



# REGIONE SICILIANA



COMMITTENTE:		<b>RWE</b>		RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L. via A. Doria, 41/G - 00192 ROMA (RM) P.IVA/C.F. 06400370968 pec: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it	
Titolo del Progetto:					
<b>PARCO EOLICO CONTESSA</b>					
Documento:			N° Documento:		
<b>Studi ambientali, geologici, agronomici ed archeologici</b>			<b>PECO-A-0501</b>		
ID PROGETTO:	PECO	DISCIPLINA:	A	TIPOLOGIA:	R
				FORMATO:	A4
TITOLO:					
<b>Studio Acustico Relazione generale</b>					
FOGLIO:	1 di 40	SCALA:	-	FILE:	PECO-A-0501.pdf
<b>Il Progettista:</b> Ing. Riccardo Cangelosi  			<b>Redattori SIA:</b> Dott.ssa Maria Antonietta Marino Dott. Gualtiero Bellomo Prof. Vittorio Amadio Guidi Ing. Claudio Giannobile Dott. Fabio Interrante Dott. Sebastiano Muratore  VAMIRGEOIND AMBIENTE GEOLOGIA E GEOFISICA s.r.l. Direttore Tecnico Dott.ssa MARINO MARIA ANTONIETTA		
Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	marzo/2021	PRIMA EMISSIONE	IRIDE	VAMIRGEOIND	RWE

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>IMPOSTAZIONE METODOLOGICA</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>QUADRO CONOSCITIVO</b> .....	<b>9</b>
	3.1 <i>INQUADRAMENTO NORMATIVO E DEFINIZIONE DEI LIMITI ACUSTICI DI RIFERIMENTO</i> .....	9
	3.2 <i>INDIVIDUAZIONE DELL'AMBITO DI STUDIO E CENSIMENTO DEI RICETTORI</i> .....	11
	3.3 <i>CARATTERIZZAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO ATTUALE</i> .....	13
	3.3.1 <i>La campagna fonometrica eseguita per la caratterizzazione del rumore allo stato attuale</i> .....	13
	3.3.2 <i>Interazione tra il rumore residuo allo stato attuale e la velocità del vento</i> .....	24
<b>4</b>	<b>CLIMA ACUSTICO NELLA FASE DI ESERCIZIO</b> .....	<b>27</b>
	4.1 <i>LE CARATTERISTICHE EMISSIVE DEGLI AEROGENERATORI</i> .....	27
	4.2. <i>LA MODELLAZIONE ACUSTICA</i> .....	29
	4.2.1 <i>Il software SoundPlan</i> .....	29
	4.2.2. <i>Il metodo di calcolo ISO 9613-2</i> .....	31
	4.2.3 <i>Dati di input al modello</i> .....	32
	4.3 <i>IL RUMORE INDOTTO DAL FUNZIONAMENTO DEL CAMPO EOLICO</i> .....	33

<i>4.4 LA VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ ACUSTICA DEL CAMPO EOLICO</i> .....	34
<b>5 CLIMA ACUSTICO NELLA FASE DI CANTIERE</b> .....	<b>37</b>
<i>5.1 LE ATTIVITÀ DI CANTIERE PREVISTE PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO</i> .....	37
<i>5.2 LA MODELLAZIONE ACUSTICA</i> .....	39
<i>5.3 IL RUMORE INDOTTO DALLE ATTIVITÀ DI CANTIERE</i> .....	40
<i>5.4 LA VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ ACUSTICA DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE</i> .....	40
<b>6 Appendice A</b> .....	<b>42</b>
<b>7 Appendice B</b> .....	<b>44</b>

### **Elaborati grafici**

- PECO-A-0502: curve di isolivello acustico del campo eolico nella fase di funzionamento
- PECO-A-0503: curve di isolivello acustico del campo eolico nella fase di corso d'opera

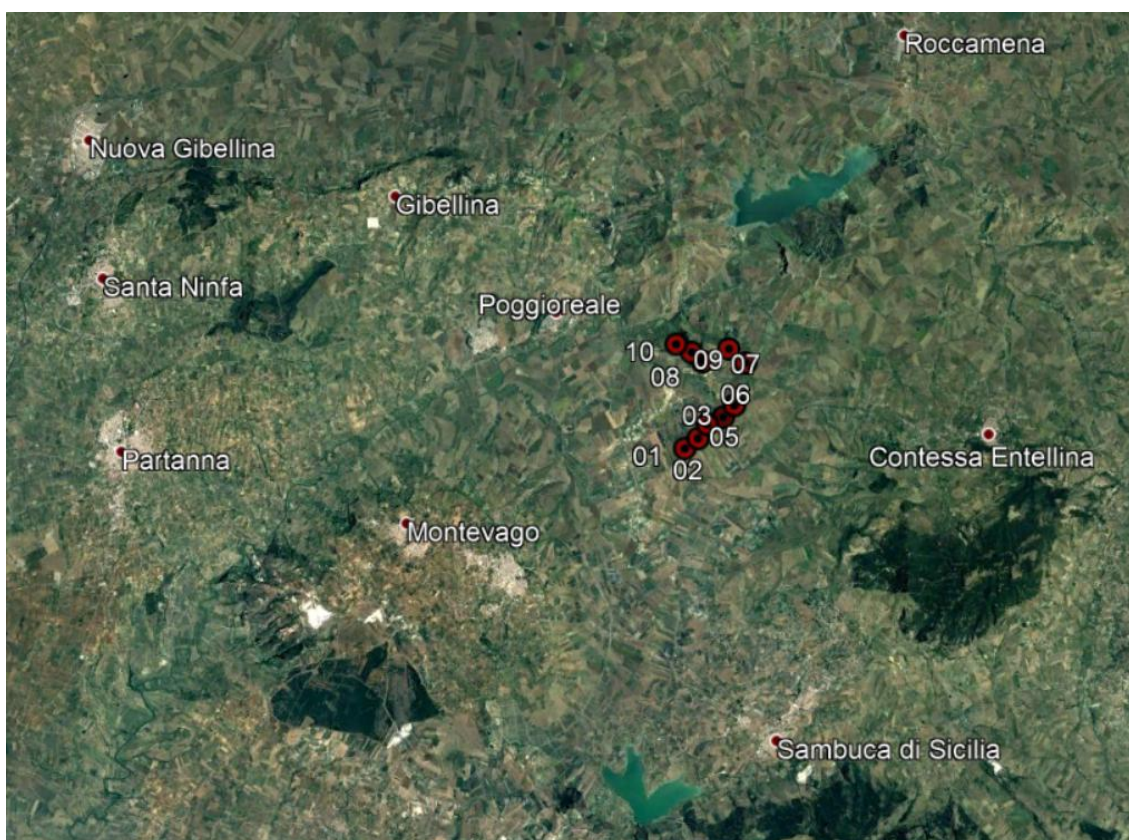
### **Tecnico Competente in Acustica Ambientale**

Ing. Claudio Giannobile – Albo ENTECA n. 7391



## ***1 PREMESSA***

Nel Comune di Contessa Entellina è prevista la realizzazione di un campo eolico costituito da 10 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6 MW. L'impianto è localizzato sul territorio ad ovest del Comune di Contessa Entellina, ovvero a nord della località Fondacazzo in prossimità del confine con il Comune di Poggioreale.



*Figura 1-1 Localizzazione del campo eolico oggetto di studio*

La tipologia di macchina impiegata è di tipo ad asse orizzontale in cui il sostegno, ovvero una torre tubolare con altezza pari a 115 m, porta

alla sua sommità la navicella, al cui lato esterno è collegata un rotore di  
diametro di 170 m.

## ***2 IMPOSTAZIONE METODOLOGICA***

Lo studio acustico ha tenuto conto di tutti gli aspetti connessi necessari sia alla caratterizzazione acustica ambientale attuale del territorio interessato sia alla valutazione della possibile interferenza indotta dal funzionamento degli aerogeneratori previsti e dalle relative attività di cantiere connesse alla loro realizzazione.

Per quanto riguarda la definizione del quadro conoscitivo di riferimento, oltre ad individuare i limiti normativi territoriali di riferimento sulla scorta della normativa nazionale, regionale e comunale di riferimento, è stata predisposta sia una analisi territoriale per l'individuazione dei potenziali ricettori sia una campagna fonometrica per la determinazione del rumore ambientale allo stato attuale. A riguardo è stato definito un ambito di studio all'interno del quale sono stati censiti tutti gli edifici e individuati in particolare quelli a destinazione residenziale. Per ciascun aerogeneratore è stata individuata un'area di potenziale disturbo definita da una circonferenza con raggio pari a 1000 m. L'involuppo di tutte le aree dei 10 aerogeneratori in progetto ha definito l'ambito di studio.

La campagna fonometrica ha avuto inoltre l'obiettivo di valutare, oltre che l'entità del rumore ambientale attuale, anche la sua variazione al variare della velocità del vento. Questo perché nel caso specifico di un campo eolico, il vento è la principale variabile che influenza sia l'emissione sonora della turbina eolica (maggiore è l'intensità del vento, maggiore è la potenza sonora emessa dall'aerogeneratore) e la sua propagazione nell'ambiente, sia l'entità del rumore ambientale naturale in

un territorio, come nel caso specifico, prettamente naturale/agricolo e non antropizzato.

Per la verifica delle potenziali interferenze sul clima acustico attuale indotte dagli aerogeneratori sia nella condizione di funzionamento che temporanea di realizzazione degli stessi, è stato predisposto uno studio modellistico previsionale mediante il software SoundPlan con l’obiettivo di determinare le diverse mappature acustiche al suolo e i livelli puntuali in corrispondenza degli edifici residenziali posti all’interno dell’ambito di studio.

In entrambi i casi la metodologia assunta si basa sulla teoria del “worst case scenario”, ovvero quello di massimo disturbo, in modo che verificato che questo risulti acusticamente compatibile sul territorio ne consegue come tutti gli altri di minor interferenza sono conseguentemente verificati. Per quanto riguarda il funzionamento di una pala eolica questa dipende sia dall’intensità del vento che dalla durata dello stesso durante l’arco della giornata. Il “worst case scenario” è quindi definito considerando il funzionamento di ciascuna pala nella condizione di massima emissione acustica, secondo la configurazione di progetto, in maniera continua e costante sia nel periodo diurno che notturno.

