratorio

Sono state analizzate le lavorazioni cui risulta associata la maggiore probabilità di generare i livelli vibrazionali più significativi durante la fase di cantiere.

Le valutazioni sono state condotte sia mediante modellazione previsionale tramite software specialistico, sia attraverso il confronto con misure sperimentali eseguite in contesti operativi analoghi a quello in esame.

In particolare, sono stati considerati i seguenti scenari di lavorazione:

- infissione dei pali metallici di sostegno;
- scavi per la posa delle connessioni elettriche del cavidotto interno e di collegamento tra l'impianto e la stazione elettrica.

Le analisi sono state sviluppate assumendo la configurazione maggiormente cautelativa, corrispondente alla minima distanza tra la sorgente vibrante e il recettore maggiormente esposto alle lavorazioni.

Con riferimento alle attività potenzialmente più gravose sotto il profilo vibrazionale, si evidenzia che la fase di infissione dei pali metallici risulta generalmente caratterizzata da livelli di vibrazione superiori rispetto a quelli associati alla TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata), in ragione delle modalità di trasferimento dell'energia meccanica direttamente al terreno.

Pertanto, la verifica condotta per la fase di infissione dei pali può essere considerata rappresentativa della condizione maggiormente gravosa. Ne consegue che, qualora i limiti di riferimento risultino rispettati durante tale lavorazione, è ragionevole ritenere che gli stessi risultino rispettati anche durante la fase di TOC, per la quale sono attesi livelli vibrazionali inferiori.

Si evidenzia inoltre che, durante la fase di TOC, il recettore ED.03 risulta quello posto alla minima distanza dalla sorgente di vibrazione (o comunque a distanza non superiore rispetto agli altri recettori abitativi presenti nell'area di studio). Le verifiche sono pertanto state condotte su tale recettore, assumendo che gli effetti vibrazionali attesi presso gli altri edifici risultino inferiori o al più confrontabili con quelli attesi presso gli altri recettori abitativi individuati.

8.2. Fase di esercizio

Come indicato dalle "Linee Guida per la redazione degli studi di impatto ambientale relativi ad impianti agrivoltaici e fotovoltaici" elaborato dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), la fase di esercizio non è oggetto di valutazione previsionale.

8.3. Fase di cantiere

8.3.1. Analisi tramite software dell'attività di infissione dei pali

Per quanto riguarda l'attività di infissione dei pali mediante battipalo, l'analisi previsionale è stata sviluppata in corrispondenza dell'edificio ED.03, in quanto rappresenta il recettore caratterizzato dalla minima distanza rispetto alla sorgente di vibrazione.

Nelle viste planimetriche e tridimensionali del modello previsionale, il punto sorgente relativo al battipalo è identificato mediante il cerchio di colore giallo contraddistinto dall'etichetta CT02, mentre la linea di colore marrone individua la minima distanza sorgente-recettore assunta ai fini della valutazione, corrispondente alla configurazione maggiormente critica analizzata.

