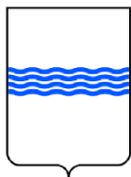


Regione  
Basilicata



Provincia  
Potenza



Comune  
Armento



Comune  
Montemurro



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO PER LA  
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE CONNESSE E  
DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI DENOMINATO  
"ARMENTO"

Comuni di Armento e Montemurro (PZ)

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Studio di fattibilità  
acustica**

Proponente



**GEMINI WIND S.r.l.**  
Via Giuseppe Ripamonti, 44  
20141 - MILANO  
P. IVA: 12401220962

Progettazione



**GEMINI WIND S.r.l.**  
Via del Gallitello n. 215  
85100 - POTENZA (PZ)  
P. IVA: 02009140761

Ing. Domenico Maria Bisaccia

Ing. Carmela Rinaldi



N° Elaborato

**A.6**

Scala

Formato

**A4**

Revisione	Descrizione	Data	Preparato	Controllato	Approvato
00	Prima Emissione	Maggio 2023	Ing. L. Pietragalla	Ing. D. M. Bisaccia	Ing. D. M. Bisaccia

## INDICE

1	Premessa	3
2	Scopo	4
3	Dati generali della società proponente	6
4	La misura del rumore	6
5	Definizioni tecniche	7
6	Inquinamento acustico	10
7	Strumentazione utilizzata	15
8	Inquadramento dell'area di interesse	15
9	Rapporto tecnico	20
9.1	Rilievi fonometrici ante operam e determinazione del rumore residuo $L_R$	20
9.2	Risultati delle misure ante operam e valore del rumore residuo $L_R$	24
10	Valutazione previsionale di impatto acustico.	53
10.1	Modello di calcolo	53
10.2	Schematizzazione delle sorgenti sonore	55
10.3	Risultati delle simulazioni – contributo delle sorgenti disturbanti	59
10.4	Valutazione del livello di rumore ambientale $L_A$ e verifica dei limiti di immissione - fase di esercizio	61
10.5	Verifica dei livelli differenziali d'immissione	61
11	Impatto acustico attività di cantiere	63
11.1	Valutazione del livello di rumore ambientale $L_A$ e verifica dei limiti di immissione - fase di cantiere	66
12	Conclusioni	68

## 1 Premessa

La società GEMINI WIND S.r.l., d'ora in avanti il Proponente, intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione da fonte eolica nella provincia di Potenza (PZ), in agro dei Comuni di Armento e Montemurro. L'impianto, denominato parco eolico "ARMENTO", sarà costituito da 12 aerogeneratori aventi potenza complessiva pari a 79,20 MW. Le opere di progetto si inseriscono su terreni agricoli coltivati a seminativo semplice, dunque non di pregio, dai vigenti strumenti urbanistici dei comuni interessati dall'opera. Come già detto il sito interessato alla realizzazione dell'impianto interessa il territorio di Armento e Montemurro per quanto concerne l'ubicazione delle turbine, mentre il cavidotto di collegamento alla RTN esistente, situata nel Comune di Aliano in provincia di Matera, interesserà anche i comuni di Gallicchio e Missanello. L'area di progetto è ben servita dalla S.S. n.598 "Fondovalle dell'Agri", dalla Strada Statale SS92 "Laurenzana", Strada Provinciale Saurina e da un sistema di viabilità esistente.

Le opere progettuali sono sintetizzate nel seguente elenco:

- parco eolico composto da 12 aerogeneratori, da 6,6 MW ciascuno, (denominati "WTG 1-12") e delle rispettive piazzole di collegamento;
- tracciato dei cavidotti di collegamento (tra gli aerogeneratori e la sottostazione elettrica) che interesserà i comuni di Armento, Gallicchio, Missanello ed Aliano, tutti in Provincia di Potenza;
- stazione elettrica dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (punto di consegna in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della stazione 150/380 kV di Terna S.p.A. esistente denominata "Aliano") ubicata nel Comune di Aliano (PZ), in loc. "Piano dei Pazzi", Fg. 45, p.IIa 523;
- nuova viabilità di progetto o la ristrutturazione di quella esistente (nel comune di Armento e per brevi tratti in agro di Montemurro).

I progetti del tipo in esame rispondono a finalità di interesse pubblico (riduzione dei gas ad effetto serra, risparmio di fonti fossili scarse ed importate) e in quanto tali sono indifferibili e urgenti, come stabilito dalla legge 1° giugno 2002, n. 120, concernente "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, stipulato a Kyoto l'11 dicembre 1997" e dal D.Lgs. 29 dicembre 2003, n.387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" e s.m.i..

L'utilizzo di fonti rinnovabili comporta infatti beneficio a livello ambientale, in termini di tonnellate equivalenti di petrolio (TEP) risparmiate e mancate emissioni di gas serra, polveri e inquinanti. Per il progetto in esame si stima una producibilità del parco eolico superiore a 105 GWh/anno,

che consente di risparmiare almeno 19'635 TEP/ano (*Fonte ARERA: 0,187 TEP/MWh*) e di evitare almeno 51'849 ton/anno di emissioni di CO<sub>2</sub> (*fonte ISPRA,2020:493,80 CO<sub>2</sub>/kWh*)

## 2 Scopo

Lo scopo del presente studio, richiesto dalla società proponente, è stato quello di valutare tramite uno screening "ante operam" gli eventuali impatti di natura acustica derivanti dall'esercizio del parco eolico in progetto, con riferimento alla normativa nazionale sull'inquinamento acustico attualmente in vigore.

La normativa in materia di rumore è comparsa sul panorama nazionale con l'entrata in vigore del DPCM 1 marzo 1991 "Limiti di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" che ha costituito il primo testo organico di limitazione dei livelli di rumorosità delle sorgenti sonore, a tutela della popolazione esposta.

Dal 1991 ad oggi vi è stato un incessante fermento, grazie soprattutto alle numerose direttive europee, che ha determinato l'emanazione della norma che attualmente rappresenta il punto di riferimento in materia di rumore, ossia la Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico". L'art. 2 della legge 447/1995 definisce l'inquinamento acustico come "l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime funzioni degli ambienti stessi". Da ciò ne consegue che non è sufficiente la semplice emissione sonora per essere in presenza di "inquinamento acustico", ma è necessario che la stessa sia in grado di produrre determinate conseguenze negative sull'uomo o sull'ambiente. Di seguito sono riportati i principali riferimenti legislativi e norme tecniche considerati per l'elaborazione della presente Valutazione Previsionale:

### Riferimenti Legislativi Nazionali

- **DPCM 1 marzo 1991:** "Limiti di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".
- **Legge n. 447/1995:** "Legge quadro sull'inquinamento acustico".
- **D.lgs 19 agosto 2005, n. 194** "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".
- **D.lgs 17 febbraio 2017, n. 42** "Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico - Modifiche al D.lgs 194/2005 e alla legge 447/1995".
- **DM 11 novembre 1996:** "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo".
- **DPCM 14 novembre 1997:** "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".
- **DM 16 marzo 1998:** "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

- **DPCM 31 marzo 1998:** "Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del Tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2 commi 6,7 e 8 della Legge 26 ottobre 1995 n. 447".

#### Altri riferimenti normativi

- **DM 2 aprile 1968, n. 1444:** "Limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti, ai sensi dell'art. 17 della legge 6 agosto 1967, n. 765".
- **Circolare del 6 settembre 2004 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio:** Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali.

#### Norme Tecniche di riferimento

- **UNI ISO 9613-1** - "Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Calcolo dell'assorbimento atmosferico".
- **UNI ISO 9613-2** - "Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Metodo generale di calcolo".
- **UNI 11143** – "Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti".

Tali disposizioni nel loro complesso forniscono sia i metodi di misura che i limiti da rispettare in funzione della destinazione d'uso dell'area interessata dall'intervento in oggetto. La valutazione dell'immissione sonora in ambiente esterno avviene, al momento attuale, attraverso il confronto dei valori di livello equivalente ponderato A (Leq dB(A)), calcolati e/o misurati con i limiti stabiliti:

- dal D.P.C.M. 1 marzo 1991, se nel Comune di appartenenza del sito in esame non è ancora operativa la "zonizzazione acustica";
- dal D.P.C.M. 14 novembre 1997, se nel Comune di appartenenza del sito in esame è stato approvato il "piano di zonizzazione acustica".

### 3 Dati generali della società proponente

Denominazione sociale:	GEMINI WIND S.r.l.
sede legale:	via Giuseppe Ripamonti n. 44 – 20121 Milano (ITA)
P.IVA:	12401220962
pec:	<a href="mailto:geminiwindsrl@pec.it">geminiwindsrl@pec.it</a>

Il Legale Rappresentante della Società Proponente è Marco CORSETTI (cod. fisc. CRSMRC83T03D708I) nato a Formia (LT) il 03/12/1983 e domiciliato a Milano (MI), alla via Giuseppe Ripamonti n. 44.

### 4 La misura del rumore

Il rumore fa parte della categoria degli inquinamenti "diffusi", cioè determinati da un numero elevato di punti di emissione ampiamente distribuiti sul territorio. Il propagarsi di un'onda sonora in un mezzo provoca una serie di depressioni e compressioni, quindi delle variazioni di pressione sonora che possono essere rilevate con apposite strumentazioni ed espresse in Pascal (Pa). Una persona di udito medio riesce a percepire suoni in un arco molto esteso di pressione, compreso fra i 20 micropascal e i 100 Pascal.

Utilizzare la misura in Pascal della pressione sonora per descrivere l'ampiezza di un'onda sonora è molto scomodo, poiché i valori interesserebbero troppi ordini di grandezza (ampia dinamica). Per cui è stata definita una grandezza, il decibel appunto (dB), che essendo di natura logaritmica ed esprimendo un rapporto con una pressione sonora di riferimento, supera la difficoltà suddetta. Il dB non rappresenta quindi l'unità di misura della pressione sonora, ma solo un modo più comodo che esprime il valore della pressione sonora stessa. Quindi, al fine di esprimere in dB il livello di pressione sonora di un fenomeno acustico, ci si serve della seguente relazione:  $L_p = 10 \log p^2/p_0^2$ , dove  $p$  è la pressione sonora misurata in Pascal e  $p_0$  è la pressione di riferimento che si assume uguale a 20 micropascal. La scala logaritmica dei dB fa sì che a un raddoppio dell'energia sonora emessa da una sorgente corrisponde un aumento del livello sonoro di tre dB. L'orecchio umano presenta per sua natura una differente sensibilità alle varie frequenze: alle frequenze medie ed elevate la soglia uditiva risulta essere più bassa, cioè si sentono anche suoni aventi una bassa pressione. Per tenere conto di queste diverse sensibilità dell'orecchio, s'introducono delle correzioni al livello sonoro, utilizzando delle curve di ponderazione che mettono in relazione frequenze e livelli sonori. Sono curve normalizzate contraddistinte dalle lettere A, B, C, D: nella maggiore parte dei casi si usa la curva A e i livelli di pressione sonora ponderati con questa curva vengono allora indicati con dB(A).

Un altro aspetto importante nel valutare il rumore è la sua variazione nel tempo. Quasi sempre il livello sonoro non è costante, ma oscilla in modo continuo fra un valore massimo e uno minimo. All'andamento variabile del livello sonoro si sostituisce allora un *livello equivalente*, cioè un livello costante di pressione sonora che emetta una quantità di energia equivalente a quella del corrispondente livello variabile. Tale livello equivalente viene indicato con l'espressione  $L_{Aeq}$ .