Analogamente per la fase di corso d’opera è stata considerata una condizione di cantiere di massima emissione sulla scorta della tipologia di lavorazioni, del cronoprogramma delle attività e della tipologia e numero di mezzi operativi. Stante la temporaneità delle attività e la diversa localizzazione delle stesse in virtù della posizione dei 10 aerogeneratori, le analisi previsionali di verifica sono state eseguite considerando le posizioni



dei mezzi di cantiere più vicine ai ricettori residenziali all'interno dell'ambito di studio.

I risultati ottenuti dalle suddette modellazioni acustiche sono stati quindi utilizzati per la verifica dei valori limite territoriali in corrispondenza dei ricettori in termini di livelli di emissione, di immissione assoluta e differenziale così come previsto dal quadro normativo di riferimento.

### **3 QUADRO CONOSCITIVO**

#### **3.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E DEFINIZIONE DEI LIMITI ACUSTICI DI RIFERIMENTO**

La Legge Quadro n.447 del 1995, recentemente modificata dal D.Lgs. 42/2017, costituisce il riferimento normativo cardine in materia di inquinamento acustico ambientale. Nello specifico per l'individuazione dei valori limite di riferimento sul territorio per le diverse sorgenti acustiche demanda ai Comuni la determinazione delle classi acustiche e dei relativi livelli limite in termini di emissione e immissione secondo i criteri dettati dalle normative regionali in armonia con il DPCM 14.11.1997.

Con Decreto dell'11 settembre 2007 la Regione Sicilia ha emanato le linee guida per la classificazione in zone acustiche del territorio dei comuni della Regione siciliana. Queste, oltre che contenere le metodiche che i Comuni devono seguire durante la fase di redazione del proprio Piano di classificazione acustica, contengono anche indicazioni riguardo le attività temporanee, tra cui i cantieri, e le modalità di autorizzazione della deroga ai limiti di emissione.

Nel caso di comuni che non hanno ancora individuato la suddivisione in classi acustiche del proprio territorio di competenza, come nel caso specifico il Comune di Contessa Entellina, si fa riferimento a quanto previsto all'art. 6 del DPCM 1 marzo 1991 nel quale vengono individuati dei limiti di accettabilità su tutto il territorio nazionale per le sorgenti sonore fisse. Ne consegue pertanto come i valori di riferimento in  $L_{eq}(A)$

assunti nel presente studio risultino essere pari a 70 dB(A) nel periodo diurno (6:00-22:00) e 60 dB(A) in quello notturno (22:00-6:00). A questi si considerano inoltre i valori di immissione differenziale, ovvero le differenze tra il livello equivalente del rumore ambientale e quello del rumore residuo, fissati a 5 dB(A) nel periodo diurno e 3 dB(A) in quello notturno. A riguardo, il DPCM 14.11.1997 stabilisce che il criterio differenziale non si applica, in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile, se il rumore misurato a finestre aperte è inferiore a 50 dB(A) nel periodo diurno (35 dB(A) nel caso di finestre chiuse) e inferiore a 40 dB(A) nel periodo notturno (25 dB(A) nel caso di finestre chiuse).

Quanto detto fa riferimento alle sorgenti acustiche fisse, ovvero quindi agli aerogeneratori. Per quanto riguarda le attività di cantiere, queste si inquadrano come sorgenti acustiche temporanee soggette, proprio per la temporaneità del loro svolgimento, a possibili deroghe ai limiti di rumorosità da parte del Comune competente. In tal senso le succitate Linee guida regionali disciplinano le attività di cantiere stabilendo orari di lavoro (8:00-19:00, salvo ulteriori restrizioni da parte del Comune), limiti di riferimento (70 dB(A), ovvero 65 dB(A) all'interno delle abitazioni), e le modalità di richiesta della deroga a seconda della complessità del caso.

### **3.2 INDIVIDUAZIONE DELL'AMBITO DI STUDIO E CENSIMENTO DEI RICETTORI**

Come ambito di studio si intende la porzione di territorio che si ritiene potenzialmente interferita dalle opere in progetto nelle loro modalità di funzionamento e realizzazione. Appare evidente come pertanto la definizione di tale area sia correlata alla tipologia di sorgente acustica oggetto di studio.

Da un punto di vista acustico un aerogeneratore è una sorgente sonora caratterizzata da una emissione principalmente concentrata alle basse frequenze e quindi potenzialmente percepibile anche ad elevate distanze dalla pala stessa in virtù della maggior lunghezza d'onda che caratterizza una bassa frequenza rispetto ad una alta. Per tener conto di questo fenomeno per ciascun aerogeneratore è stata definita un'area di potenziale interferenza acustica delimitata da una circonferenza di centro il singolo aerogeneratore e raggio pari a 1000 m.

L'ambito di studio complessivo del parco eolico in studio è definito dall'involuppo delle 10 singole aree, ciascuna definita per ogni aerogeneratore secondo il suddetto criterio.

Considerando tale area come riferimento per le successive analisi acustiche, è stato effettuato un censimento degli edifici individuando la destinazione d'uso con particolare riferimento a quella residenziale in quanto certamente oggetto di un potenziale maggior disturbo vista l'operatività del parco eolico in continuo, e quindi anche nel periodo notturno più sensibile.

Il territorio che ricade all'interno dell'ambito di studio è prettamente naturale, poco antropizzato, con alcune aree a destinazione agricola. Sono stati identificati 12 ricettori principalmente a destinazione agricola e, in alcuni casi, in stato di abbandono. Questi sono codificati negli elaborati grafici con il codice Rxx. Di questi sono stati identificati all'interno dell'ambito di studio i ricettori R02 e R05 come a destinazione parzialmente residenziale. Gli stessi infatti sono costituiti da una più edifici a destinazione sia residenziale che agricola. Di seguito si riporta per i suddetti ricettori lo stralcio planimetrico e ortofoto evidenziando l'edificio considerato come residenziale nelle successive analisi di studio.



*Figura 3-1 Ricettore R02: individuazione edificio a destinazione residenziale*



*Figura 3-2 Ricettore R05: individuazione edificio a destinazione residenziale*

Entrambi sono caratterizzati da una altezza di 2 piani.

### **3.3 CARATTERIZZAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO ATTUALE**

#### ***3.3.1. La campagna fonometrica eseguita per la caratterizzazione del rumore allo stato attuale***

Per la caratterizzazione del clima acustico allo stato attuale è stata effettuata una campagna fonometrica per il rilevamento dell'attuale rumore ambientale del territorio. Nello specifico sono state considerate due postazioni differenti per le quali sono state eseguite campionamenti di breve durata durante sia il periodo diurno che notturno.

Le misure sono state eseguite secondo le modalità previste dal DM 18.03.1998, ovvero con fonometro di classe I con certificato di taratura valido, calibrazione ante e post misura e in assenza di pioggia e nebbia. Per quanto riguarda le condizioni di vento, seppur il DM indica un valore massimo di 5 m/s, nel caso specifico le misure sono finalizzate alla determinazione del rumore di fondo attuale e della sua variabilità con il vento.

Nello specifico la strumentazione utilizzata è stata:

- ✓ Fonometro integratore e analizzatore in frequenza 01dB Fusion s/n 12345 con certificato di taratura del produttore 01dB emesso in data 22 novembre 2019 (vedi appendice A);

- ✓ Calibratore del livello sonoro 01dB Cal01 s/n 867464 con certificato di taratura emesso dal produttore 01dB il 18 dicembre 2018 (vedi appendice A);
- ✓ Treppiedi ed accessori di completamento;
- ✓ Sistema di analisi con software 01dB dBTrait.

Le misure sono state eseguite nella giornata del 25 settembre 2020 nelle due postazioni individuate in figura seguente RUM\_1 e RUM\_2. Per ciascun punto è stato effettuato un campionamento di breve durata del livello acustico equivalente con tempo di integrazione pari a 100 ms, articolato in 4 misure nel periodo diurno e 1 in quello notturno. Questo ha permesso di stabilire i valori in  $Leq(A)$  rappresentativi del rumore ambientale allo stato attuale e, quindi, l'entità del rumore residuo da considerare nelle analisi previsionali per la verifica del criterio differenziale.





*Figura 3-3 Localizzazione dei punti di misura RUM\_1 e RUM\_2 rispetto al campo eolico di progetto*



**RUM\_1**



**RUM\_2**



*Figura 3-4 Posizione del fonometro nelle due postazioni di misura RUM\_1 e RUM\_2*

Entrambi i punti sono localizzati in un contesto territoriale simile poco antropizzato e prettamente rurale/agricolo. Il punto RUM\_1 è posizionato a fondo valle nel territorio compreso tra i due gruppi di aerogeneratori costituenti il parco eolico (320 m slm). Altresì il punto RUM\_2 è posizionato in cima alla collina e in una condizione di maggior esposizione al vento (450 m slm ca.).

Tale scelta deriva dalle finalità delle misure fonometriche e dall'utilizzo dei dati acustici che ne derivano. Oltre alla caratterizzazione dello stato dei luoghi, le misure hanno come obiettivo quello di definire i valori di  $Leq(A)$  nel periodo diurno e notturno rappresentativi del territorio interferito dalle opere in progetto per la verifica della compatibilità acustica del parco eolico attraverso la verifica dei valori di immissione assoluta e differenziale.

Tuttavia, come maggiormente dettagliato nei paragrafi successivi, il vento è il principale elemento esterno che condiziona sia la potenza sonora emissiva della turbina eolica e, quindi, il rumore indotto al terreno, sia il rumore naturale di fondo, ovvero il rumore residuo nella fase post operam.