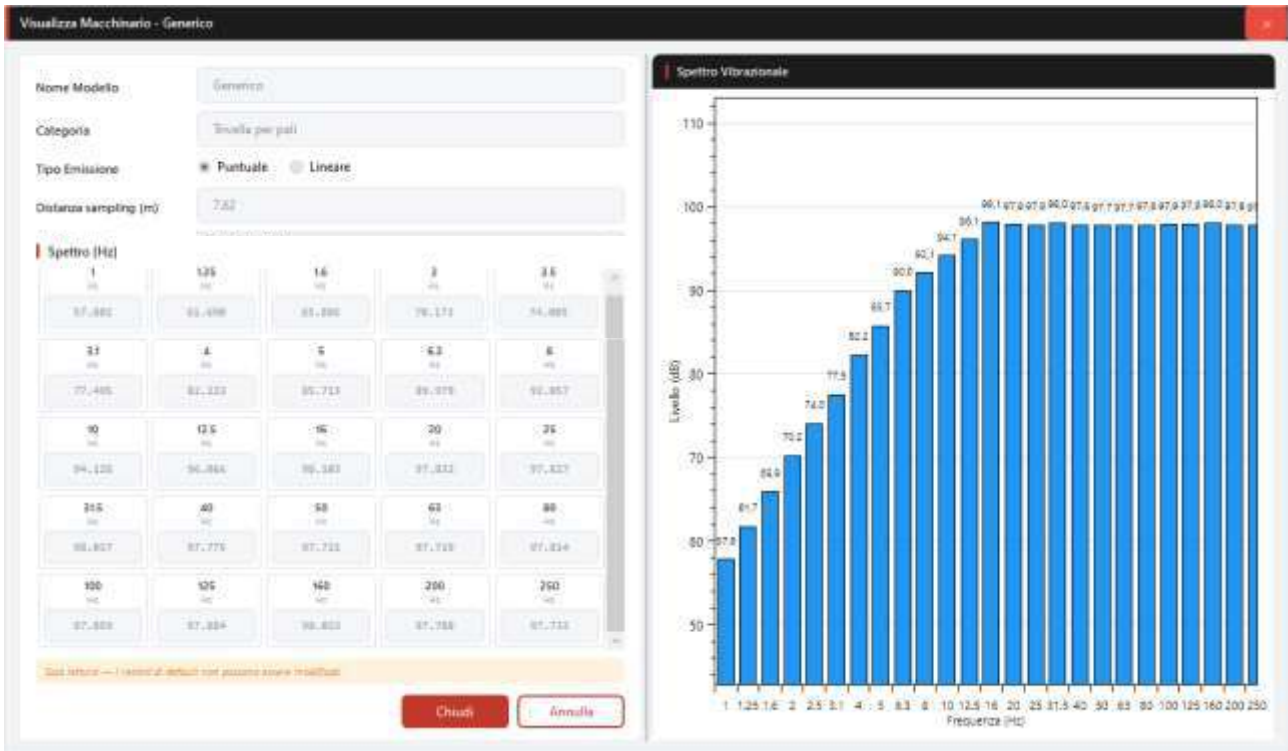


Visuale planimetrica



Visuale 3D

Nell'immagine successiva sono riportati i livelli vibrazionali in frequenza associati alla sorgente "trivella per pali", assunti per l'esecuzione della valutazione previsionale.



8.3.1.1. Riassunto dei risultati di calcolo

Nella tabella seguente sono riportati i risultati del calcolo previsionale eseguito tramite software relativamente all'impatto vibrazionale associato alle attività di infissione dei pali presso il recettore ED.03.

I risultati ottenuti evidenziano livelli vibrazionali attesi conformi ai limiti normativi applicabili al periodo diurno. Considerato che la valutazione è stata sviluppata nella configurazione maggiormente cautelativa, corrispondente alla minima distanza tra sorgente e recettore, si ritiene che il rispetto dei limiti normativi possa ritenersi verificato anche per condizioni operative caratterizzate da distanze superiori rispetto a quelle assunte nel presente calcolo.

Recettore	Cantiere	Distanza [m]	Lp previsto [dB]	Limite DIURNO [dB]	Conformità
Rec.03	CT.02	48,0	44,4	77,0	SI

8.3.2. V_{SOR} – Scavi in trincea

Per quanto riguarda la valutazione delle attività di scavo e movimentazione terre finalizzate alla posa dei cavi all'interno del cavidotto, si è fatto riferimento a una campagna di misura eseguita durante lavorazioni analoghe svolte in un contesto del tutto comparabile a quello del presente progetto, localizzato a pochi chilometri dall'area oggetto di intervento.

La configurazione analizzata risulta inoltre caratterizzata da una distanza sorgente–recettore sostanzialmente confrontabile con quella prevista per la realizzazione del cavidotto in prossimità dell'ED.01.

Per le motivazioni sopra esposte, si ritiene che il ricorso a dati sperimentali acquisiti in campo rappresenti un approccio maggiormente rappresentativo e affidabile rispetto a una valutazione esclusivamente previsionale tramite software.