## 5 Definizioni tecniche

Nel presente paragrafo si riportano alcune definizioni tratte dalla normativa sopra citata.

- **rumore**: qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti indesiderati, disturbanti o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente;
- inquinamento acustico: l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo e alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti;
- **ambiente abitativo**: ogni ambiente interno a un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al Decreto Legislativo 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive;
- **ambiente di lavoro**: è un ambiente confinato in cui operano uno o più lavoratori subordinati, alle dipendenze sotto l'altrui direzione, anche al solo scopo di apprendere un'arte, un mestiere od una professione;
- **sorgenti sonore fisse**: gli impianti tecnici degli edifici e le altre installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore; le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali, marittime, industriali, artigianali, commerciali e agricole; i parcheggi; le aree adibite a stabilimenti di movimentazione merci; i depositi dei mezzi di trasporto di persone e merci; le aree adibite a attività sportive e ricreative;
- **sorgenti sonore mobili**: tutte le sorgenti sonore non comprese nel punto precedente;
- **sorgente sonora specifica**: sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa del potenziale inquinamento acustico;
- **valore di emissione**: il valore di rumore emesso da una sorgente sonora;
- **valore di immissione**: il valore di rumore immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno;
- **valore limite di emissione**: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora. Il livello di emissione deve essere confrontato con i valori limite di emissione riferiti tuttavia all'intero periodo di riferimento. Secondo quanto indicato dal D.P.C.M. 14 novembre 1997 i valori limite devono essere rispettati in corrispondenza dei luoghi o spazi utilizzati da persone o comunità;
- **valore limite di immissione**: il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo e nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori. Questi sono suddivisi in valori limite assoluti (quando determinati con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale) ed in valori limite differenziali (quando determinati con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale e il rumore residuo). Il livello di immissione assoluto deve essere confrontato con i valori limite di immissione riferiti tuttavia all'intero periodo di riferimento. Il livello di immissione differenziale deve essere confrontato con i valori limite di immissione differenziale riferiti tuttavia al periodo di misura in cui si verifica il fenomeno da rispettare;
- **tempo di riferimento ( $T_R$ )**: rappresenta il periodo della giornata all'interno del quale si eseguono le misure. La durata della giornata è articolata in due tempi di riferimento: quello

diurno compreso tra le h 06:00 e le h 22:00 e quello notturno compreso tra le h 22:00 e le h 06:00;

- **tempo di osservazione ( $T_O$ ):** è un periodo di tempo compreso in  $T_R$  nel quale si verificano le condizioni di rumorosità che si intendono valutare;
- **tempo di misura ( $T_M$ ):** all'interno di ciascun tempo di osservazione, si individuano uno o più tempi di misura ( $T_M$ ) di durata pari o minore del tempo di osservazione, in funzione delle caratteristiche di variabilità del rumore ed in modo tale che la misura sia rappresentativa del fenomeno;
- **tempo a lungo termine ( $T_L$ ):** rappresenta un insieme sufficientemente ampio di  $T_R$  all'interno del quale si valutano i valori di attenzione. La durata di  $T_L$  è correlata alle variazioni dei fattori che influenzano la rumorosità a lungo periodo;
- **livelli dei valori efficaci di pressione sonora ponderata "A":**  $L_{AS}$ ,  $L_{AF}$ ,  $L_{AI}$  esprimono i valori efficaci in media logaritmica della pressione sonora ponderata "A"  $L_{pA}$  secondo le costanti di tempo "slow", "fast" e "impulse".
- **livelli dei valori massimi di pressione sonora:**  $L_{ASMAX}$ ,  $L_{AFMAX}$ ,  $L_{AIMAX}$  esprimono i valori massimi della pressione sonora ponderata in curva "A" e costanti di tempo "slow", "fast" e "impulse".
- **livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" ( $L_{Aeq}$ ):** valore del livello di pressione sonora ponderata "A" di un suono costante che, nel corso di un periodo specificato T, ha la medesima pressione quadratica media di un suono considerato, il cui livello varia in funzione del tempo

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \quad \text{dB(A)}$$

Dove  $L_{Aeq}$  è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" considerato in un intervallo di tempo che inizia all'istante  $t_1$  e termina all'istante  $t_2$ ;  $p_A(t)$  è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata "A" del segnale acustico in Pascal (Pa);  $p_0$  è la pressione sonora di riferimento (20  $\mu$ Pa);

*livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine*  
 $T_L$ : è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine  $L_{Aeq,TL}$ , può essere riferito:

- al valore medio su tutto il periodo, con riferimento al livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo a tutto il tempo  $T_L$ , espresso dalla relazione

$$L_{Aeq,TL} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1(L_{Aeq,T_i})} \right] \text{dB(A)}$$

essendo N i tempi di riferimento considerati;

- al singolo intervallo orario nei  $T_R$ . In questo caso si individua un  $T_M$  di 1 ora all'interno del  $T_O$  nel quale si svolge il fenomeno in esame.  $L_{Aeq,TL}$  rappresenta il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" risultante dalla somma degli M tempi di misura  $T_M$ , espresso dalla seguente relazione:

$$L_{Aeq,TL} = 10 \log \left[ \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M 10^{0.1(L_{Aeq,TM})_i} \right] \text{dB(A)}$$

dove  $i$  è il singolo intervallo di 1 ora nell'  $i$ -esimo  $T_R$ .

È il livello che si confronta con i limiti di attenzione.

Livello sonoro di un singolo evento  $L_{AE}$  (SEL): è il livello sonoro misurato in un intervallo di tempo sufficientemente lungo da comprendere l'evento. È dato dalla formula

$$SEL = L_{AE} = 10 \log \left[ \frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{dB(A)}$$

dove:  $t_2 - t_1$  è un intervallo di tempo sufficientemente lungo da comprendere l'evento e  $t_0$  è la durata di riferimento (1 s);

livello di rumore ambientale ( $L_A$ ): è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti, con l'esclusione degli eventi sonori singolarmente identificabili di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona. È il livello che si confronta con i limiti massimi di esposizione:

- nel caso dei limiti differenziali, è riferito a  $T_M$
- nel caso di limiti assoluti è riferito a  $T_R$

livello di rumore residuo ( $L_R$ ): è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante. Deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale e non deve contenere eventi sonori atipici;

livello differenziale di rumore ( $L_D$ ): differenza tra livello di rumore ambientale ( $L_A$ ) e quello di rumore residuo ( $L_R$ ), in base al quale, negli ambienti abitativi non deve essere superato un  $\Delta L_{eqA}$  di +5 dB(A) nel periodo diurno o +3 dB(A) in quello notturno;

livello di emissione: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", dovuto alla sorgente specifica. È il livello che si confronta con i limiti di emissione;

livello di immissione: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", che può essere immesso da una o più sorgenti sonore, misurato in prossimità dei ricettori;

fattore correttivo ( $K_i$ ): è la correzione in dB(A) introdotta per tener conto della presenza di rumori con componenti impulsive, tonali o di bassa frequenza il cui valore è di seguito indicato (i fattori correttivi non si applicano alle infrastrutture dei trasporti):

- per la presenza di componenti impulsive  $K_I = 3$  dB
- per la presenza di componenti tonali  $K_T = 3$  dB
- per la presenza di componenti in bassa frequenza  $K_B = 3$  dB

*rumore con componenti impulsive*: emissione sonora nella quale sono chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili eventi sonori di durata inferiore al secondo. In particolare, il rumore è considerato avere componenti impulsive quando sono verificate le seguenti condizioni:

- l'evento risulta ripetitivo;
- la differenza tra  $L_{AIMAX}$  ed  $L_{ASMAX}$  è superiore a 6 dB;
- la durata dell'evento a -10 dB dal valore  $L_{AFMAX}$  è inferiore ad 1 s.

L'evento sonoro impulsivo si considera ripetitivo quando si verifica almeno 10 volte nell'arco di un'ora nel periodo diurno ed almeno 2 volte nell'arco di un'ora nel periodo notturno.

*rumore con componenti tonali*: emissioni sonore all'interno delle quali siano evidenziabili suoni corrispondenti ad un tono puro o contenuti entro 1/3 d'ottava e che siano chiaramente udibili (confronto con curva di Loudness ISO 226) e strumentalmente rilevabili. Quindi, al fine di individuare la presenza di componenti tonali nel rumore è necessario effettuare un'analisi spettrale in bande di 1/3 di ottava. L'analisi deve essere condotta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 kHz (con pesatura lineare). Si è in presenza di una componente tonale se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti di almeno 5 dB. Si applica il fattore correttivo  $K_T$  solo se la componente tonale individuata tocca un'isofonica uguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro.

*rumore con componenti spettrali in bassa frequenza*: se l'analisi in frequenza svolta con le modalità indicate al punto precedente rivela la presenza di componenti tonali tali da consentire l'applicazione del fattore correttivo  $K_T$  nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 200 Hz, si applica anche la correzione  $K_B$  esclusivamente nel tempo di riferimento notturno.

*presenza di rumore a tempo parziale*: esclusivamente durante il tempo di riferimento relativo al periodo diurno, si prende in considerazione la presenza di rumore a tempo parziale, nel caso di persistenza del rumore stesso per un tempo totale non superiore ad un'ora. Qualora il tempo parziale sia compreso in 1 ora il valore del rumore ambientale, misurato in  $L_{Aeq}$  deve essere diminuito di 3 dB(A); qualora sia inferiore a 15 minuti il  $L_{Aeq}$  deve essere diminuito di 5 dB(A);

livello di rumore corretto ( $L_C$ ): è definito dalla relazione:  $L_C = L_A + K_I + K_T + K_B$  dB(A).

## 6 Inquinamento acustico

Si definisce rumore qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti indesiderati, disturbati o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente. I dati disponibili sull'esposizione al rumore, se paragonati a quelli relativi ad altri fattori di inquinamento, sono piuttosto scarsi e inoltre poco confrontabili tra di loro a seguito delle diverse metodologie di rilevamento applicate. L'esposizione al rumore in ambiente di vita può solo eccezionalmente causare danni di tipo specifico (otopatia da rumore), mentre invece sono assai diffusi gli effetti di tipo extrauditivo, che non sono affatto trascurabili. Esistono degli effetti di tipo psicosociale che riguardano la trasmissione e la comprensione della parola, l'efficienza il rendimento lavorativo e il sonno, su quest'ultimo in particolare esiste una relazione tra l'aumento del rumore e gli effetti prodotti come indicato nella tabella di seguito riportata.