La giornata in cui sono state eseguite le misure è stata caratterizzata da una condizione meteo di vento sostenuto (7-8 m/s). Tralasciando in questa sede quanto previsto dal DM 16.03.1998 circa i limiti di intensità di vento durante le indagini fonometriche, viste la necessità di dover caratterizzare il rumore ambientale naturale di fondo nelle diverse condizioni anemometriche, sono stati individuate due postazioni, in virtù dell'omogeneità del territorio e dell'assenza di particolari sorgenti

antropiche, di cui una a fondo valle in un'area più protetta dal vento (intensità 2-3 m/s), l'altra invece in cima alla collina nella quale l'intensità anemometrica ha raggiunto valori più alti (8-9 m/s circa).

Attraverso l'interpolazione dei dati acustici, come dettagliato nel paragrafo successivo si è determinata la funzione di correlazione tra velocità del vento e livello acustico del fondo naturale del territorio.

Di seguito si riportano i valori acustici rilevati per ciascuna misura rispetto al valore medio del periodo di misura del Leq(A), del valore massimo e minimo (Lmax e Lmin) e dei valori percentili.

<b>Punto di misura: RUM_1</b>										
<b>Misura</b>	<b>Orario</b>	<b>Leq</b>	<b>Lmin</b>	<b>Lmax</b>	<b>L99</b>	<b>L95</b>	<b>L90</b>	<b>L50</b>	<b>L10</b>	<b>L5</b>
1	9:30-9:40	42,8	35,7	60,5	36,2	36,8	37,3	41,2	45,6	46,4
2	12:30-12:40	43,9	34,4	57,1	36	37,7	38,9	41,8	46,5	48,2
3	14:10-14:20	42,9	36,2	55,4	36,9	37,7	38,4	42,2	44,9	46,2
4	16:15-16:25	43,3	31,5	56,7	32	33,9	34,5	40,5	47,3	48,4
5	18:10-18:20	44,6	33,6	65,7	34,3	35,4	36	39,7	44,2	46,2
6	22:10-22:20	39,8	34,7	49,5	35,2	36,6	37,2	39,2	41,7	42,4

*Tabella 3-1 Livelli acustici rilevati per il punto RUM\_1 nelle 6 misure eseguite*

<b>Punto di misura: RUM_2</b>										
<b>Misura</b>	<b>Orario</b>	<b>Leq</b>	<b>Lmin</b>	<b>Lmax</b>	<b>L99</b>	<b>L95</b>	<b>L90</b>	<b>L50</b>	<b>L10</b>	<b>L5</b>
1	9:50-10:00	53,7	39,5	71,0	42,1	44,3	45,8	50,7	56,6	58,9
2	13:00-13:10	56,4	47,4	74,3	48,4	49,4	50,2	53,8	59,5	61,1
3	14:45-14:55	56,8	47,1	77,8	47,6	48,1	48,6	52,6	60,0	62,4
4	15:40-15:50	55,0	43,4	72,9	45,7	47,0	48,1	52,0	57,6	60,0
5	18:30-18:40	53,8	40,8	67,4	41,7	44,1	45,2	51,5	57,1	58,8
6	22:25-22:35	46,8	33,8	60,4	34,7	37,1	38,2	44,5	50,1	51,8

*Tabella 3-2 Livelli acustici rilevati per il punto RUM\_2 nelle 6 misure eseguite*

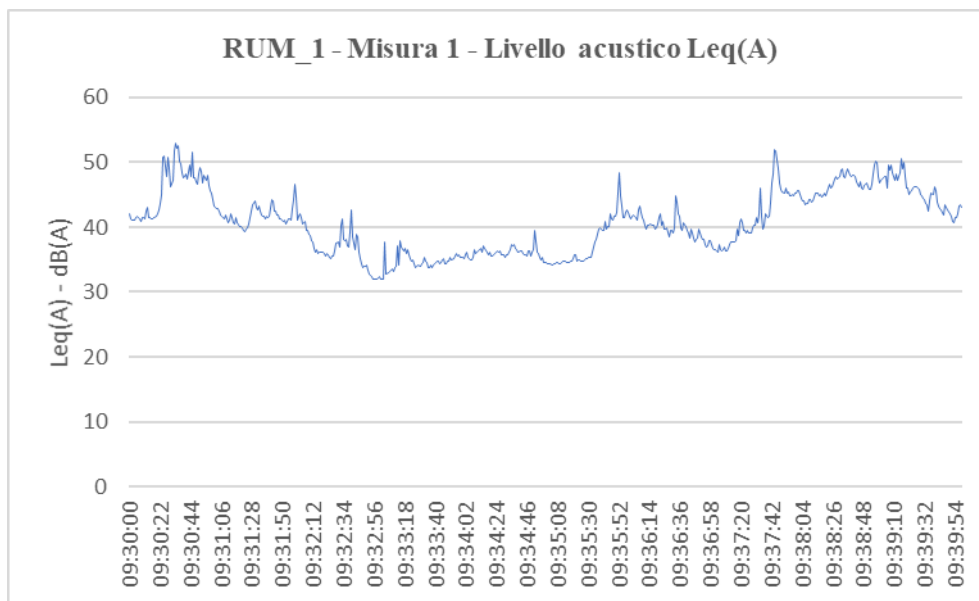


Figura 3-5 Punto di misura RUM\_1: misura 1 (periodo diurno)

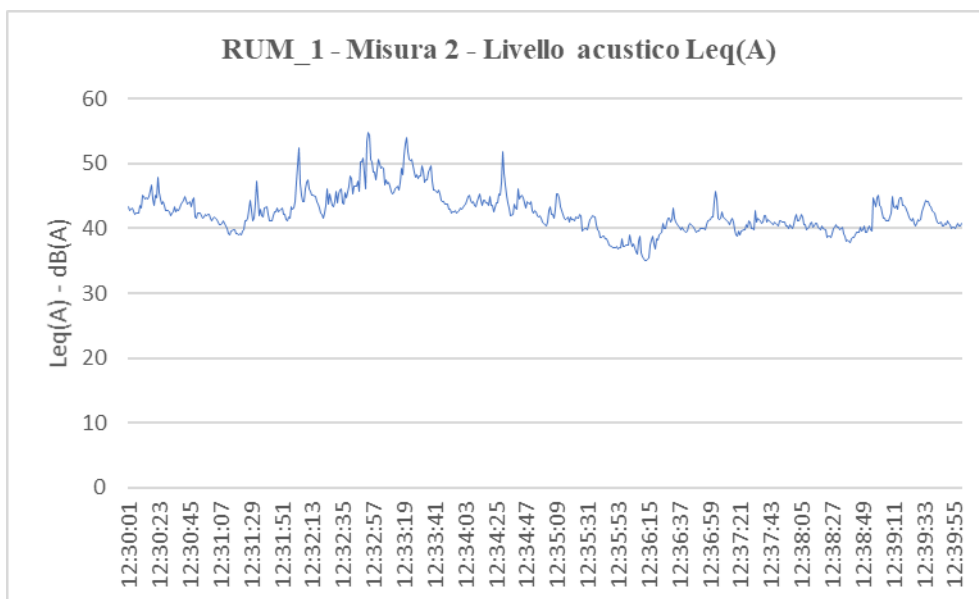


Figura 3-6 Punto di misura RUM\_1: misura 2 (periodo diurno)

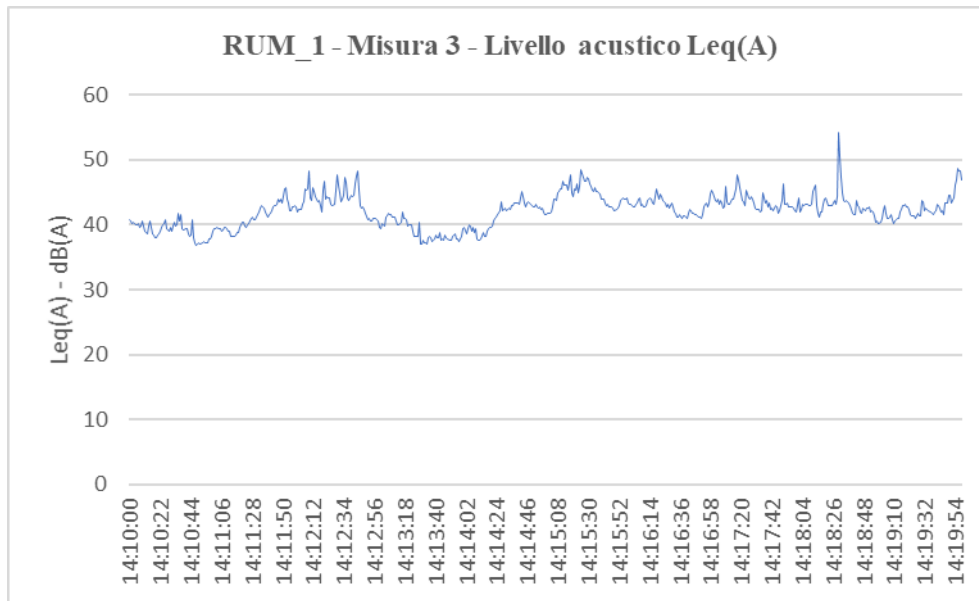


Figura 3-7 Punto di misura RUM\_1: misura 3 (periodo diurno)