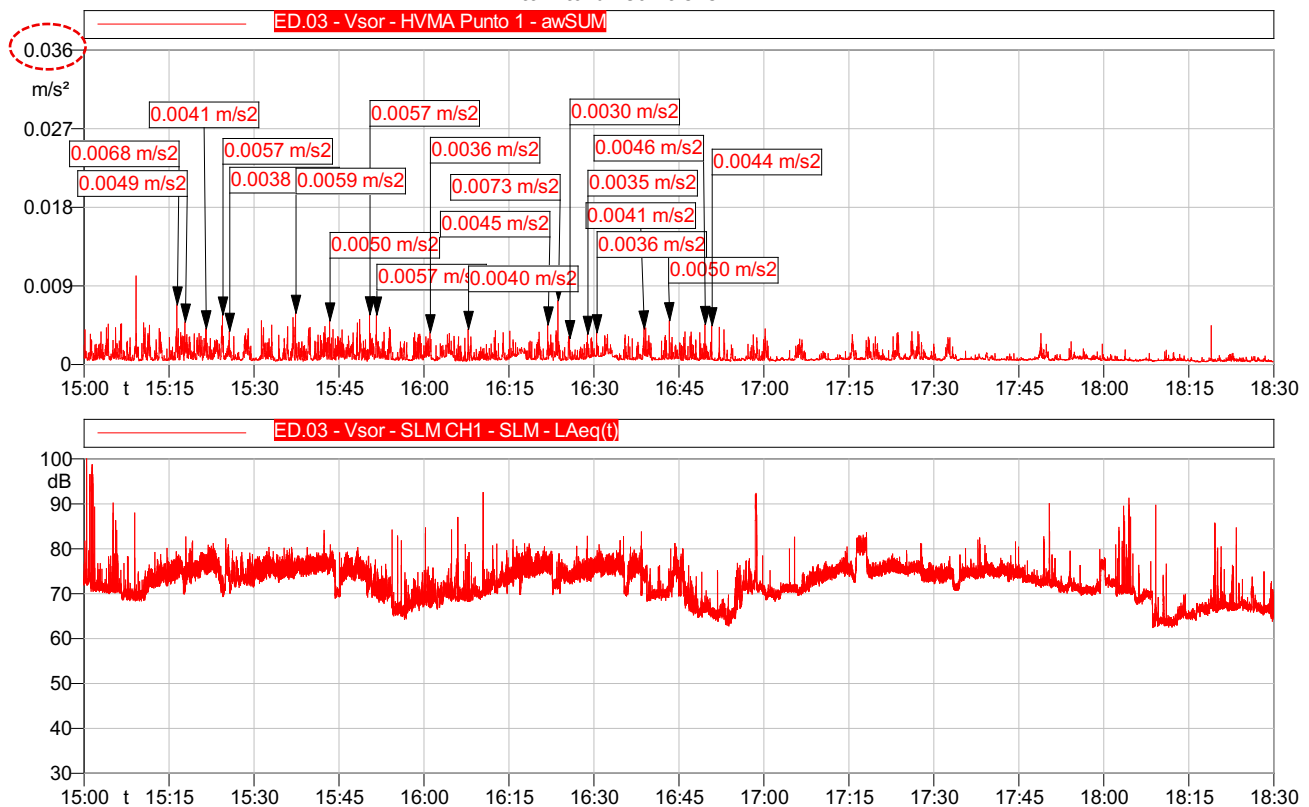
Sulla base delle misure effettuate è stato quindi determinato il parametro V_{sor} , successivamente utilizzato ai fini della valutazione previsionale dell'impatto vibrazionale.

Di seguito si riporta il tracciato vibrometrico misurato durante le attività di cantiere in corso di svolgimento, unitamente al tracciato fonometrico relativo all'effettivo riscontro della lavorazione dell'escavatore.

Nel tracciato vibrometrico è stato evidenziato il valore massimo misurato durante l'operazione che ha generato il più elevato livello di vibrazione; tali valori sono stati assunti ai fini del calcolo del parametro V_{sor} .

Si evidenzia che il limite dell'asse delle ordinate (asse y) rappresenta il valore limite più restrittivo, valido per il periodo notturno. I livelli di vibrazione registrati risultano ampiamente inferiori a tale soglia.

Tracciato vibrometrico V_{sor} e fonometrico di riscontro Attività di cantiere



Nella valutazione in conformità alla norma tecnica UNI 9614:2017 sono stati ottenuti valori di accelerazioni ponderate di V_{sor} in periodo diurno compresi tra 3,0 mm/s² e 7,3 mm/s² e con valore medio V_{res} – comprensivo di incertezza – pari a 2,7 mm/s².