Livelli [dB(A)]	Effetti
35 ÷ 45	Allungamento del tempo di addormentamento di almeno 20 minuti. Risvegli nel 10% dei soggetti esposti
45 ÷ 50	Disturbi nell'architettura del sonno e reazioni neurovegetative
50 ÷ 60	Tempo di addormentamento prolungato sino a 1,5 ore o più. Si svegliano i bambini
60 ÷ 70	Gravi alterazioni della qualità e della durata del sonno. Frequenti risvegli
70 ÷ 75	La maggior parte dei soggetti esposti si sveglia molto frequentemente. Forte riduzione delle fasi IV e REM del sonno

Tabella 6-1 – Effetti del rumore sul sonno

La legge n. 447 del 26 ottobre 1995 ha come finalità la tutela dell'ambiente esterno e abitativo dall'inquinamento acustico e ha introdotto nuovi criteri di definizione dei valori di rumore che vengono distinti in: limite, attenzione e qualità a cui corrispondono, rispettivamente, un inquinamento acustico, un rischio di inquinamento e un equilibrio acustico. Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997 rappresenta la norma di riferimento in materia di limiti di rumorosità per le sorgenti sonore fisse, sia in relazione ai valori limite assoluti, riferiti all'ambiente esterno, sia a quelli differenziali, riferiti all'ambiente abitativo interno. I valori assoluti indicano il valore limite di rumorosità per l'ambiente esterno, in relazione a quanto disposto dalla classificazione acustica del territorio comunale, e sono verificati attraverso la misura del livello continuo equivalente di pressione sonora LAeq nel periodo di riferimento diurno e/o notturno. I limiti assoluti si distinguono in limiti di emissione, di immissione, di attenzione e qualità. Il DPCM sopra citato, individua anche le classi di destinazione d'uso del territorio comunale dalla I alla VI, definendo per ciascuna di esse i valori limite di emissione, di immissione, di attenzione e di qualità. La normativa vigente fornisce, a seconda della destinazione d'uso delle aree oggetto di disturbo e del periodo di riferimento, i valori limite del Leq in dB(A) per la rumorosità indotta, come di seguito riportato (se il Comune ha approvato la zonizzazione acustica del territorio):

Classi di destinazione d'uso del territorio	Periodi di riferimento Leq [dB(A)]	
	Diurno (06:00-22:00)	Notturno (22:00-06:00)
I aree particolarmente protette	45	35
II aree prevalentemente residenziali	50	40
III aree di tipo misto	55	45
IV aree di intensa attività umana	60	50
V aree prevalentemente industriali	65	55
VI aree esclusivamente industriali	65	65

**Tabella 6-2 – Valori limite di emissione – DPCM 14/11/1997 art.2** (in tal caso valgono i limiti riportati nella tabella B [valori limite di emissione] dell'allegato al DPCM 14/11/1997)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Periodi di riferimento Leq [dB(A)]	
	Diurno (06:00-22:00)	Notturno (22:00-06:00)
I aree particolarmente protette	50	35
II aree prevalentemente residenziali	55	40
III aree di tipo misto	60	45
IV aree di intensa attività umana	65	50
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

**Tabella 6-3 – Valori limite di emissione – DPCM 14/11/1997 art.3** (in tal caso valgono i limiti riportati nella tabella C [valori limite assoluti di immissione] dell'allegato al DPCM 14/11/1997)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Periodi di riferimento Leq [dB(A)]	
	Diurno (06:00-22:00)	Notturno (22:00-06:00)
I aree particolarmente protette	47	37
II aree prevalentemente residenziali	52	42
III aree di tipo misto	57	47
IV aree di intensa attività umana	62	52
V aree prevalentemente industriali	67	57
VI aree esclusivamente industriali	70	70

**Tabella 6-4 – Valori limite di emissione – DPCM 14/11/1997 art.7**(in tal caso valgono i limiti riportati nella tabella D [valori di qualità] dell'allegato al DPCM 14/11/1997)

Tale decreto prevede che i Comuni provvedano alla suddivisione del territorio in classi di destinazione d'uso, per i quali sono fissati i rispettivi limiti massimi dei livelli sonori equivalenti. In assenza di zonizzazione acustica si rispettano i limiti assoluti di immissione come riportato nella sottostante.

Classi di destinazione d'uso del territorio	Periodi di riferimento Leq [dB(A)]	
	Diurno (06:00-22:00)	Notturmo (22:00-06:00)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (decreto ministeriale n. 1444/68)	65	55
Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

**Tabella 6-5 – limiti assoluti di immissione se nel Comune manca la zonizzazione acustica** (in tal caso valgono i limiti provvisori definiti dall'art. 6 del DPCM 1 marzo 1991)

valori limite differenziali di immissione, come definiti dalla più volte citata l. n. 447/1995, sono di 5 dB per il periodo diurno e di 3 dB per quello notturno. Il rumore ambientale, pertanto, non deve superare di oltre 5 dB il livello sonoro del rumore residuo in periodo diurno e di 3 dB in periodo notturno, **all'interno degli ambienti abitativi**. Tali limiti non si applicano nelle aree esclusivamente industriali e nei seguenti casi:

- se il rumore misurato a finestre aperte risulta inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;
- se il rumore misurato a finestre chiuse risulta inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno.

I limiti differenziali si applicano sia in caso di zonizzazione acustica comunale che in sua assenza (Circolare del Ministero dell'Ambiente del 6 settembre 2004). Le metodologie di misura sono sempre quelle descritte dal dm 16 marzo 1998.

### **Presenza di rumore impulsivo**

Il rumore è considerato avere componenti impulsive quando sono verificate le seguenti condizioni:

- l'evento risulta ripetitivo;
- la differenza tra LAImax e LASmax è superiore a 6 dB;
- la durata dell'evento a -10 dB dal valore LAFmax è inferiore ad 1 s.

l'evento sonoro impulsivo si considera ripetitivo quando si verifica almeno 10 volte nell'arco di un'ora nel periodo diurno ed almeno 2 volte nell'arco di un'ora nel periodo notturno. In queste condizioni si ha una penalizzazione di 3 dB su ogni lettura registrata (KI = 3 dB).

### **Presenza di componenti tonali**

Al fine di individuare la presenza di componenti tonali nel rumore è necessario effettuare un'analisi spettrale in bande di 1/3 di ottava. L'analisi deve essere condotta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 kHz (con pesatura lineare). Si è in presenza di una componente tonale se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti di almeno 5 dB. Si applica il fattore correttivo KT come definito al punto 15 dell'allegato A solo se la componente tonale individuata tocca un'isofonica uguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro.

### **Presenza di componenti spettrali in bassa frequenza**

Se l'analisi in frequenza svolta con le modalità indicate al punto precedente rivela la presenza di componenti tonali tali da consentire l'applicazione del fattore correttivo KT nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 200 Hz, si applica anche la correzione KB così come definita al punto 15 dell'allegato A, esclusivamente nel tempo di riferimento notturno.

Come detto in precedenza, l'opera si sviluppa in agro dei comuni di Armento e Montemurro che, ad oggi, risultano sprovvisti di piano di classificazione acustica del proprio territorio. *Pertanto, dal punto di vista della classificazione acustica, l'area è ascrivibile alla Classe "Tutto il Territorio Nazionale" i cui i valori limite definiti dall'art. 6 del DPCM 1 marzo 1991 sono pari a 70 dB(A) [periodo diurno] e 60 dB(A) [periodo notturno].*

Si deve, inoltre, verificare il rispetto del "criterio differenziale", così come definito dall'art. 2 del DPCM 1 marzo 1991, in quanto l'area interessata dal progetto è localizzata in una zona non esclusivamente industriale.

I valori limite differenziali si determinano come differenza tra il livello equivalente del Rumore Ambientale LA (con sorgente attiva) e quello del Rumore Residuo (con sorgente spenta, anche noto come Rumore di fondo) LR da valutarsi all'interno degli ambienti abitativi. Allo scopo di valutare correttamente l'impatto acustico generato dall'impianto in progetto sull'ambiente circostante, è stata condotta una campagna di misura attraverso rilievi fonometrici ante operam per individuare il rumore residuo presente prima dell'installazione degli aerogeneratori e caratterizzare l'area dal punto di vista acustico. Attraverso l'applicazione di un modello di propagazione delle onde sonore, si è calcolato il livello di pressione sonora generato dagli aerogeneratori al variare della distanza sorgente-ricettore. Il rumore residuo individuato, sommato al rumore previsionale generato dagli aerogeneratori rappresenta il livello di rumore ambientale totale emesso dalle sorgenti. In merito alla verifica del rispetto dei limiti normativi, la criticità è in genere rappresentata da quelli differenziali che nascono soprattutto con l'intento di tutelare le persone da forti differenze di pressione sonora che potrebbero disturbare le normali attività quotidiane, compreso il riposo. Tali limiti, dovrebbero essere verificati sul singolo recettore abitativo, all'interno degli spazi abitativi più sensibili quali camere da letto e tutti quei vani più esposti all'azione della specifica sorgente. Le misure andrebbero fatte sia finestre aperte che chiuse con sorgente attiva e disattiva. Nella pratica, però, non è pensabile poter fare delle misure preventive presso tutti i recettori, per ogni ambiente abitativo e/o per ogni facciata nelle diverse

condizioni di ventosità e di immissione dell'impianto eolico. Inoltre, bisogna considerare che, nel rispetto della normativa, un edificio che possiede o richiede di ottenere il riconoscimento dei requisiti di agibilità dovrebbe assicurare dei requisiti acustici passivi di fono-isolamento ( $R_w$ ) delle pareti superiori ai 40 dB(A). Tale condizione rende, in genere, intrinsecamente soddisfatto il limite al differenziale in quanto porterebbe alla non applicabilità del criterio poiché si potrebbe dimostrare di riuscire agevolmente a soddisfare entrambe le condizioni di esclusione di applicabilità della legge quadro.

## 7 Strumentazione utilizzata

La strumentazione di misura utilizzata per le misure fonometriche è quella riportata nella tabella seguente. La calibrazione di detta strumentazione è stata effettuata prima e dopo ogni ciclo di misura. I risultati non differivano mai più di 0.5 dB.

Strumento	Tipo	Matricola
Fonometro Integratore 01 dB	Fusion	14845
Filtri 1/1 e 1/3 ottave 01 dB	Filtro	14845
Calibratore Acustico 01 dB	Cal31	99778

Tabella 7-1 – Caratteristiche strumento utilizzato

## 8 Inquadramento dell'area di interesse

L'area individuata per la realizzazione della presente proposta progettuale interessa i territori comunali di Armento e Montemurro, in provincia di Potenza. Il parco eolico in oggetto, costituito da 12 aerogeneratori di potenza unitaria nominale fino a 6,6 MW, per una potenza installata complessiva a 79,20 MW. Il modello di aerogeneratore previsto dalla proposta progettuale è caratterizzato da un diametro di 155 m, da un'altezza al mozzo di 122.5 m, quindi si tratterà di macchine di grande taglia.

Gli aerogeneratori saranno così distribuiti sul territorio:

- gli aerogeneratori A01, A02, A03, A04, A05, A06, A08, A09, A11, A12 nel Comune di Armento,
- gli aerogeneratori A07, A10 nel Comune di Montemurro.

Le particelle interessate dall'intervento sono identificate in Catasto ai seguenti Fogli e p.lle:

- **Comune di Armento**
  - A01: Foglio 2 – P.lla 64

- A02: Foglio 18 – P.IIa 2
- A03: Foglio 3 - P.IIa 63
- A04: Foglio 18 – P.IIa 162
- A05: Foglio 18 – P.IIa 183
- A06: Foglio 18 – P.IIa 115
- A08: Foglio 21 – P.IIa 40
- A09: Foglio 22 – P.IIa 125
- A11: Foglio 27 – P.IIa 133
- A12: Foglio 29 – P.IIa 124

- **Comune di Montemurro**

- A07: Foglio 29 – P.IIa 3
- A10: Foglio 31 – P.IIa 61

Il territorio interessato dall'intervento non presenta nuclei abitativi estesi, ma è caratterizzato da piccoli insediamenti formati da masserie (relativi fabbricati rustici di servizio necessari alla coltivazione di prodotti agricoli locali ed all'allevamento zootecnico), poste comunque ad una distanza superiore a 500 m dagli aerogeneratori previsti in progetto, come può evincersi dalla cartografia (figura 8.1), per cui, presumibilmente, non subiranno turbamenti dovuti alla presenza delle pale eoliche. La vegetazione dell'area direttamente interessata dal progetto è costituita in prevalenza da pascolo alberato con aree coltivate a seminativi estensivi, mentre l'area estesa presenta anche seminativi arborei, pascoli naturali, cespuglieti ed arbusteti e boschi, che saranno comunque tutelati. La scelta dell'area è stata dettata dalla presenza di buone condizioni di vento con bassa incidenza su aree protette. Il sito ha buone caratteristiche orografiche, complessivamente dispone di una buona viabilità di accesso.