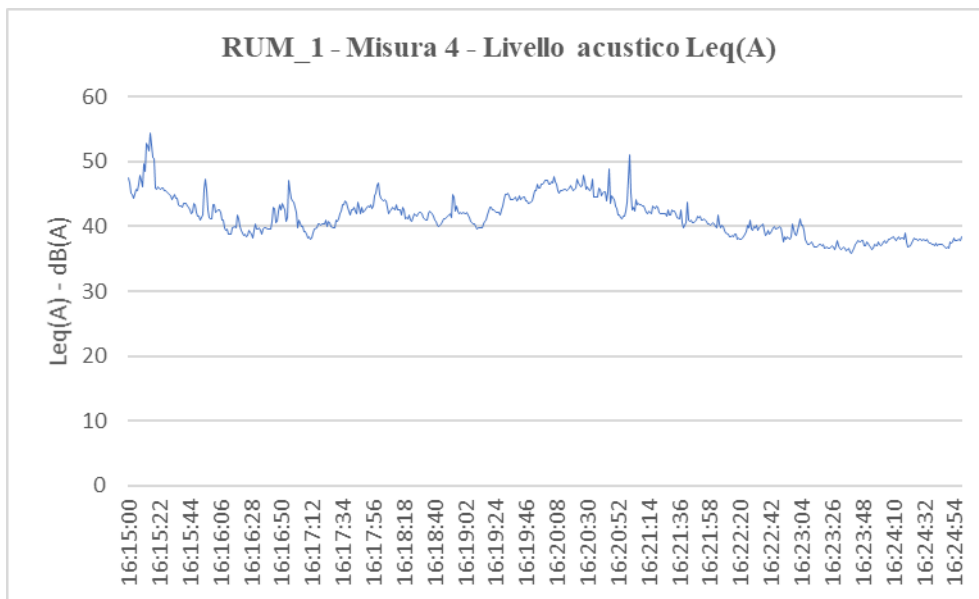


Figura 3-8 Punto di misura RUM\_1: misura 4 (periodo diurno)

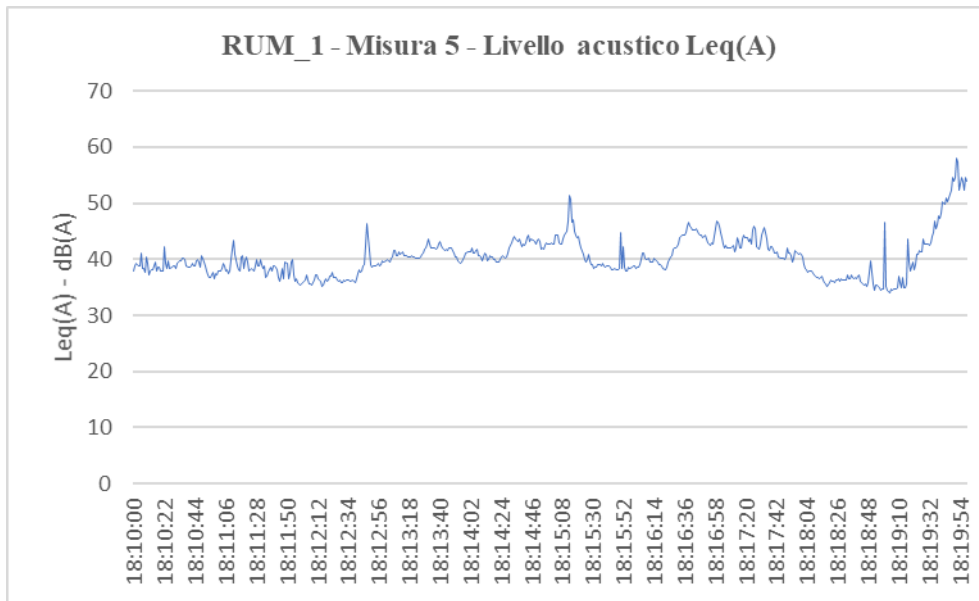


Figura 3-9 Punto di misura RUM\_1: misura 5 (periodo diurno)

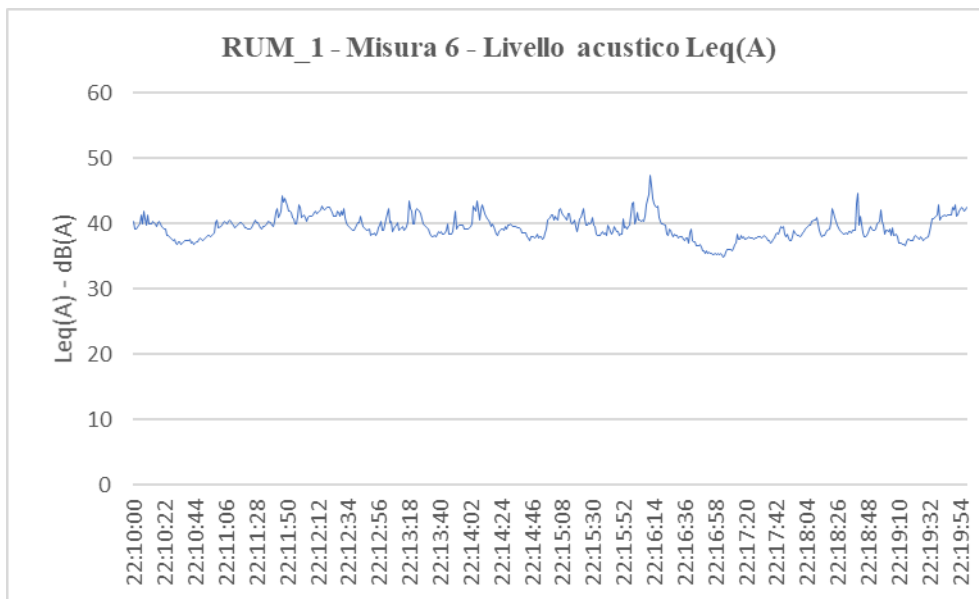


Figura 3-10 Punto di misura RUM\_1: misura 6 (periodo notturno)

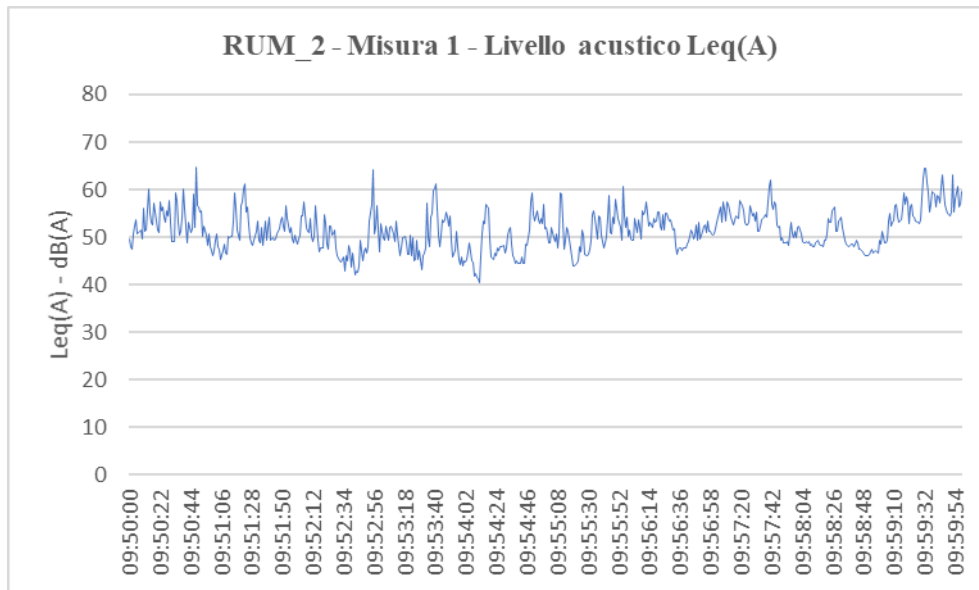


Figura 3-11 Punto di misura RUM\_2: misura 1 (periodo diurno)

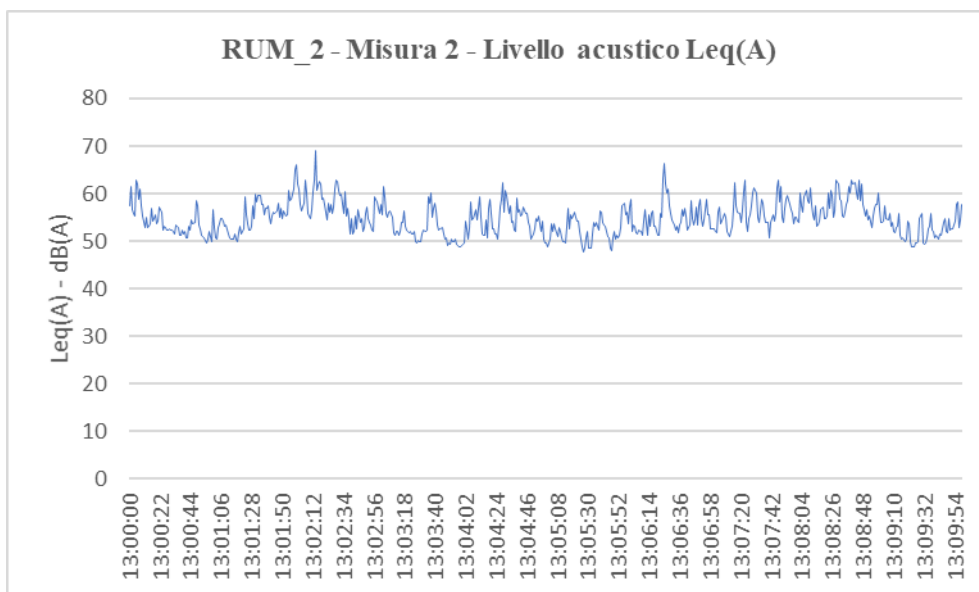


Figura 3-12 Punto di misura RUM\_2: misura 2 (periodo diurno)