Nella tabella seguente sono riportati i calcoli effettuati per la determinazione del parametro V_{imm} , a partire dai valori di V_{sor} e V_{res} precedentemente riportati:

Postazione di misura:		ED.01		
Periodo di riferimento		DIURNO		
VIBRAZIONI IMMESSE				
$a_{w,max,i}$	Valore	[]	$(a_{w,max,i} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,1}$	6.8	mm/s ²	$(a_{w,max,1} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,2}$	4.9	mm/s ²	$(a_{w,max,2} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,3}$	4.1	mm/s ²	$(a_{w,max,3} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,4}$	5.7	mm/s ²	$(a_{w,max,4} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,5}$	3.8	mm/s ²	$(a_{w,max,5} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,6}$	5.9	mm/s ²	$(a_{w,max,6} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,7}$	5.0	mm/s ²	$(a_{w,max,7} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,8}$	5.7	mm/s ²	$(a_{w,max,8} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,9}$	5.7	mm/s ²	$(a_{w,max,9} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,10}$	3.6	mm/s ²	$(a_{w,max,10} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,11}$	4.0	mm/s ²	$(a_{w,max,11} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,12}$	4.5	mm/s ²	$(a_{w,max,12} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,13}$	7.3	mm/s ²	$(a_{w,max,13} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,14}$	3.0	mm/s ²	$(a_{w,max,14} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,15}$	3.5	mm/s ²	$(a_{w,max,15} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,16}$	3.6	mm/s ²	$(a_{w,max,16} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,17}$	4.1	mm/s ²	$(a_{w,max,17} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,18}$	5.0	mm/s ²	$(a_{w,max,18} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,19}$	4.6	mm/s ²	$(a_{w,max,19} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,20}$	4.4	mm/s ²	$(a_{w,max,20} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,medio}$	4.8	mm/s ²	$\sum (a_{w,max,i} - a_{w,max,medio})^2$	
	20			
σ	1.14			
$a_{w,95,MM}$	6.8	mm/s ²		

VIBRAZIONI RESIDUE				
$a_{w,max,i}$	Valore	[]	$(a_{w,max,i} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,1}$	0.2	mm/s ²	$(a_{w,max,1} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,2}$	0.7	mm/s ²	$(a_{w,max,2} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,3}$	0.3	mm/s ²	$(a_{w,max,3} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,4}$	0.6	mm/s ²	$(a_{w,max,4} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,5}$	1.2	mm/s ²	$(a_{w,max,5} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,6}$	0.2	mm/s ²	$(a_{w,max,6} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,7}$	0.3	mm/s ²	$(a_{w,max,7} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,8}$	1.1	mm/s ²	$(a_{w,max,8} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,9}$	0.1	mm/s ²	$(a_{w,max,9} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,10}$	0.2	mm/s ²	$(a_{w,max,10} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,11}$	0.2	mm/s ²	$(a_{w,max,11} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,12}$	0.2	mm/s ²	$(a_{w,max,12} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,13}$	0.2	mm/s ²	$(a_{w,max,13} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,14}$	0.2	mm/s ²	$(a_{w,max,14} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,15}$	0.5	mm/s ²	$(a_{w,max,15} - a_{w,max,medio})^2$	
$a_{w,max,medio}$	0.4	mm/s ²	$\sum (a_{w,max,i} - a_{w,max,medio})^2$	
	15			
σ	0.34			
$a_{w,95,RES}$	1.0	mm/s ²		

RIEPILOGO RISULTATI		
$a_{w,95,IMM}$	6.8	mm/s ²
$a_{w,95,RES}$	1.0	mm/s ²
$a_{w,95,IMM}/a_{w,95,RES}$	6.6	mm/s ²
V_{95}	6.7	mm/s ²
Limiti di riferimento	7.2	mm/s ²
Verifica limite diurno	OK	

I valori rilevati risultano pertanto essere inferiori rispetto al valore limite di disturbo indicato dalla suddetta norma.

8.4. Livelli di velocità

Per quanto concerne la valutazione delle vibrazioni in termini di velocità, considerando che i livelli di accelerazione relativi alla valutazione del disturbo determinati al capitolo precedente risultano relativamente bassi, si può dedurre che i valori di velocità siano tali da non determinare l'insorgenza di danni di natura architettonica ai sensi della norma UNI 9916.

Nota 1: il valore è stato confrontato con i limiti di riferimento per residenze, più bassi e restrittivi rispetto a quelli per ambienti lavorativi. Se verificato con i limiti per residenze di conseguenza le verifiche risultano positive anche per ambienti lavorativi, in cui il limite è circa il doppio di quello per residenze.

Nota 2: come già evidenziato dalle misure il contributo per gli assi X e Y è risultato irrisorio rispetto all'asse Z, predominante, pertanto la valutazione del valore somma può essere considerata coincidente con il valore sull'asse predominante.