Figura 8-1 – Localizzazione recettori sensibili presenti nell'area di impianto Buffer 500 m

le caratteristiche anemologiche locali;

- la mutua distanza tra aerogeneratori, al fine di contenere l'impatto visivo dell'opera e contemporaneamente minimizzare le perdite per turbolenza ed effetti scia;
- le abitazioni presenti, anche in relazione alla variazione di clima acustico nelle vicinanze dei ricettori;
- la non inclusione di Siti di Interesse Comunitario, Zone di Protezione Speciale e di altre aree non idonee;
- l'orografia del sito, l'assenza di vegetazione arborea e le caratteristiche geologiche delle aree utilizzate per gli aerogeneratori.

Nella figura di seguito riportata è possibile visualizzare il lay-out del parco in oggetto su base ortofoto insieme ai potenziali ricettori sensibili considerati in questa valutazione previsionale. Nello specifico, i potenziali ricettori considerati nella valutazione sono stati individuati in un buffer di 1000 m da ciascun aerogeneratore del parco eolico in progetto; inoltre, in tale buffer non è presente alcun ricettore sensibile quali scuole, ospedali case di cura e/o riposo ecc...

ID	Comune	Foglio	Particella	Categoria	Coordinate WGS84 UTM 33 N	
R01	Armento	26	278	A03	589703.88 m E	4463042.47 m N
R02	Armento	27	255	A04 – C02	589154.12 m E	4462738.04 m N
R03	Armento	27	268	A03	589139.00 m E	4462755.01 m N
R04	Armento	52	273	C02	588660.03 m E	4461163.21 m N
R05	Armento	29	116	A02	587873.90 m E	4461668.86 m N
R06	Armento	21	162	A04	588405.83 m E	4463152.65 m N
R07	Armento	28	82	A03	588248.35 m E	4463163.41 m N
R08	Armento	4	159	A04	589445.30 m E	4465853.32 m N
R09	Armento	2	173	A04	588214.43 m E	4466105.28 m N
R10	Armento	2	171	A04	587877.74 m E	4465942.30 m N
R11	Armento	18	213	A04	588261.13 m E	4464855.67 m N
R12	Armento	19	183	A03	587967.19 m E	4464656.97 m N
R13	Montemurro	19	133	A04 –D10	586272.02 m E	4465045.38 m N

R14	Montemurro	19	128	A04	586399.50 m E	4465627.09 m N
-----	------------	----	-----	-----	---------------	----------------

Tabella 8-1 – Dati catastali e coordinate dei ricettori sensibili presenti nell'area considerata (buffer1000m)

Categoria	Descrizione
A/2	Abitazioni di tipo civile
A/3	Abitazioni di tipo economico
A/4	Abitazioni di tipo popolare
C/2	Magazzini e locali di deposito
C/6	Stalle, scuderie, rimesse, autorimesse (senza fine di lucro)
D/10	Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole
E/3	Costruzioni e fabbricati per speciali esigenze pubbliche
F/3	Unità in corso di costruzione

Tabella 8-2 – Legenda categorie catastali

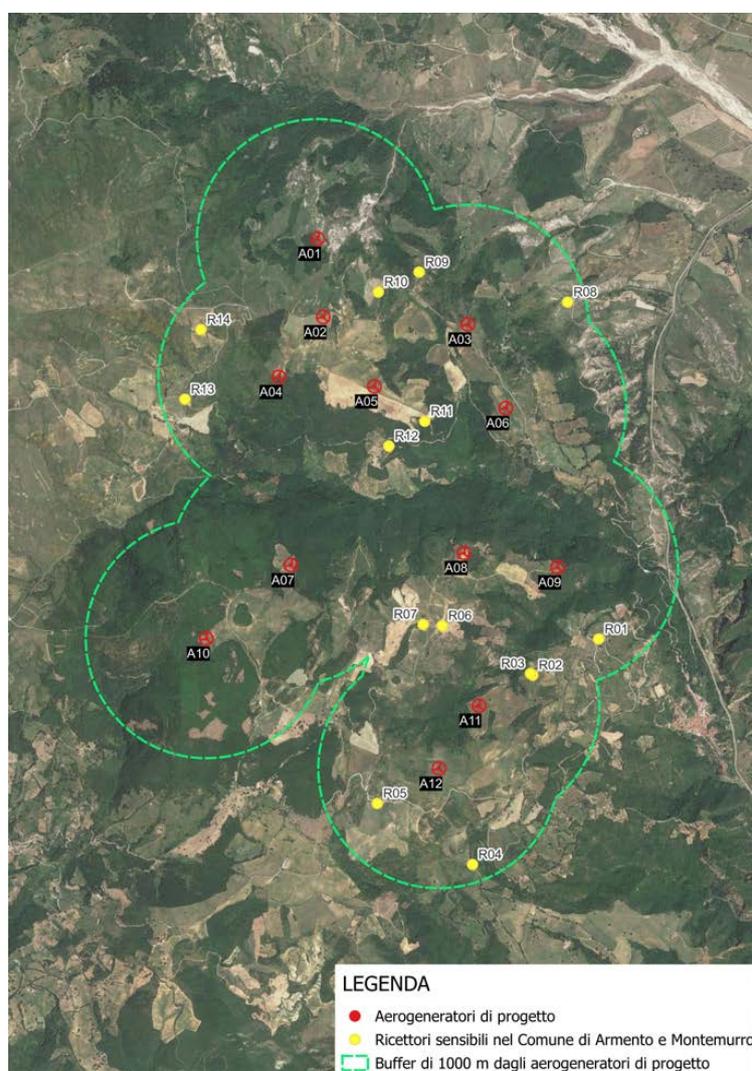


Figura 8-2 – Localizzazione recettori sensibili presenti nell'area di impianto Buffer 1000 m

ID	Coordinata Est (m) sist. Rif. UTM WGS84	Coordinata Nord (m) sist. Rif. UTM WGS84
A 01	587 374,80	4 466 391,19
A 02	587 420,39	4 465 736,06
A 03	588 621,80	4 465 674,80
A 04	587 053,53	4 465 235,52
A 05	587 845,71	4 465 156,78
A 06	588 935,21	4 464 975,11
A 07	587 152,98	4 463 663,25
A 08	588 589,42	4 463 764,77
A 09	589 365,07	4 463 645,12
A 10	586 451,21	4 463 049,34
A 11	588 713,15	4 462 488,16
A 12	588 380,76	4 461 963,14

**Tabella 8-3 – Coordinate nel SR UTM-WGS84 degli aerogeneratori in progetto**

## 9 Rapporto tecnico

Al fine di valutare in via previsionale l'impatto acustico generato in fase di esercizio dall'impianto eolico oggetto di studio, si è proceduto attraverso i seguenti step:

- una campagna di misure ante-operam finalizzata alla caratterizzazione del clima acustico dell'area interessata dalla realizzazione dell'intervento;
- l'applicazione di un modello previsionale al fine di stimare l'alterazione del clima acustico dell'area a seguito dell'entrata in esercizio dell'impianto;
- il confronto dei risultati ottenuti a valle della simulazione di propagazione del rumore con i limiti normativi di riferimento sia assoluti che differenziali.

Prima dell'inizio della campagna di misure sono state acquisite tutte le informazioni utili a definire il metodo, i tempi e le posizioni di misura più idonee considerando la presenza di ricettori o di sorgenti specifiche che contribuissero al livello di rumore dell'area.

Si specifica che, sono stati considerati ricettori sensibili, soltanto gli edifici accatastati, la cui classificazione catastale è risultata essere appartenente al Gruppo A (da A/1 ad A/11), ovvero abitazioni, oppure alla categoria D10 (Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole).

In particolare, si è proceduto ad effettuare un rilievo fonometrico di durata complessiva pari a circa 8 ore nell'area in esame, tra i giorni 18 e 19 giugno 2023. Tali misure si ritengono rappresentative del clima acustico relativo ai potenziali ricettori individuati nel dominio di analisi.

### 9.1 Rilievi fonometrici ante operam e determinazione del rumore residuo $L_R$

Nel presente studio, allo scopo di prevedere l'impatto indotto dall'impianto in progetto sono stati individuati i potenziali ricettori sensibili, in riferimento anche a quanto stabilito dal DPCM 14/11/97 e dalla Legge Quadro n.447/95, ovvero che le misure dei limiti di emissione acustica vanno

effettuate in corrispondenza degli ambienti abitativi, definiti come "ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive". In particolare, come sopra riportato, sono stati presi in esame i fabbricati ritenuti significativi, vale a dire quelli accatastati ed appartenenti alla categoria (da A/1 ad A/11), ovvero abitazioni, oppure alla categoria D10 (fabbricati destinati a funzioni produttive connesse alle attività agricole).

Per quanto riguarda i descrittori acustici, il DPCM 01.03.1991 indica il livello di pressione sonora come il valore della pressione acustica di un fenomeno sonoro espresso mediante la scala logaritmica dei decibel (dB) e dato dalla seguente espressione:

$$L_p = 10 \log(p^2/p_0^2)$$

dove  $p$  è il valore efficace della pressione sonora misurata in Pascal (Pa) e  $p_0$  è la pressione di riferimento che si assume uguale a 20 micropascal in condizioni standard. Inoltre, e in accordo con quanto ormai internazionalmente accettato, tutte le normative esaminate prescrivono che la misura della rumorosità ambientale venga effettuata attraverso la valutazione del livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", anch'esso espresso in decibel.

Gli accorgimenti nel corso delle misurazioni sono state:

- esecuzione delle misure ad almeno un metro di distanza da superfici interferenti;
- mantenimento del microfono ad una altezza di 1.5 metri dal suolo;
- mantenimento dell'osservatore a sufficiente distanza dal microfono (almeno 3 m).

Le rilevazioni sono state eseguite rilevando anche la velocità del vento per cui è stato possibile escludere tutte le misure di rumore in corrispondenza di velocità superiori a 5 m/s come richiesto dalla normativa (il microfono dello strumento è stato comunque dotato di cuffia antivento come prescritto dalla normativa); in merito al posizionamento del microfono, sono state rispettate le disposizioni di cui all'allegato B del dm 16.03.1998. Sono stati individuati 14 potenziali ricettori costituiti essenzialmente da edifici rurali per la maggior parte non abitati con continuità, si riporta di seguito la localizzazione di tali recettori.