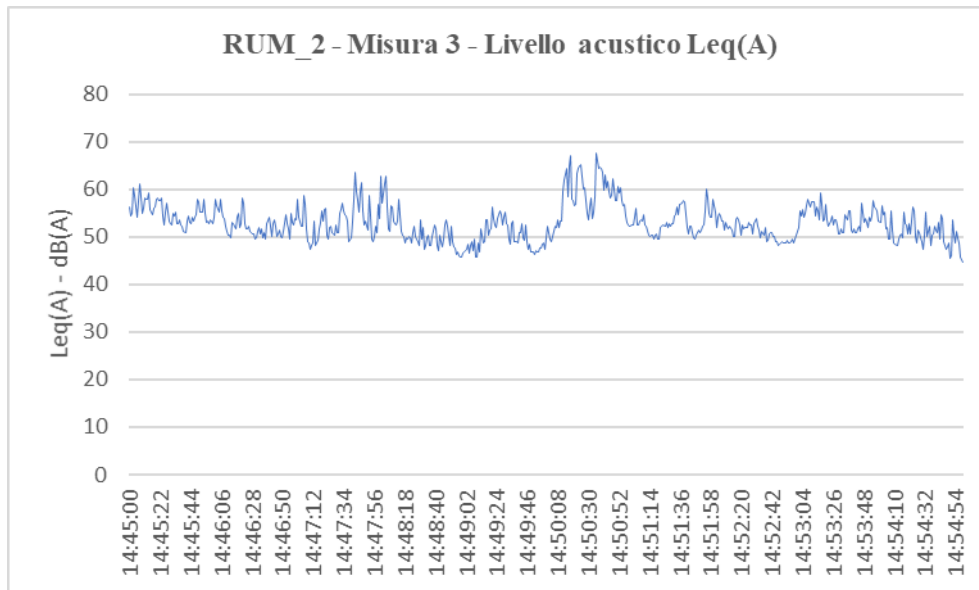


Figura 3-13 Punto di misura RUM\_2: misura 3 (periodo diurno)

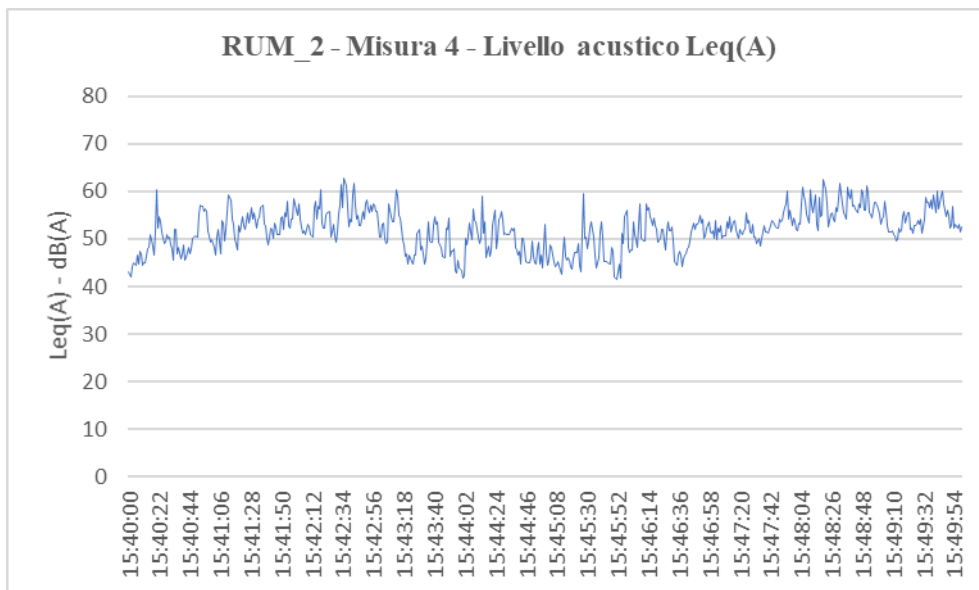


Figura 3-14 Punto di misura RUM\_2: misura 4 (periodo diurno)

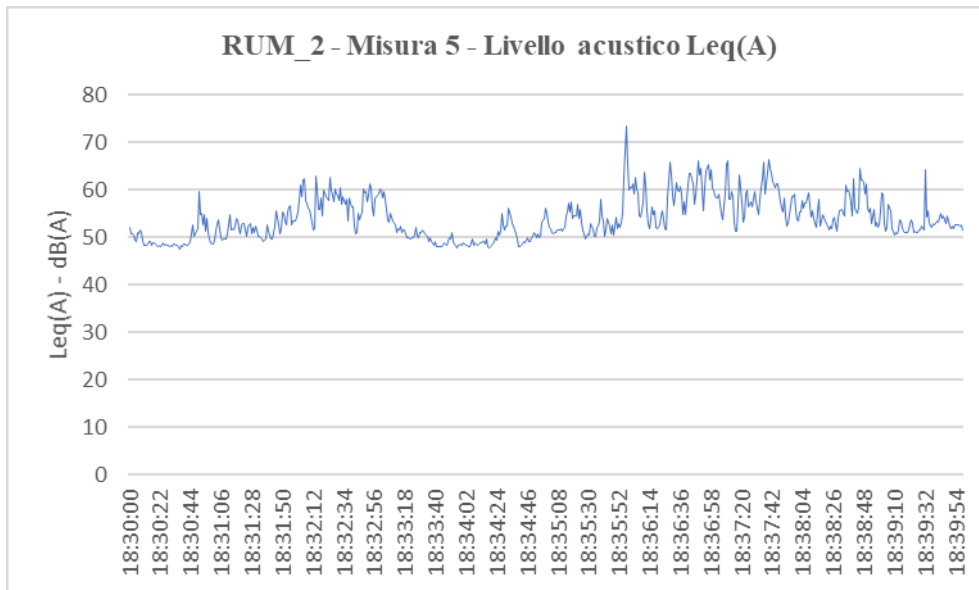


Figura 3-15 Punto di misura RUM\_2: misura 5 (periodo diurno)

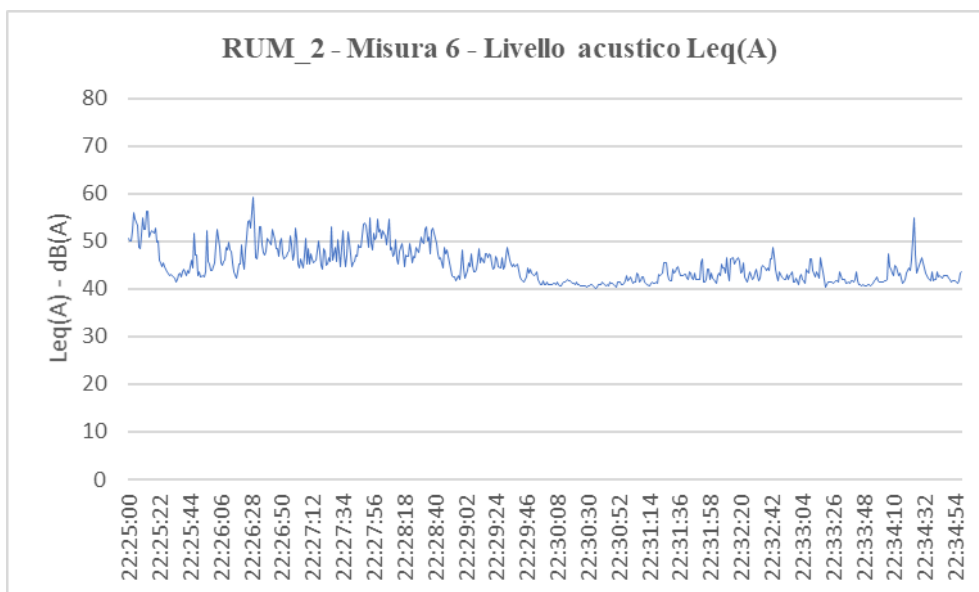


Figura 3-16 Punto di misura RUM\_2: misura 6 (periodo notturno)

In sintesi i valori determinati sulla base dei campionamenti fonometrici eseguiti hanno evidenziato la seguente condizione sul territorio.



<b>Punto di misura</b>	<b>Periodo diurno</b>	<b>Periodo notturno</b>
RUM_1	43,6	39,8
RUM_2	55,3	46,8

*Tabella 3-3 Sintesi dei valori in  $Leq(A)$  rilevati nei due punti nel periodo diurno e notturno*

### ***3.3.2 Interazione tra il rumore residuo allo stato attuale e la velocità del vento***

Il rumore residuo è come definito dalla normativa il contributo acustico indotto da tutte le sorgenti sonore presenti nel territorio ad eccezione di quella oggetto di studio e verifica. Nel caso in studio, essendo il parco eolico di nuova realizzazione, risulta evidente come il rumore residuo sia di fatto definito dal rumore ambientale allo stato attuale e, quindi, quello determinato sulla scorta dei suddetti rilievi fonometrici.

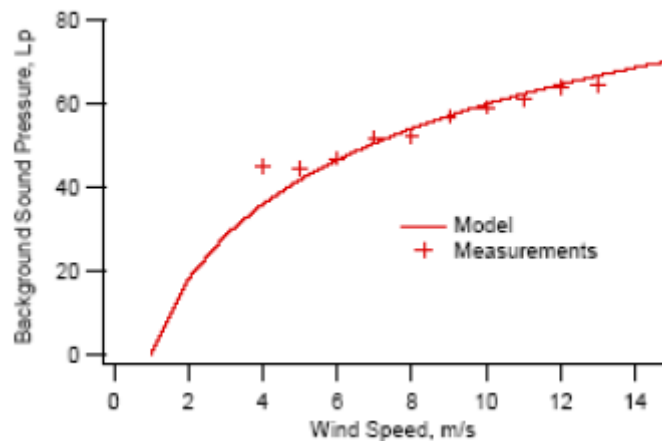
In linea generale il rumore ambientale allo stato attuale è indotto sia da fonti naturali, ovvero dall'interazione con il vento con l'orografia, la vegetazione e le costruzioni, sia da fonti antropiche ovvero dal quadro complessivo delle attività umane (traffico, industrie, agricoltura, etc.).

Vista la peculiarità della sorgente acustica oggetto di indagine, e di come la sua emissione acustica dipenda dall'intensità del vento, in tale sede si vuole dare evidenza di come anche il rumore di fondo (o residuo) naturale sia funzione delle condizioni anemometriche oltre che del contesto naturale del territorio.