8.5. Note generali

Si fa presente che la valutazione riguarda esclusivamente le norme anzidette, ma tali norme non analizzano ad esempio fenomeni potenzialmente correlabili a vibrazioni come effetti secondari quali compattazione del suolo e formazione di cedimenti differenziali, per i quali l'impresa dovrà porre particolare attenzione affinché non avvengano.

8.5.1. Interventi di mitigazione e buona prassi

A ulteriore titolo di prudenza e ai fini di una realizzazione ottimale dal punto di vista tecnico, nel capitolo successivo si è provveduto ad indicare comunque interventi di ulteriore riduzione della propagazione delle vibrazioni.

9. Interventi di mitigazione e buone prassi

Per gli interventi mitigativi si fa riferimento all'allegato C della norma UNI 9614:2017.

La norma riporta le azioni da porre in atto per le vibrazioni prodotte durante le attività temporanee o le attività per le quali misure mitigative adeguate non sono implementabili o non sono economicamente ragionevoli soprattutto quando in funzione per breve durata all'interno del periodo dell'attività disturbante.

9.1. Vibrazioni cantiere

Le attività di cantiere o le attività legate ad alcune lavorazioni temporanee all'interno o all'esterno dell'edificio ricettore saranno in corso per breve durata all'interno del periodo dell'attività disturbante.

La definizione di limiti di riferimento in deroga per queste attività è operazione molto complessa, tenendo conto che le attività di cantiere hanno necessità di generare vibrazioni per garantire una buona qualità del prodotto finale.

Ne consegue che una qualunque definizione di limiti di riferimento per questi processi è un'operazione che può costituire una penalità sul risultato finale.

È evidente che il cantiere in sé comporta produzioni di vibrazione in alcuni momenti/lavorazioni, anche utilizzando macchinari marcati CE e le migliori tecniche disponibili.

Ad ogni modo occorre porre in atto i seguenti accorgimenti.

- Per quanto riguarda il disturbo alle persone, è importante rispettare il riposo.
- Nelle ore diurne post-meridiane risulta opportuno evitare le attività che danno luogo a livelli di vibrazione che possono portare al risveglio.
- L'interruzione delle attività nelle ore in cui è opportuno garantire il riposo del vicinato in presenza di asili, case di cura, case di riposo e residenze è una prima misura mitigativa da mettere in atto.
- Nel caso in cui le lavorazioni impattanti non possono essere in orario non interferente con il riposo, è bene agire con adeguata comunicazione preventiva.

Pertanto, prima dell'inizio dei lavori sarà opportuno comunicare in maniera chiara, completa ed efficace la durata delle lavorazioni e i livelli di disturbo attesi così da essere certi che ogni potenziale impattato sia reso cosciente del disturbo.

Le comunicazioni devono anche dare evidenza che le vibrazioni non saranno tali da creare danni permanenti alle strutture.

- Macchinari fissi che generano vibrazioni dovranno essere posizionati lontano dai recettori potenzialmente disturbati.
- Inoltre, l'impresa dovrà avere cura di svolgere ulteriori misure vibrazionali con gli effettivi macchinari all'inizio delle lavorazioni con lo scopo di validare le stime di impatto e assicurare il rispetto dei limiti presso i recettori.

Occorre pertanto prevedere l'utilizzo di strumenti per controllare in tempo reale i livelli e intervenire prontamente in caso di superamento dei limiti.

- In caso di esposti o lamentele dovranno essere inoltre previste misure specifiche aggiuntive.

Per quanto riguarda le componenti impiantistiche, stante i valori dei livelli vibratorii della sorgente di per sé contenuti e già nei limiti normativi e non prevedendo in base alla morfologia dei luoghi ed alle frequenze principali riscontrate effetti di amplificazione significativi, non risultano necessari interventi "specifici".

Si riportano in ogni caso indicazioni di interventi di mitigazione per garantire la minimizzazione degli effetti vibrazionali prodotti dalla sorgente sull'intorno, anche in termini di percezione e non solo di disturbo.

10. Conclusioni

Sulla base dell'analisi svolta (analisi dei luoghi presso e analisi vibrazionale presso i luoghi di attività di cantiere), si ritiene che l'impianto agrivoltico in esame – nelle fasi di cantiere previste per la realizzazione e determini un'immissione di vibrazioni in corrispondenza del recettore, sia in termini di accelerazione sia in termini di velocità, al di sotto dei valori limite indicati per i due parametri fisici dalle due norme tecniche precedentemente richiamate.