Ricettore	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Comune	Categoria catastale
	Est [m]	Nord [m]		
R01	589703	4463042	Armento	A03
R02	589154	4462738	Armento	A04 – C02
R03	589139	4462738	Armento	A03
R04	588660	4461163	Armento	C02
R05	587873	4461668	Armento	A02
R06	588405	4463152	Armento	A04
R07	588248	4463163	Armento	A03
R08	589445	4465853	Armento	A04

R09	588214	4466105	Armento	A04
R10	587877	4465942	Armento	A04
R11	588261	4464855	Armento	A04
R12	587967	4464656	Armento	A03
R13	586272	4464656.	Montemurro	A04 – D10
R14	586399	4465627	Montemurro	A04

*Tabella 9-1 – Potenziali ricettori sensibili acustici considerati*

I ricettori sensibili considerati sono stati selezionati all'interno di un'area buffer di pari a 1000 m e centrata sulla proiezione a terra dell'asse degli aerogeneratori previsti in progetto (superiore ai 500 m suggeriti dalla Norma UNI/TS 11143-7 del febbraio 2013).

Nella tabella di seguito riportata è indicata la posizione della postazione impiegata per i rilievi acustici del rumore residuo  $L_R$ .

Postazione di misura	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33	
	Est	Nord
P01	589669	4463020
P02	587865	4461704
P03	586271	4465008
P04	588209	4465999

*Tabella 9-2 – Coordinate delle postazioni interessate dai rilievi acustici*

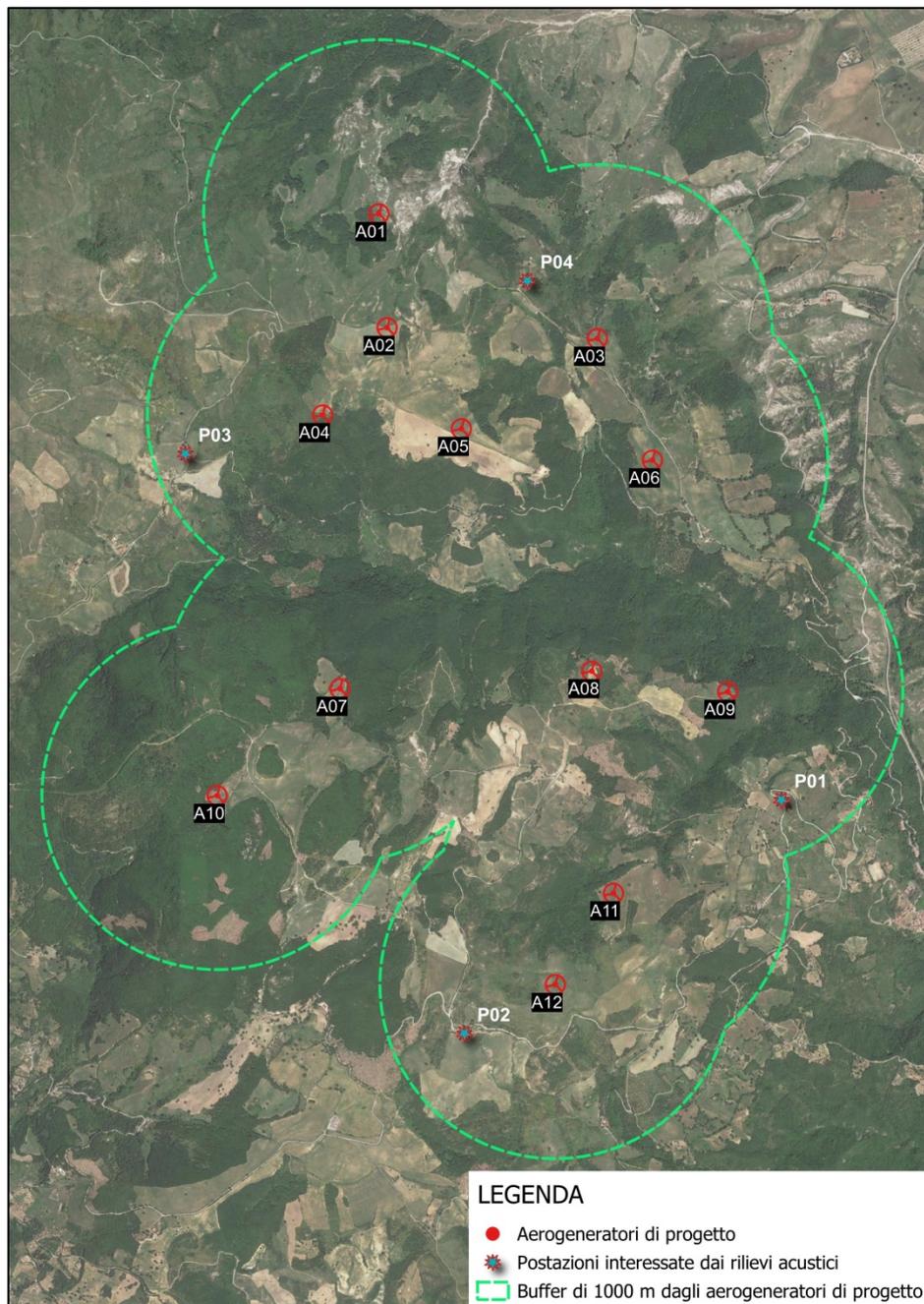


Figura 9-1 – Stralcio cartografico delle postazioni interessate dai rilievi acustici

Le misure del Rumore Residuo  $L_R$  ottenute in tale postazione, nel periodo diurno e notturno, sono state considerate rappresentative del clima acustico dell'area interessata dall'opera in progetto e pertanto sono state prese a riferimento anche per tutti i ricettori sensibili presenti nell'area. Lo strumento impiegato rileva e memorizza i livelli sonori con tutte le costanti di tempo normalizzate (Fast, Slow, Impulse, Picco, Massimo e Minimo), consentendo una lettura diretta del livello equivalente ( $L_{eq}$ ) non solo come valore globale pesato (A), ma anche come traccia del suo andamento temporale e di quello relativo ad ogni banda di 1/3 d'ottava. I rilievi sono stati acquisiti nella memoria interna del fonometro e successivamente scaricati su personal computer e analizzati con l'ausilio di software specifici, con i quali è possibile "depurare" le rilevazioni dagli eventi sonori occasionali estranei ai fenomeni acustici in esame.

## 9.2 Risultati delle misure ante operam e valore del rumore residuo $L_R$

Si ritiene che le condizioni acustiche del territorio in esame osservate durante il tempo di misura siano risultate rappresentative per la stima del clima acustico ante operam in quanto, durante il tempo di misura, non si sono verificati eventi sonori atipici (rispetto alle normali attività agricole e zootecniche ed alla presenza di qualche cane nell'area). Si riportano di seguito i risultati dei rilievi del rumore residuo, sia per il periodo di riferimento diurno che per quello notturno. Le misure, per la verifica dei limiti normativi, sono state arrotondate a 0.5 dB come previsto nelle disposizioni tecniche del DPCM 16/03/1998.

### Misura P01 – Diurno



File	20230618_125516_135518.cmg										
Ubicazione	MY_LOC										
Tipo dati	Leq										
Pesatura	A										
Inizio	18/06/2023 12:55:16										
Fine	18/06/2023 13:55:18										
	Leq										Durata
Sorgente	Sorgente	Lmin	Lmax	L99	L90	L55	L50	L10	L5	L1	complessivo
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	h:min:s
Sorgente	59.8	38.1	74.6	38.0	39.6	48.7	49.5	60.4	64.1	74.5	00:01:19
Non codificato	42.2	29.5	61.9	30.6	33.1	37.3	38.0	44.8	46.8	51.4	00:58:43
Globale	45.7	29.5	74.6	30.6	33.1	37.4	38.2	45.1	47.6	55.5	01:00:02