Per poter determinare quindi come la sorgente eolica interferisca sul territorio nelle diverse condizioni anemometriche occorre valutare anche la variazione del rumore di fondo secondo la velocità del vento. Nel caso

specifico in esame il territorio interessato dal parco eolico ha una denotazione prettamente naturale con la presenza di alcune attività antropiche di tipo agricolo. Il rumore di fondo è quindi prettamente connesso alla naturalità dei luoghi e alla sua variazione con l'intensità anemometrica. Studi scientifici [Fégeant, 1999] a riguardo hanno evidenziato una correlazione tra la velocità del vento e il livello acustico misurato del rumore di fondo secondo la seguente formula:

$$L_{A,eq} \propto \log_{10}(U)$$



Le misure eseguite sul campo hanno permesso di valutare la correlazione tra intensità di vento e  $L_{eq}(A)$  del rumore ambientale naturale di fondo. Questo perché i due punti scelti RUM\_1 e RUM\_2 ricadono in un territorio omogeneo a carattere prettamente rurale/agricolo in assenza di sorgenti antropiche specifiche (traffico stradale, impianti industriali, etc.) che possano influenzare il livello acustico misurato. Tuttavia i due punti sono posizionati ad una diversa altezza rispetto al livello del mare ed esposti ad una differente condizione anemometrica.

Il punto RUM\_1 è posizionato a fondo valle, in un'area maggiormente protetta dal vento e con una intensità di circa 2-3 m/s durante l'arco temporale di misura (320 m slm ca.). Al contrario il punto RUM\_2 è posizionato sulla cima della collina, laddove verranno realizzate le turbine eoliche, e quindi in una condizione di maggior spazio aperto e di maggior vento (450 m slm ca.). Durante l'arco temporale di misura l'intensità del vento ha avuto una intensità maggiore con una media di circa 8-9 m/s.

Dalla correlazione dei dati di vento e rumore è stata individuata la correlazione tra i due parametri. Questa è stata stimata differenziando il periodo diurno e notturno.

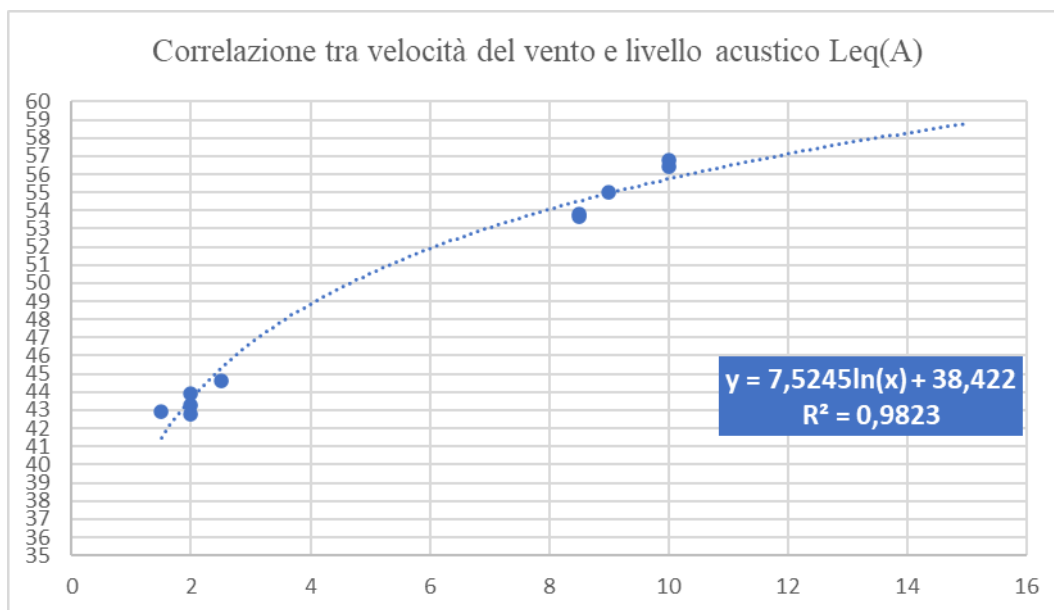


Figura 3-17 Correlazione tra velocità del vento e livello acustico Leq(A) del rumore naturale di fondo (rumore residuo post operam) sulla base dei dati fonometrici rilevati

#### ***4. CLIMA ACUSTICO NELLA FASE DI ESERCIZIO***

##### **4.1 LE CARATTERISTICHE EMISSIVE DEGLI AEROGENERATORI**

Il campo eolico è costituito da 10 aerogeneratori di potenza unitaria di 6 MW, ciascuno dei quali caratterizzato da una altezza del mozzo di 115 m e un diametro del rotore di 170 m.

Da un punto di vista acustico una turbina eolica genera rumore sia per fenomeni aerodinamici dovuti all'interazione tra il vento e le pale sia per fenomeni meccanici dovuti al movimento dei diversi componenti all'interno della gondola. Il rumore aerodinamico a banda larga rappresenta la componente emissiva principale ed è connesso ai fenomeni di flusso intorno alle pale e alla velocità del rotore stesso, ovvero:

- ⇒ perdita di portanza per effetto della separazione del flusso intorno alla pala (presenza della torre sottovento, cambi di intensità anemometrica, turbolenze di scia, etc.);
- ⇒ presenza di turbolenze atmosferiche che inducono variazioni della pressione intorno alla pala;
- ⇒ accoppiamento aria-pala, ovvero dalla corrente di aria lungo le superfici del profilo alare.

Il rumore aerodinamico è un rumore di natura a banda larga tipicamente concentrato alle basse frequenze.

Il rumore di origine meccanica è connesso invece ai diversi componenti e alla loro interazione dinamica durante il funzionamento delle

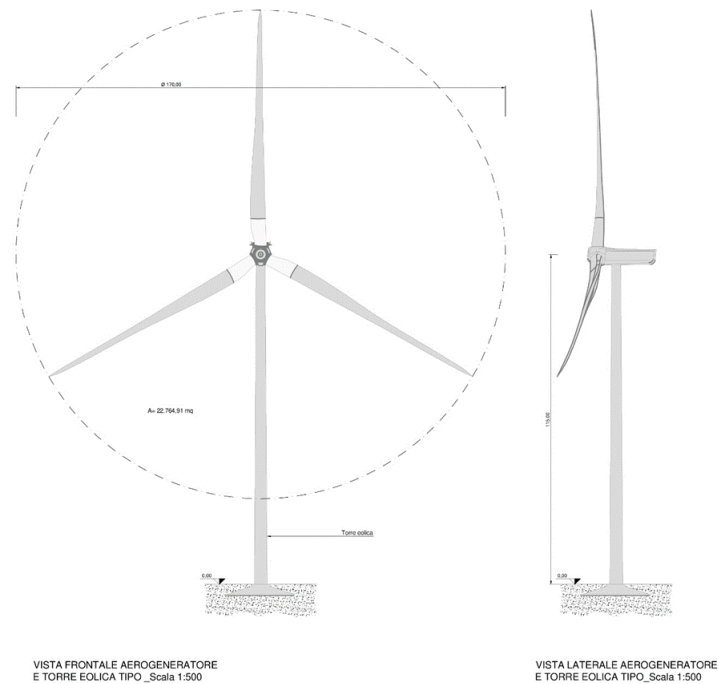
pale eoliche, ovvero generatore, ventilatori, moltiplicatore di giri, etc. Il rumore prodotto, di tipo tonale essendo le sorgenti connesse alla rotazione di componenti meccanici, si propaga direttamente nell'aria o attraverso la trasmissione strutturale a seconda della localizzazione dello specifico componente.

Per quanto riguarda le caratteristiche emissive dell'aerogeneratore si è fatto riferimento a quanto previsto ai dati forniti dal costruttore e determinati sulla scorta della normativa CEI EN 61400-11 che costituisce un riferimento per stabilire le tecniche di misura e di analisi delle emissioni acustiche delle turbine eoliche. Come detto in precedenza la potenza sonora emissiva di una turbina eolica dipende dalle condizioni di velocità del vento: maggiore è l'intensità anemometrica più elevata è l'energia sonora emessa. L'impostazione metodologica alla base del presente studio acustico è quella di valutare la condizione di massima interferenza, il cosiddetto "worst case scenario, ovvero quello caratterizzato da una condizione di potenza sonora emissiva maggiore. Nel caso specifico tale condizione viene raggiunta già ad una velocità del vento di 9 m/s con un livello di potenza sonora  $L_w$  pari a 105,5 dB(A). Oltre tale velocità e fino a quella di "cut-out" la potenza sonora si mantiene costante.

Le principali caratteristiche degli aerogeneratori costituenti il parco eolico oggetto di studio sono:

- ❖ altezza mozzo: 115 m;
- ❖ dimensioni pale: 85 m;
- ❖ diametro rotore: 170 m;
- ❖ potenza nominale: 6 MW;

- ❖ livello di potenza sonora (massima emissione alla minima velocità di vento): 105,5 dB(A) ad una velocità del vento di 9 m/s



*Figura 0-1 Vista aerogeneratore*

## 4.2. LA MODELLAZIONE ACUSTICA

### 4.2.1 Il software *SoundPlan*

L'analisi modellistica previsionale è stata sviluppata attraverso il software di calcolo SoundPlan 8.1, sviluppato dalla Braunstein & Berndt GmbH sulla base di norme e standard definiti dalle ISO e da altri standards utilizzati localmente.

La peculiarità del modello SoundPLAN si basa sul metodo di calcolo per “raggi”. Il sistema di calcolo fa dipartire dal ricevitore una serie di

raggi ciascuno dei quali analizza la geometria della sorgente e quella del territorio, le riflessioni e la presenza di schermi. Studiando il metodo con maggior dettaglio si vede che ad ogni raggio che parte dal ricettore viene associata un porzione di territorio e così, via via, viene coperto l'intero territorio.

Quando un raggio incontra la sorgente, il modello calcola automaticamente il livello prodotto della parte intercettata. I contributi forniti dai diversi raggi vengono evidenziati nei diagrammi di output. In tali schematizzazioni la lunghezza dei raggi è proporzionale al contributo in rumore fornito da quella direzione. Quando invece un raggio incontra una superficie riflettente come la facciata di un edificio, il modello calcola le riflessioni multiple.