A titolo di ulteriore prudenza e nell'ottica di una corretta posa/installazione in opera dei vari componenti impiantistici sono stati indicati all'interno del capitolo 9 del presente documento gli accorgimenti di buona pratica volti a garantire il raggiungimento in opera del risultato di cui al precedente capoverso.

Si rammenta ancora una volta che la conformità dell'intervento è subordinata a tutte le assunzioni precedentemente esplicitate.

In assenza di tale conformità, ovvero in caso di scostamenti dai livelli vibrazionali impiegati nella modellazione, il presente studio decade di validità e non può essere assunto quale garanzia di rispetto dei limiti.

Il Committente, inoltre, si impegna ad effettuare un monitoraggio durante le fasi maggiormente critiche previste nel cronoprogramma delle attività di cantiere e nella situazione post-operam, mediante misure vibrometriche in campo, finalizzate alla effettiva verifica del rispetto dei limiti normativi vigenti presso i ricettori più esposti.

Qualora dalle verifiche strumentali dovessero emergere superamenti dei limiti di legge, il Committente si impegna ad adottare tutte le misure correttive e di mitigazione necessarie al rientro nei valori consentiti.

* * *

Nel caso in cui le condizioni di funzionamento, di orario, di tipologia o morfologia o posizionamento di impianti o di attività svolte vengano modificate, la presente valutazione deve essere necessariamente aggiornata.

Certificato di Taratura*Certificate of Calibration***00268LAT 36051-V**

Pag. 1 di 4

- data di emissione <i>date of issue</i>	2025-07-11
- cliente <i>customer</i>	HACKUSTICA S.R.L. 72019 - SAN VITO DEI NORMANNI (BR)
- destinatario <i>receiver</i>	HACKUSTICA S.R.L. 72019 - SAN VITO DEI NORMANNI (BR)

Si riferisce a*Referring to*

- oggetto <i>item</i>	Misuratore + Accelerometro
- costruttore <i>manufacturer</i>	Svantek + Svantek
- modello <i>model</i>	SV106 + SV84
- matricola <i>serial number</i>	46287 + C8121
- data di ricevimento oggetto <i>date of receipt of item</i>	2025-07-09
- data delle misure <i>date of measurements</i>	2025-07-11
- registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento n. 00268 Calibration che attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI) in conformità ai requisiti della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. L'accreditamento è rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT).

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation n. 00268 Calibration attesting the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI) in compliance with requirements of ISO/IEC 17025. The accreditation is granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla ISO/IEC Guide 98-3 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98-3 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica
(Approving Officer)

.....

Certificato di Taratura

Certificate of Calibration

00268LAT 36051-V

Pag. 2 di 4

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:

- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- una dichiarazione che identifichi in quale modo le misure sono metrologicamente riferibili;
- il luogo di taratura (se effettuata fuori dal Laboratorio);
- le condizioni ambientali e di taratura;
- i risultati delle tarature e la loro incertezza estesa.

In the following, information is reported about:

- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- a statement identifying how the measurements are metrologically traceable;
- site of calibration (if different from Laboratory);
- calibration and environmental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

Il presente Certificato di Taratura viene rilasciato in conformità alle prescrizioni dell'accreditamento concesso da ACCREDIA che ha valutato le capacità di taratura e misura del Laboratorio LAT n. 00268 e la sua riferibilità delle misure al sistema di unità SI o, nel caso questo non sia tecnicamente possibile, ad altri riferimenti accettati a livello internazionale.

Strumenti sottoposti a verifica

Instrumentation under test

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola
Misuratore	Svantek	SV106	46287
Accelerometro	Svantek	SV84	C8121

Procedure tecniche e norme

Technical procedures and standards

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando la procedura di taratura N. PR 25 Rev.3.

Le verifiche effettuate sull'oggetto della taratura sono in accordo con quanto previsto dalla norma ISO 8041:2017 paragrafo 14.

Le tolleranze riportate sono relative alla classe di appartenenza dello strumento come definito nella norma ISO 8041:2017.

Condizioni ambientali durante le misure

Environmental parameters during measurements

Parametro	Di riferimento	Intervallo di validità	All'inizio delle misure	Alla fine delle misure
Temperatura / °C	23	da 18 a 28	24	24
Umidità / %	50	da 0 a 75	40	40
Pressione / hPa	1013	da 800 a 1050	993	993

Nella determinazione dell'incertezza non è stata presa in considerazione la stabilità nel tempo dell'oggetto in taratura.