Tabella 9-3 – Valori del rumore residuo diurno P01

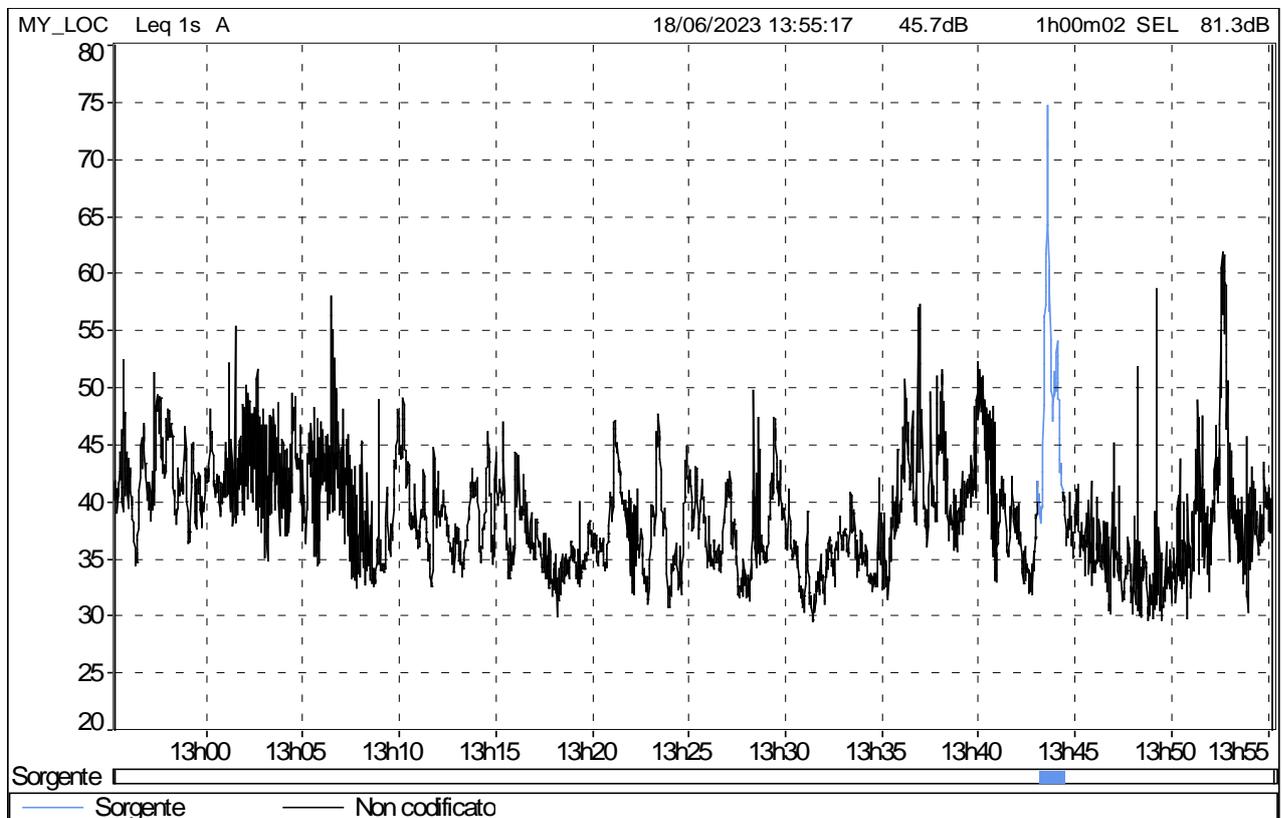


Tabella 9-4 – Storia temporale misura diurno P01

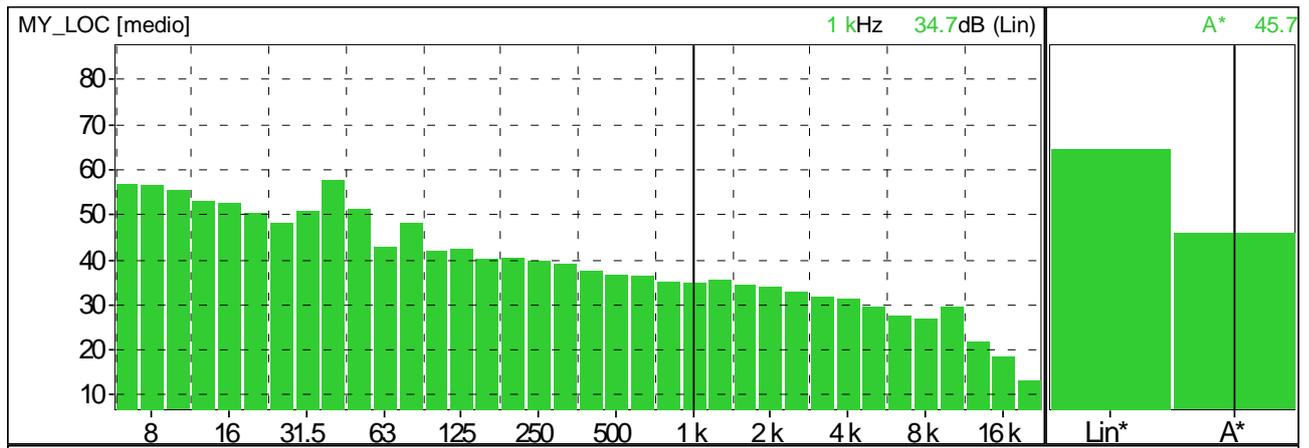


Tabella 9-5 – Spettro medio misura diurno P01

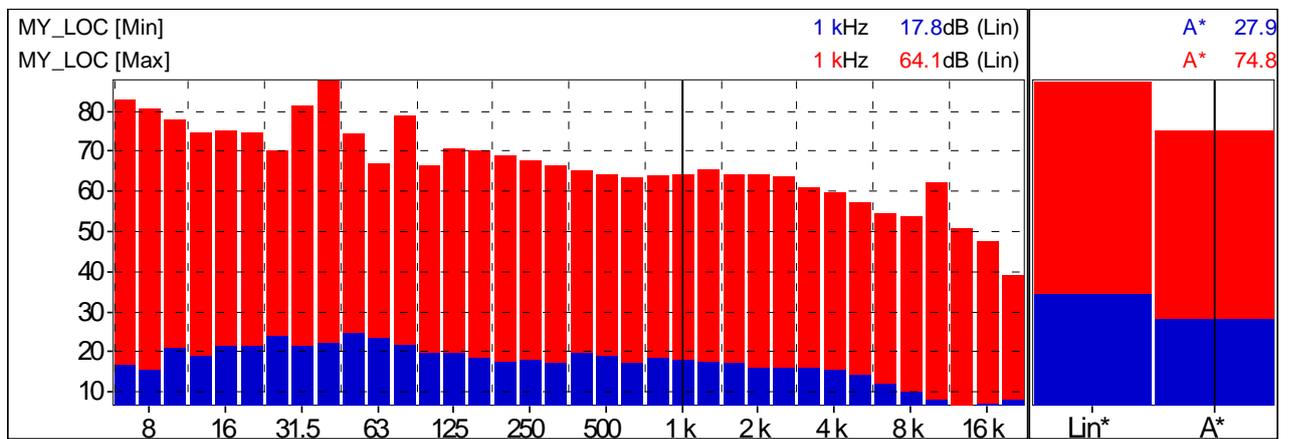


Tabella 9-6 – Spettro minimo e massimo misura diurno P01

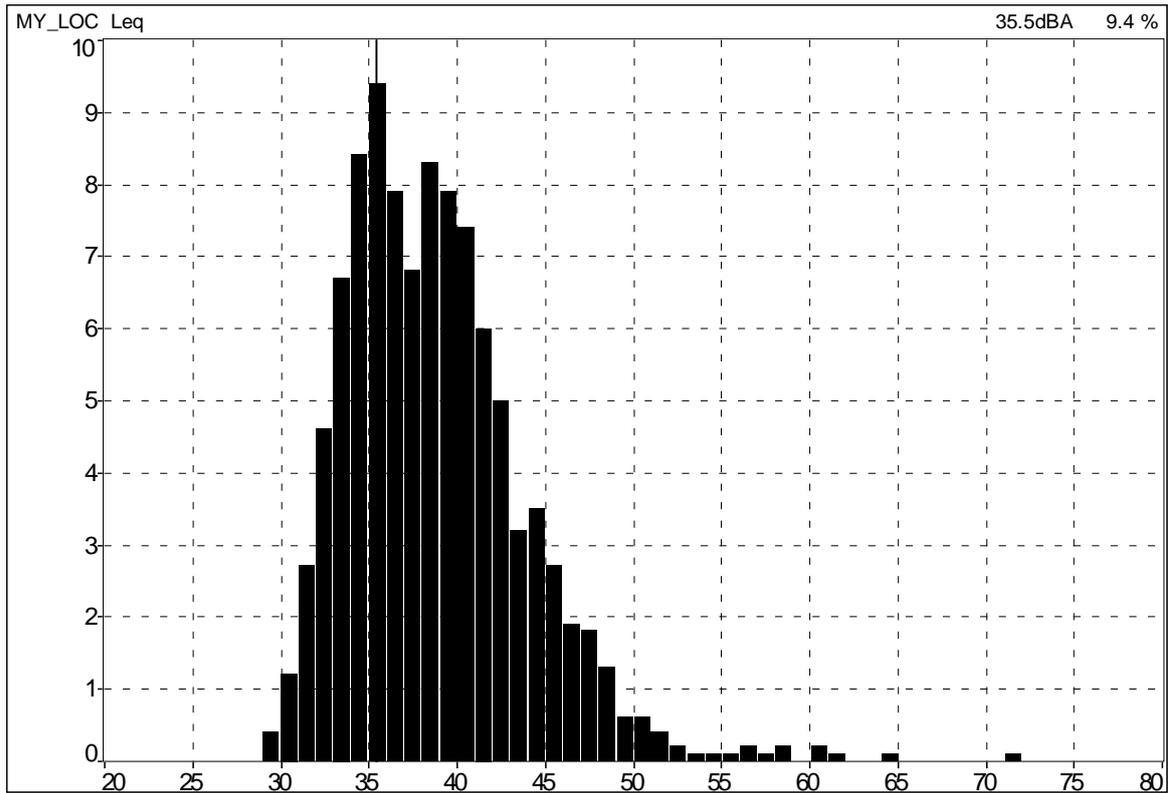


Tabella 9-7 – Distribuzione d'ampiezza misura diurno P01

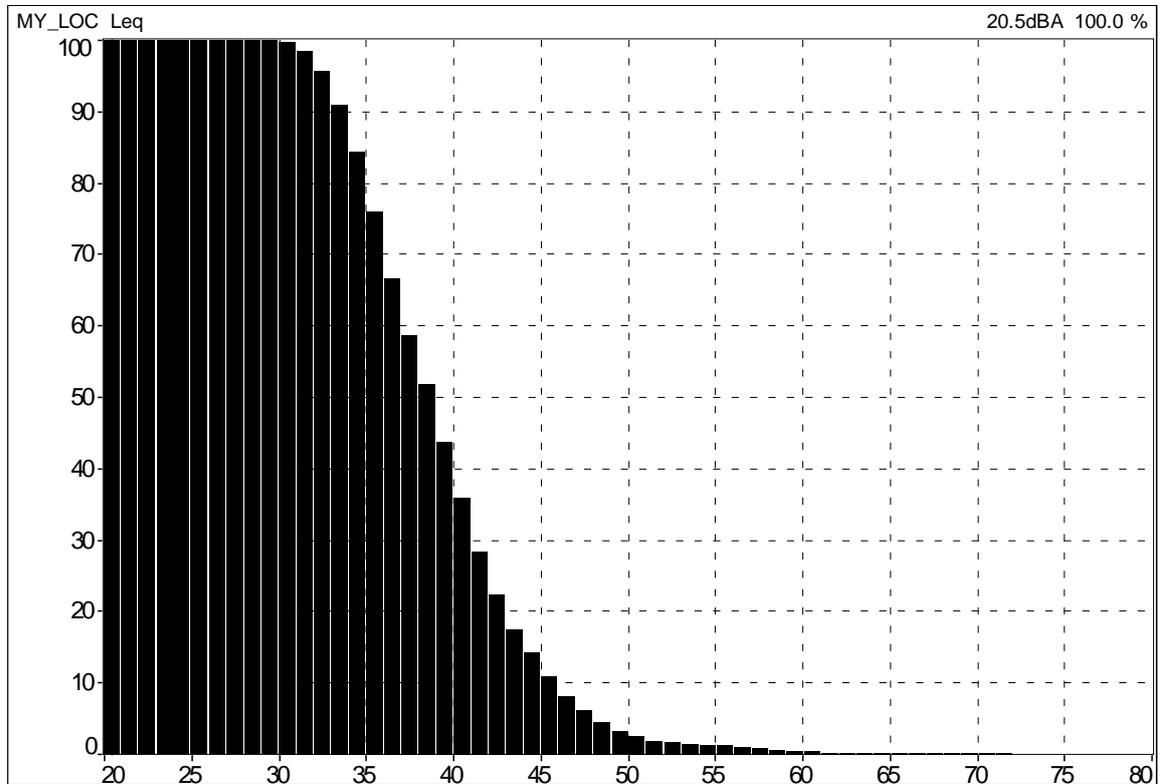


Tabella 9-8 – Curva Cumulata misura diurno P01

**Misura P01 – Notturno**

File	20230618_181215_191217.cmg												
Inizio	18/06/2023 10:12:15												
Fine	18/06/2023 11:12:17												
Canale	Tipo	Ponderazione	Unità	Leq	Lmin	Lmax	L99	L90	L55	L50	L10	L5	L1
MY_LOC	Leq	A	dB	31.9	22.7	50.1	24.0	26.6	29.7	30.0	34.1	35.8	40.3