A tal proposito l'operatore può stabilire il numero di riflessioni massimo che deve essere calcolato ovvero la soglia di attenuazione al di sotto della quale il calcolo deve essere interrotto. Questa metodologia di calcolo consente quindi una particolare accuratezza nella valutazione della geometria del sito e risulta quindi molto preciso ed efficace in campo urbano, dove l'elevata densità di edifici, specie se di altezza elevata, genera riflessioni multiple che producono un innalzamento dei livelli sonori.

La possibilità di inserire i dati sulla morfologia dei territori, sui ricettori e sulle infrastrutture esistenti ed in progetto mediante cartografia tridimensionale consente di schematizzare i luoghi in maniera più che mai realistica e dettagliata. Ciò a maggior ragione se si considera che, oltre alla conformazione morfologica, è possibile associare ad elementi naturali e antropici specifici comportamenti acustici. Il modello prevede infatti l'inserimento di appositi coefficienti che tengono conto delle caratteristiche

più o meno riflettenti delle facciate dei fabbricati o del territorio naturale o antropizzato.

#### ***4.2.2. Il metodo di calcolo ISO 9613-2***

Per la valutazione della propagazione acustica nell'ambiente il metodo di calcolo assunto è quello dello standard ISO 9613-2 indicato come metodo per le attività produttive e industriali. Tale metodica viene utilizzata per stimare i livelli di pressione sonora ad una determinata distanza dal punto di emissione basandosi su algoritmi di propagazione che dipendono dalla frequenza e tengono conto degli effetti di:

- Divergenza geometrica;
- Riflessione delle superfici;
- Assorbimento atmosferico;
- Effetto di schermatura del terreno e degli ostacoli;
- Terreno complesso;
- Attenuazione laterale dovuta all'effetto del terreno;
- Direttività della sorgente;
- Attenuazione dovuta alla vegetazione;
- Attenuazione dovuta alle condizioni meteorologiche.

Come indicato da ISPRA nelle “Linee guida per la valutazione e il monitoraggio dell'impatto acustico degli impianti eolici“, nel caso di una modellazione acustica di aerogeneratori occorre tener conto di una serie di fattori connessi ai dati emissivi delle turbine fornite dai costruttori sulla norma CEI EN 61400-11, all'altezza e dimensioni del rotore e alle condizioni meteorologiche che influenzano la propagazione del suono a grandi distanze.



Riguardo il primo aspetto, essendo l'impianto di nuova realizzazione ed inserito in un contesto territoriale attualmente privo di altre sorgenti analoghe (nuovo parco eolico e non estensione di uno attuale), si è scelto di considerare il valore del livello di potenza sonora massimo tra quelli forniti dal costruttore e stimati secondo la norma CEI EN 61400-11. Per tener conto degli effetti meteorologici nella propagazione del rumore sono stati inseriti i principali valori medi annui relativi ad umidità, temperatura, pressione atmosferica e la rosa dei venti secondo i dati meteorologici annuali.

#### ***4.2.3 Dati di input al modello***

L'applicazione del modello previsionale SoundPlan ha richiesto l'inserimento dei dati riguardanti i seguenti aspetti:

1. Orografia per la costruzione tridimensionale della morfologia del terreno;
2. Edifici;
3. Layout del parco eolico definendo per ciascun aerogeneratore i parametri dimensionali (altezza mozzo, diametro rotore);
4. Caratteristiche emissive degli aerogeneratori (Livello di potenza sonora singola turbina eolica pari a 105,5 dB(A)) modellate in SoundPlan con lo specifico strumento "turbina eolica";
5. Dati meteorologici per il calcolo della propagazione del rumore nell'ambiente.

Lo standard di calcolo è come detto quella della UNI 9613-2 impostando una griglia 5x5 m e un ordine di riflessione pari a 3.

### 4.3 IL RUMORE INDOTTO DAL FUNZIONAMENTO DEL CAMPO EOLICO

Il risultato dello studio previsionale con il software Soundplan consiste sia nella mappatura acustica al suolo calcolata a 4 metri dal piano campagna e all'interno dell'intero ambito di studio sia nei valori di Leq(A) puntuali in corrispondenza degli edifici residenziali dei ricettori R02 e R05 sulla facciata più esposta al rumore del campo eolico.

Nell'elaborato grafico T01 è riportata la mappatura acustica in termini di Leq(A). Le curve sono rappresentate con passo di 1 dB fino al valore dei 40 dB(A). Essendo assunta costante la potenza sonora emissiva delle turbine eoliche sia nel periodo diurno che notturno il risultato in Leq(A) risulta uguale per i due periodi di riferimento previsti dalla normativa. Il risultato rappresentato nell'elaborato grafico è da ritenersi quindi rappresentativo sia del periodo diurno (6:00-22:00) che notturno (22:00-6:00) nella condizione di massima emissione del campo eolico.

Per quanto concerne i due edifici residenziali considerati (ricettori R2 e R5), sono stati calcolati i valori acustici ad 1 metro della facciata. Di seguito si riportano i valori rappresentativi del livello massimo stimato sulla facciata più esposta.

<b>Ricettore</b>	<b>Piano</b>	<b>Facciata</b>	<b>LeqD (6:00-22:00)</b>	<b>LeqN (22:00-6:00)</b>
R03	1	Nord	44,6	44,6
	2		45,8	45,8

R05	1	Ovest	42,1	42,1
	2		42,1	42,1

*Tabella 0-1 Valori del  $Leq(A)$  calcolati in corrispondenza degli edifici residenziali dei ricettori  
R03 e R05*

#### **4.4 LA VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ ACUSTICA DEL CAMPO EOLICO**

Per quanto concerne la verifica della compatibilità acustica del campo eolico, la normativa in materia di inquinamento acustico prevede la verifica dei limiti di immissione assoluta e differenziale.

Per quanto concerne i limiti di immissione assoluti, nel caso specifico questi sono fissati dal DPCM 1 marzo 1991 non essendo il Comune di Contessa Entellina dotato di Piano Comunale di Classificazione Acustica del territorio ai sensi della L.447/95. Tali valori come noto sono fissati essere pari a 70 dB(A) nel periodo diurno e 60 dB(A) nel periodo notturno.

Per quanto concerne invece i valori limite di immissione differenziale questi sono fissati pari a 5 dB(A) nel periodo diurno e 3 dB(A) in quello notturno.

La verifica della compatibilità acustica del campo eolico tiene conto delle seguenti ipotesi:

- 1) Condizione di massima emissione di ciascun aerogeneratore ad una velocità del vento di 8 m/s (valore minimo del vento al quale la potenza sonora della turbina eolica raggiunge il valore massimo) in funzionamento continuo nelle 24 ore;

- 2) Rumore residuo rappresentativo del territorio considerando una condizione meteorologica (velocità vento) omogenea a quella assunta per la stima emissiva del campo eolico (8 m/s);
- 3) Limiti di immissione assoluta secondo il DPCM 1.3.1991 data l'assenza del PCCA del Comune di Contessa Entellina;
- 4) Verifica del limite di immissione differenziale sulla base dei valori acustici in facciata all'esterno (ipotesi cautelativa in quanto non viene considerato il potere fonoisolante della struttura e quindi una riduzione dei valori di Leq(A) all'interno dell'ambiente abitativo).

Ricettore	Cod.	R03		R05	
	Piano	1	2	1	2
Rumore campo eolico (vento 8 m/s) (A)	LeqD	44,6	45,8	42,1	42,1
	LeqN	44,6	45,8	42,1	42,1
Rumore residuo (vento 8 m/s) (B)	LeqD	54,0		54,0	
	LeqN	48,6		48,6	
Limite di immissione assoluta	LeqD	70	70	70	70
	LeqN	60	60	60	60
Rumore ambientale (C)	LeqD	<b>54,5</b>	<b>54,6</b>	<b>54,3</b>	<b>54,3</b>
	LeqN	<b>50,1</b>	<b>50,4</b>	<b>49,5</b>	<b>49,5</b>
Limite di immissione differenziale	LeqD	5	5	5	5
	LeqN	3	3	3	3
Livello differenziale (C-B)	LeqD	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
	LeqN	<b>1,5</b>	<b>1,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>

Tabella 0-2 Verifica della compatibilità acustica del campo eolico nelle condizioni di massima emissione (in verde il rispetto del limite di immissione assoluta e differenziale)

Verificata la conformità ai requisiti di legge in materia di inquinamento acustico nella condizione di funzionamento del campo eolico alla massima emissione acustica già ad una velocità del vento di 8 m/s, secondo la metodologia assunta del “worst case scenario” qualsiasi altra condizione operativa degli aerogeneratori è tale da non indurre un superamento dei valori limite. Ne consegue pertanto come sia possibile affermare che il campo eolico oggetto di studio sia tale da non costituire una interferenza sul clima acustico del territorio.

## **5 CLIMA ACUSTICO NELLA FASE DI CANTIERE**

### **5.1 LE ATTIVITÀ DI CANTIERE PREVISTE PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO**

Le principali attività di cantiere sono quelle connesse alla realizzazione degli aerogeneratori, in quanto opere principali del parco eolico. Per ciascun aerogeneratore si prevedono le seguenti macro-attività:

- ✓ Scavo per le fondazioni;
- ✓ Realizzazione delle opere di fondazione (pali e plinti);
- ✓ Preparazione della piazzola;
- ✓ Montaggio delle componenti (torre, navicella, rotore, pale, etc.).

Per l'esecuzione delle suddette attività si prevede principalmente l'utilizzo dei macchinari indicati in tabella seguente. Da un punto di vista acustico emissivo, ciascun macchinario è stato caratterizzato sulla base di valori desunti dalla letteratura di settore (cfr. INAIL – CPT Torino).