Certificato di Taratura

Certificate of Calibration

00268LAT 36051-V

Pag. 3 di 4

1. Ispezione preliminare

Durante questa fase vengono eseguiti i controlli preliminari sulla strumentazione in taratura. I risultati di tali controlli sono riportati nella tabella sottostante.

Controllo	Esito
Ispezione visiva iniziale	OK
Integrità meccanica	OK
Integrità funzionale	OK
Equilibrio termico	OK
Alimentazione	OK
Luogo di taratura	SEDE

2. Misurando, modalità e condizioni di misura

Il misurando è l'accelerazione letta sullo strumento in taratura. La taratura è stata eseguita applicando il metodo di confronto con la catena di riferimento.

Impostazioni			
	Asse X	Asse Y	Asse Z
Metodo di fissaggio	colla cianoacrilica	colla cianoacrilica	colla cianoacrilica
Coppia di serraggio	non applicabile	non applicabile	non applicabile
Materiale supporto	acciaio inox	acciaio inox	acciaio inox
Orientamento trasduttore	orizzontale	orizzontale	orizzontale
Temperatura stimata trasduttore	24,1 °C	24,1 °C	24,1 °C
Range	30 m/s ²	30 m/s ²	30 m/s ²
Pesatura in frequenza	Wm	Wm	Wm

3. Sensibilità dell'intera catena

Nella tabella sottostante viene riportato il valore di sensibilità dell'intera catena alla frequenza specificata. Viene specificata sia la sensibilità letta prima della messa in punto sia dopo la messa in punto.

L'incertezza riportata in tabella è uguale a 2,5 % + r % eccedente a 0,5, dove r è il contributo della risoluzione dello strumento in taratura.

Asse	Frequenza / Hz	Sensibilità iniziale / mV/(m/s ²)	Sensibilità finale / mV/(m/s ²)	Ritarato	Incetezza / %
Asse X	16	106	106	no	2,5
Asse Y	16	104	106	si	2,5
Asse Z	16	105	106	si	2,5

Certificato di Taratura

Certificate of Calibration

00268LAT 36051-V

Pag. 4 di 4

4. Risposta dell'intera catena

Le tolleranze riportate sono quelle della norma ISO 8041:2017.

L'incertezza riportata in tabella è uguale a $2,5\% + r\%$ eccedente a 0,5, dove r è il contributo della risoluzione dello strumento in taratura.**Asse X**

Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s ²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s ²	Lettura strumento / m/s ²	Differenza / %	Incetezza / %	Tolleranza norma / %
2	1,0	0,914	0,939	2,7	2,5	+12/-11
8	1,0	0,586	0,592	1,1	2,5	+12/-11
16	0,1	0,034	0,0339	-0,3	2,5	+6/-6
16	1,0	0,336	0,337	0,4	2,5	+6/-6
16	10,0	3,359	3,37	0,3	2,5	+6/-6
63	1,0	0,084	0,0844	1,1	2,5	+12/-11

Asse Y

Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s ²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s ²	Lettura strumento / m/s ²	Differenza / %	Incetezza / %	Tolleranza norma / %
2	1,0	0,927	0,950	2,5	2,5	+12/-11
8	1,0	0,586	0,587	0,2	2,5	+12/-11
16	0,1	0,034	0,0335	-1,2	2,5	+6/-6
16	1,0	0,335	0,333	-0,5	2,5	+6/-6
16	10,0	3,348	3,33	-0,5	2,5	+6/-6
63	1,0	0,083	0,0837	0,4	2,5	+12/-11

Asse Z

Frequenza / Hz	Accelerazione impostata / m/s ²	Accelerazione di riferimento pesata / m/s ²	Lettura strumento / m/s ²	Differenza / %	Incetezza / %	Tolleranza norma / %
2	1,0	0,930	0,962	3,5	2,5	+12/-11
8	1,0	0,589	0,596	1,2	2,5	+12/-11
16	0,1	0,034	0,0340	0,0	2,5	+6/-6
16	1,0	0,336	0,337	0,4	2,5	+6/-6
16	10,0	3,353	3,37	0,5	2,5	+6/-6
63	1,0	0,083	0,0835	0,2	2,5	+12/-11

Fine del certificato
End of certificate