Tabella 9-9 – Valori del rumore residuo notturno P01

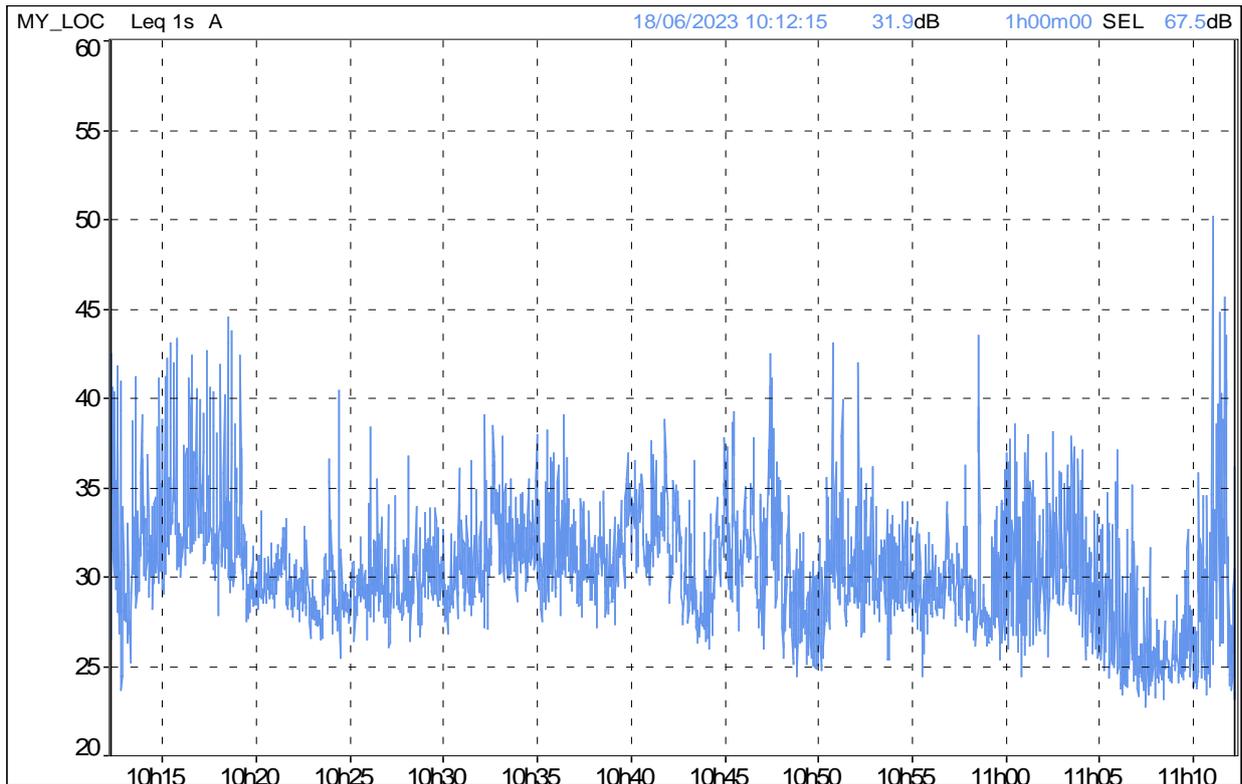


Tabella 9-10 – Storia temporale misura notturno P01

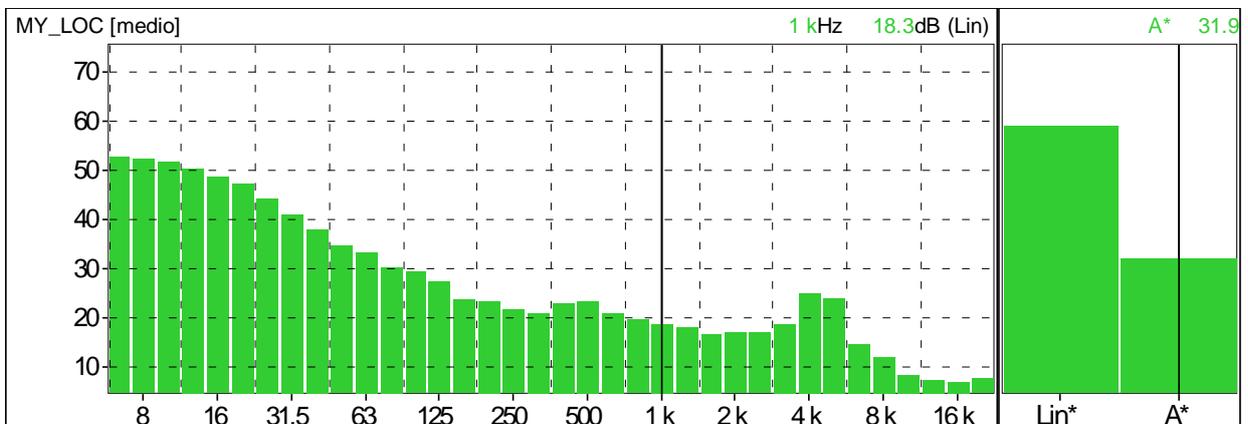


Tabella 9-11 – Spettro medio misura notturno P01

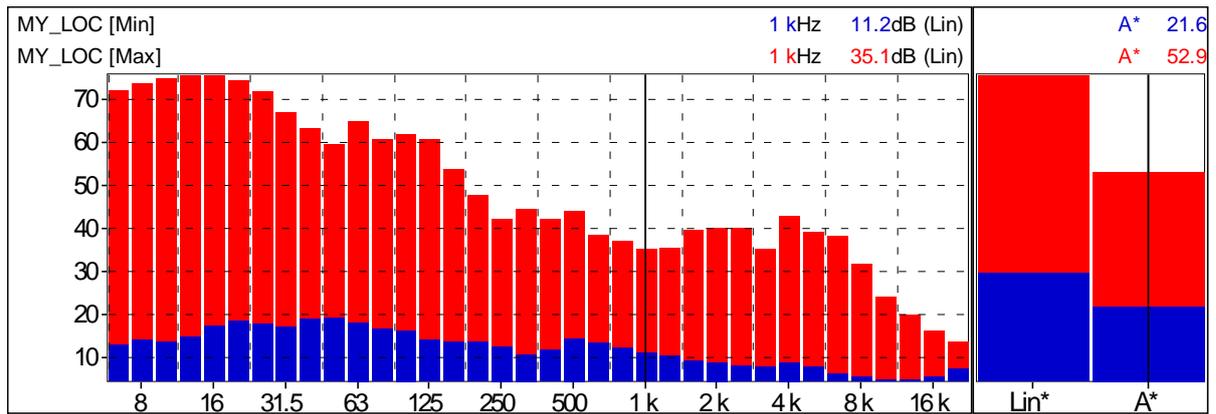


Tabella 9-12 – Spettro minimo e massimo misura notturno P01

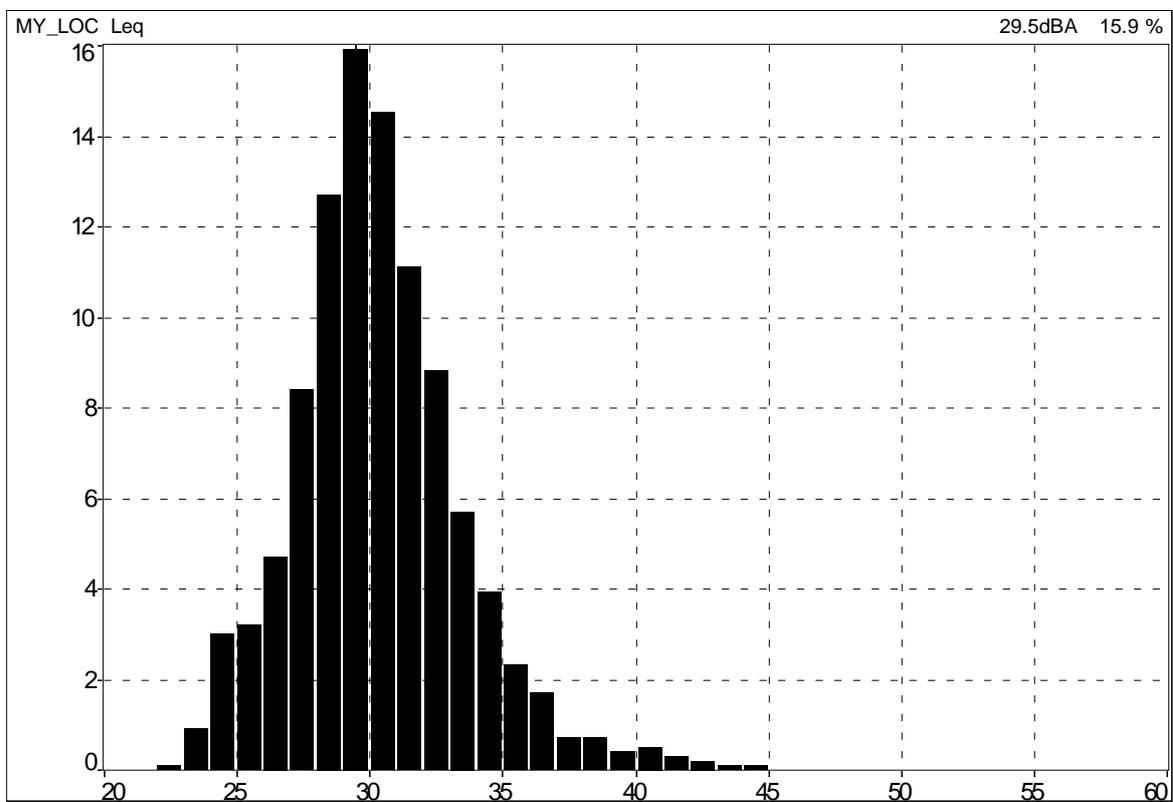


Tabella 9-13 – Distribuzione d'ampiezza misura notturno P01

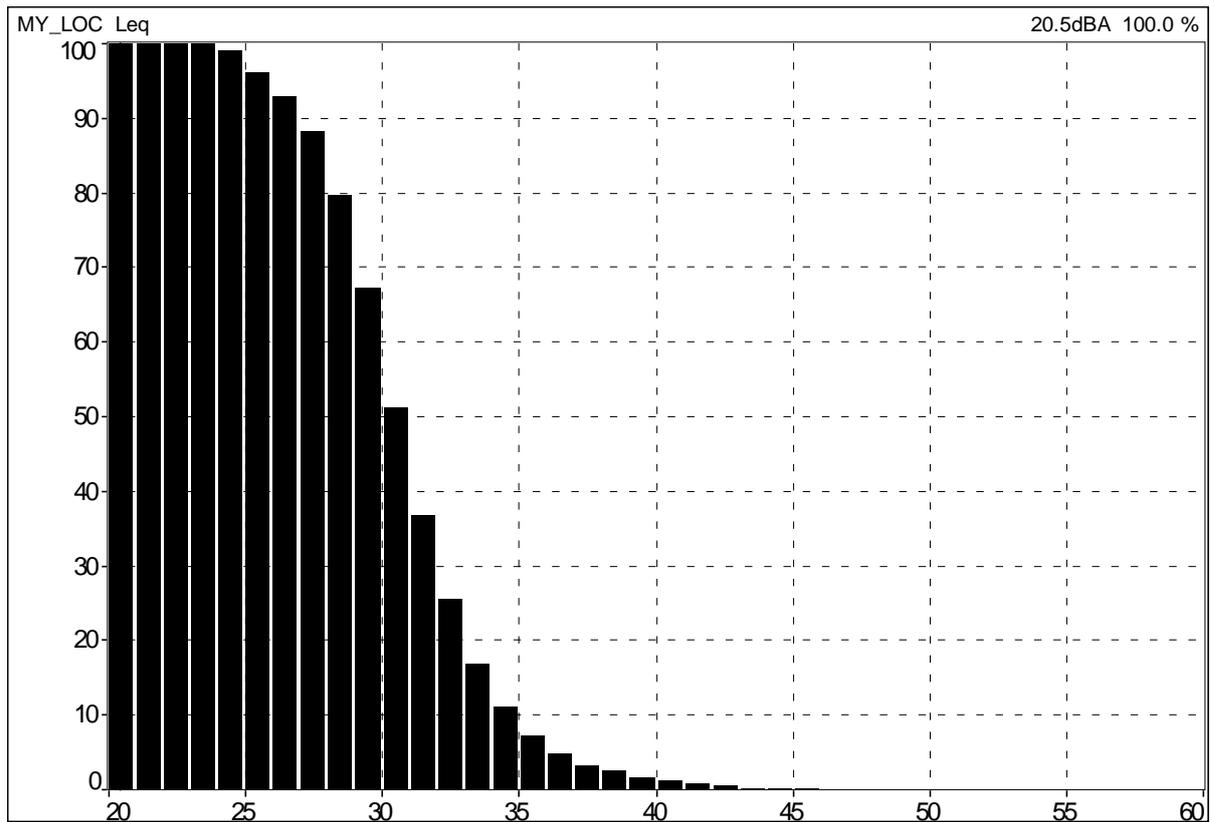


Tabella 9-14 – Curva Cumulata misura notturno P01

**Misura P02 – Diurno**



File	20230618_140650_150651.cmg										
Ubicazione	MY_LOC										
Tipo dati	Leq										
Pesatura	A										
Inizio	18/06/2023 14:06:50										
Fine	18/06/2023 15:06:52										
	Leq										Durata
Sorgente	Sorgente	Lmin	Lmax	L99	L90	L55	L50	L10	L5	L1	complessivo
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	h:min:s
Sorgente	60.2	29.3	74.8	31.2	34.5	43.2	44.4	61.2	67.8	71.8	00:01:51
Non codificato	37.9	28.4	61.6	29.5	30.8	33.0	33.4	39.6	42.0	48.8	00:58:11
Globale	45.8	28.4	74.8	29.5	30.9	33.1	33.5	40.4	43.6	52.7	01:00:02