<b>Lavorazione</b>	<b>Macchinari</b>	<b>Potenza sonora</b>
Scavi per le fondazioni	Escavatore	107 dB(A)
	Pala gommata	102 dB(A)
	Autocarro	101 dB(A)
Realizzazione delle opere di fondazione	Macchina per pali	110 dB(A)
	Pala gommata	102 dB(A)
	Betoniera con pompa cls	112 dB(A)
	Autogru	101 dB(A)
Preparazione della piazzola	Pala gommata	102 dB(A)
	Grader	101 dB(A)
	Rullo	105 dB(A)

<b>Lavorazione</b>	<b>Macchinari</b>	<b>Potenza sonora</b>
Montaggio componenti	Gru	101 dB(A)
	Attrezzature per assemblaggi	85 dB(A)
	Montacarichi	97 dB(A)

*Tabella 0-1 Macchinari di cantiere principalmente impiegati nella fase di corso d'opera e loro caratterizzazione acustica*

L'impostazione metodologica assunta per la fase di corso d'opera prevede la verifica dell'interferenza sul clima acustico attuale indotta dalla fase di cantiere più critica, ovvero quella a maggior emissione acustica. Stante il suddetto quadro di massima delle lavorazioni previste e il parco mezzi principalmente utilizzato per la realizzazione delle opere si assume che lo scenario più critico sia rappresentato dalla fase di realizzazione delle opere di fondazione.

## 5.2 LA MODELLAZIONE ACUSTICA

Anche per la fase di cantiere l'analisi previsionale si basa su una modellazione acustica con il software SoundPlan e la metodica di calcolo della UNI 9613-2.

Ciascuna area di cantiere è stata modellata come una sorgente areale di dimensioni 70 x 70 m e potenza emissiva acustica pari alla somma energetica delle potenze sonore dei macchinari impiegati. La sorgente areale è posta a 2 metri di altezza dal piano campagna.

L'orario di lavoro è stato assunto pari a 8 ore nel periodo diurno (6:00-22:00), avendo escluso quindi attività di cantiere nel periodo notturno.

Come detto la lavorazione più critica è costituita dall'insieme dei macchinari necessari alla realizzazione delle opere di fondazione in virtù del maggior numero di mezzi impiegati e delle relative potenze sonore emmissive. Quale ulteriore fattore cautelativo assunto nella modellazione acustica si è ipotizzata la presenza contemporanea di due aree di cantiere in prossimità dei due aerogeneratori più vicini ai due ricettori R02 e R05 a parziale destinazione residenziale.

Ciascun cantiere come detto è quindi modellato come una sorgente areale di 70 x 70 m, altezza 2 m dal piano campagna, potenza sonora emissiva complessiva (somma energetica dei singoli contributi) pari a 114,6 dB(A) e operatività nelle 8 ore del periodo diurno.



### **5.3 IL RUMORE INDOTTO DALLE ATTIVITÀ DI CANTIERE**

Anche in questo caso l'output del modello di simulazione è costituito dalla mappatura acustica al suolo ad una altezza di 4 m in termini di  $Leq(A)$ . Le curve rappresentate fino al livello dei 50 dB(A) e passo 2 dB(A) sono riportate nell'elaborato grafico T02.

Questa si riferisce al solo periodo diurno (6:00-22:00) essendo le attività di cantiere previste di giorno per una durata complessiva di 8 ore.

### **5.4 LA VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ ACUSTICA DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE**

Il cantiere come detto si configura come una attività temporanea e limitata al solo periodo di realizzazione delle opere previste dal progetto.

Nel contesto normativo di riferimento indicato nella prima parte dello studio acustico, tali attività sono disciplinate dalle linee guida approvate dalla Regione con Decreto dell'11 settembre 2007 e oggetto di autorizzazione da parte del Comune territorialmente competente preventivamente l'inizio delle attività. La fase di autorizzazione e richiesta di deroga ai limiti acustici sarà pertanto oggetto di richiesta da parte della Ditta preventivamente all'inizio dei lavori nell'ambito del quadro del processo di autorizzazione generale di avvio dei cantieri.

In tale sede si vuole dare riscontro di come in linea generale la fase di realizzazione del parco eolico sia compatibile da un punto di vista acustico secondo il quadro prescrittivo indicato dalle succitate linee guida

regionali. Queste come detto individuano un valore di riferimento di 70 dB(A) in corrispondenza dei ricettori che si riduce a 65 dB(A) nel caso di livelli acustici all'interno delle abitazioni.

Per quanto concerne le attività di realizzazione delle opere di progetto, sulla base delle condizioni assunte nello studio, ovvero di scenario potenzialmente più critico in virtù del numero di mezzi oltre di valori di potenza sonora, nonché di ulteriori fattori cautelativi quali la sovrapposizione di più cantieri in parallelo, dai risultati calcolati mediante il software si evince come il livello acustico indotto dalla fase di corso d'opera sia contenuto al territorio intorno l'area di cantiere con valori di  $Leq(A)$  di 50 dB(A) a circa 300 m dall'area di lavoro.

I due ricettori R03 e R05 sono posizionati a distanze superiori e quindi soggetti ad un rumore il cui livello acustico risulta inferiore ai 45 dB(A), ovvero trascurabile, specie se nel periodo diurno.

***In conclusione quindi anche la fase di corso d'opera per la realizzazione del parco eolico oggetto di studio è tale da non indurre una interferenza sul clima acustico attuale.***



## 6 APPENDICE A

### Certificati di taratura della strumentazione

11

### Chapitre 2. CERTIFICAT D'ETALONNAGE CALIBRATION CERTIFICATE

---

DELIVRE PAR : **CE-DTE-L-19-PVE-72765**  
ISSUED BY : **ACOEM**  
*Service Metrologie*

**69760 LIMONEST**  
France

**INSTRUMENT ETALONNE**  
CALIBRATED INSTRUMENT

Designation : **Sonomètre Intégrateur-Moyennneur**  
Designation : **Integrating-Averaging Sound Level Meter**

Constructeur : **01dB**  
Manufacturer :

Type : **FUSION**  
Type :

N° de serie : **12345**  
Serial number :

N° d'identification :  
Identification number :

Date d'émission : **22/11/2019**  
Date of issue :

Ce certificat comprend **15** Pages  
This certificate includes **15** Pages

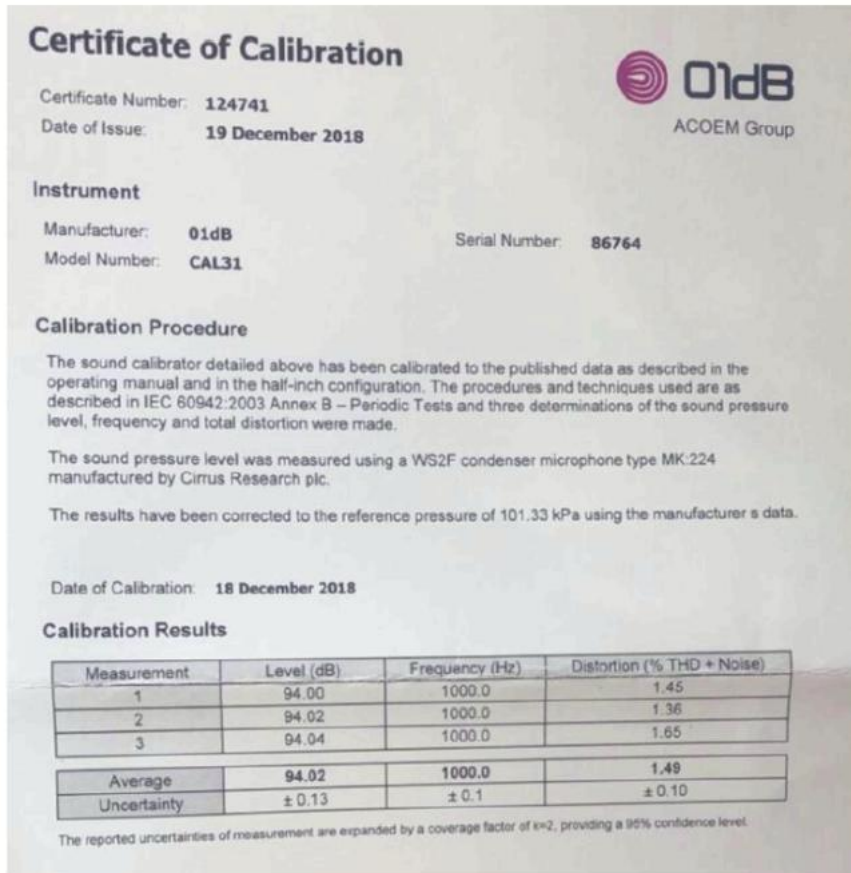
LE RESPONSABLE METROLOGIQUE  
DU LABORATOIRE  
HEAD OF THE METROLOGY LAB  
François MAGAND



LA REPRODUCTION DE CE CERTIFICAT N'EST AUTORISEE QUE  
DANS SA FORME DE FAC-SIMILE PHOTOGRAPHIQUE NEUTRE.  
THIS CERTIFICATE MAYNOT BE REPRODUCED OTHER THAN IN FULL  
BY PHOTOGRAPHIC PROCESS

CE CERTIFICAT EST CONFORME AU PASCQUEL DE  
DOCUMENTATION FD X 07-012.  
THIS CERTIFICATE IS CONFORMANT WITH THE AS X 07-012  
STANDARD DOCUMENTATION

4-58 Bureau of BCOBPT



## 7 APPENDICE B

### Tecnico competente in acustica ambientale



The screenshot shows the ENTECA website interface. The header features the ENTECA logo and the text "Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica". A navigation menu on the left includes "Home", "Tecnici Competenti in Acustica", "Corsi", and "Login". The main content area displays a breadcrumb trail "Home / Tecnici Competenti in Acustica / Vista" and a table with the following data:

<b>Numero Iscrizione Elenco Nazionale</b>	7391
<b>Regione</b>	Lazio
<b>Numero Iscrizione Elenco Regionale</b>	1075
<b>Cognome</b>	Giannobile
<b>Nome</b>	Claudio
<b>Titolo studio</b>	Laurea Ingegneria Aeronautica
<b>Estremi provvedimento</b>	G04838/2013
<b>Luogo nascita</b>	Roma
<b>Data nascita</b>	08/05/1982
<b>Nazionalità</b>	italiana
<b>Email</b>	[REDACTED]
<b>Pec</b>	[REDACTED]
<b>Data pubblicazione in elenco</b>	10/12/2018