Tabella 9-15 – Valori del rumore residuo diurno P02

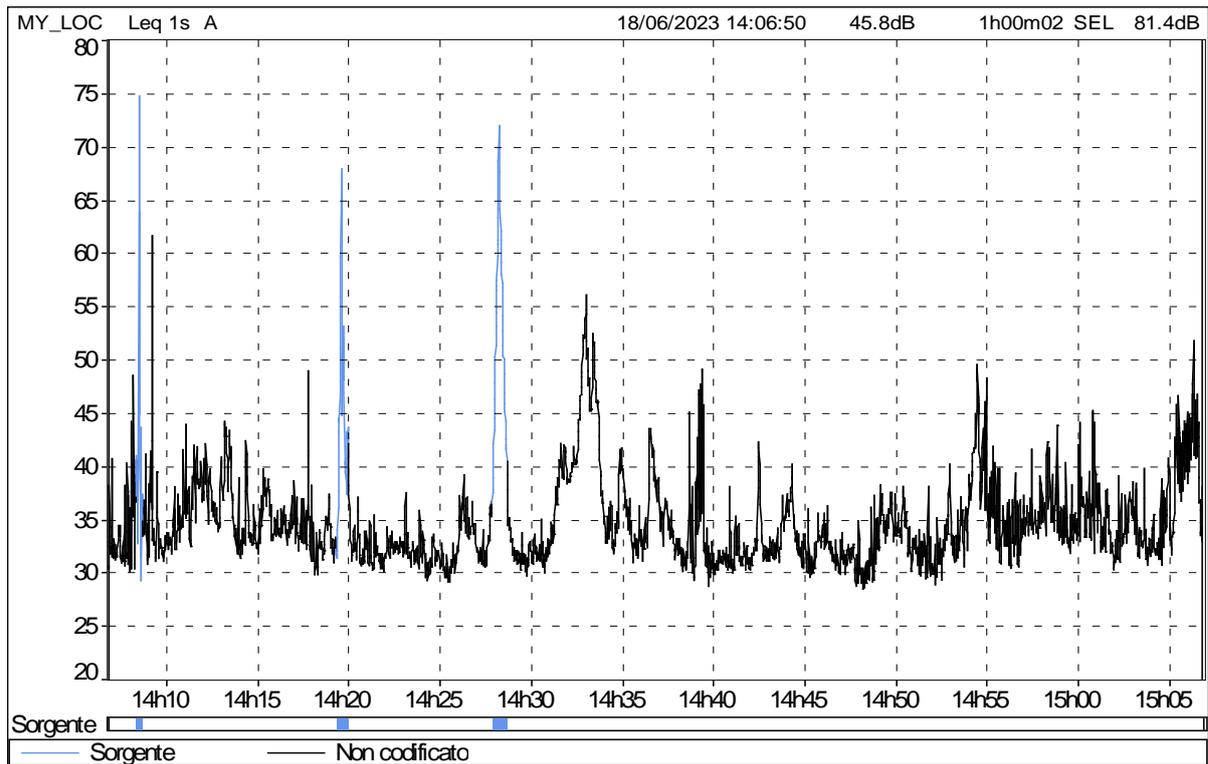


Tabella 9-16 – Storia temporale misura diurno P02

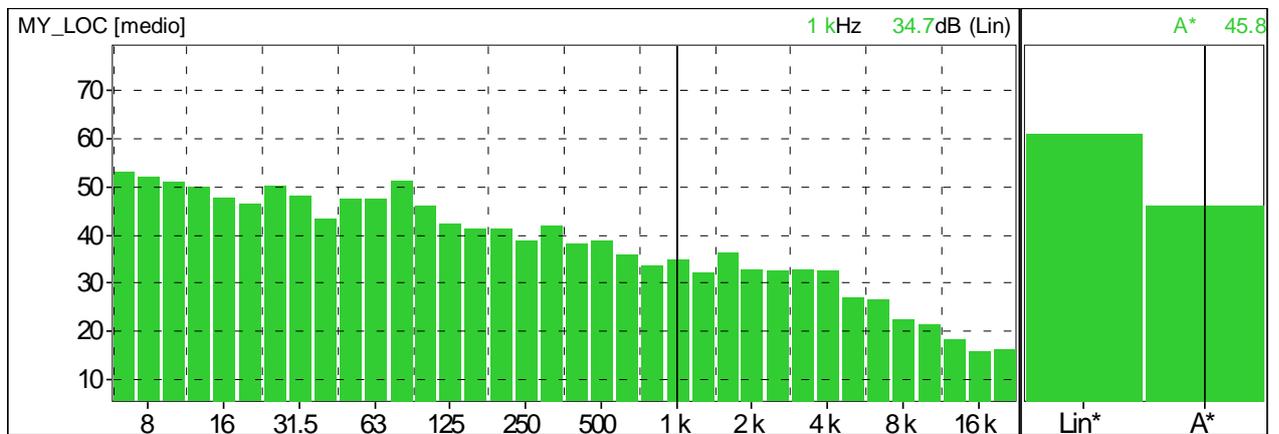


Tabella 9-17 – Spettro medio misura diurno P02

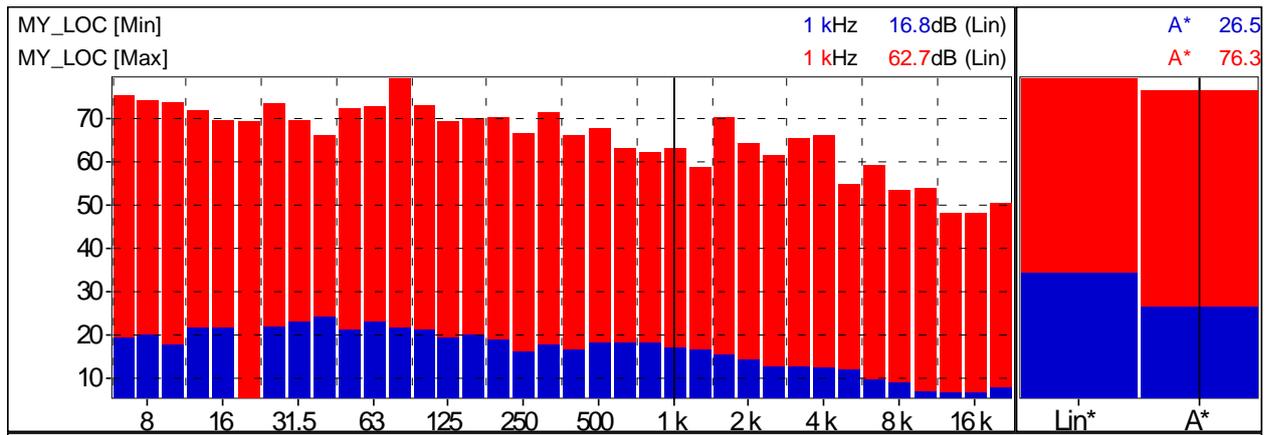


Tabella 9-18 – Spettro minimo e massimo misura diurno P02

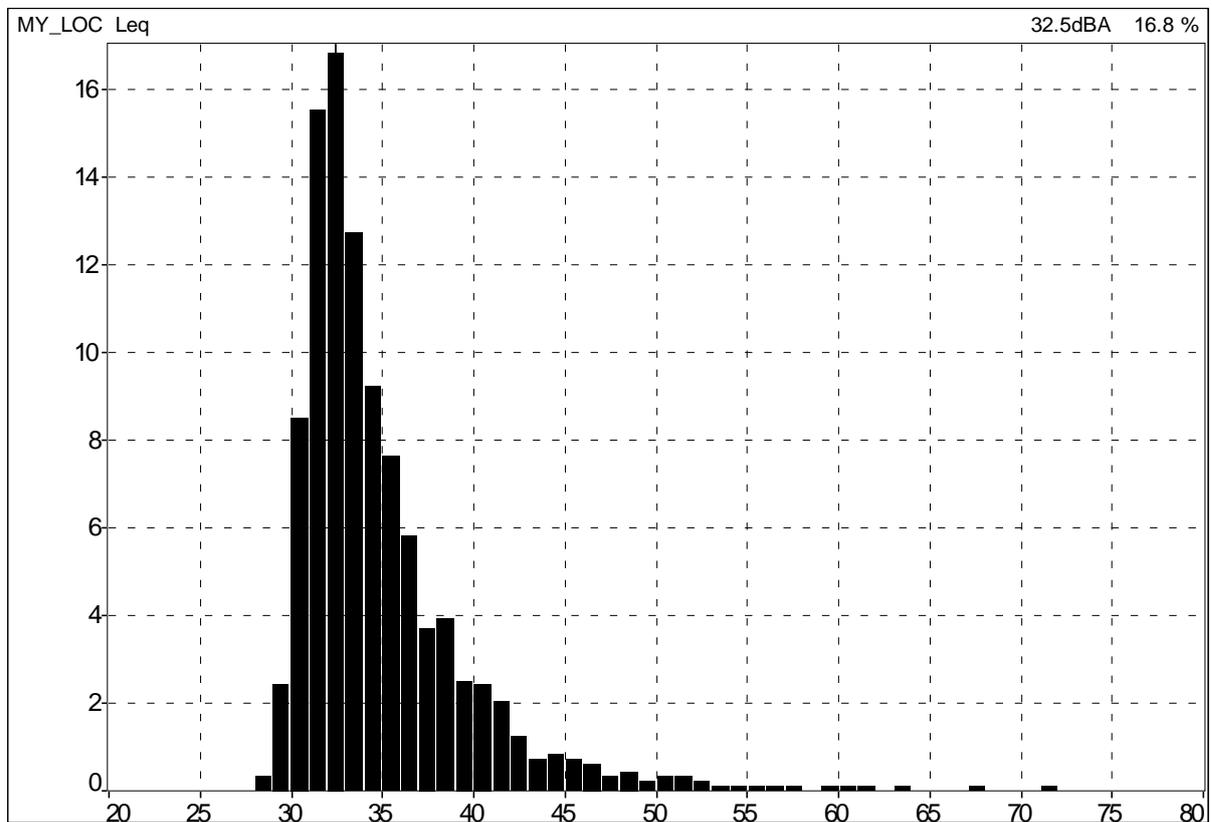


Tabella 9-19 – Distribuzione d'ampiezza misura diurno P02

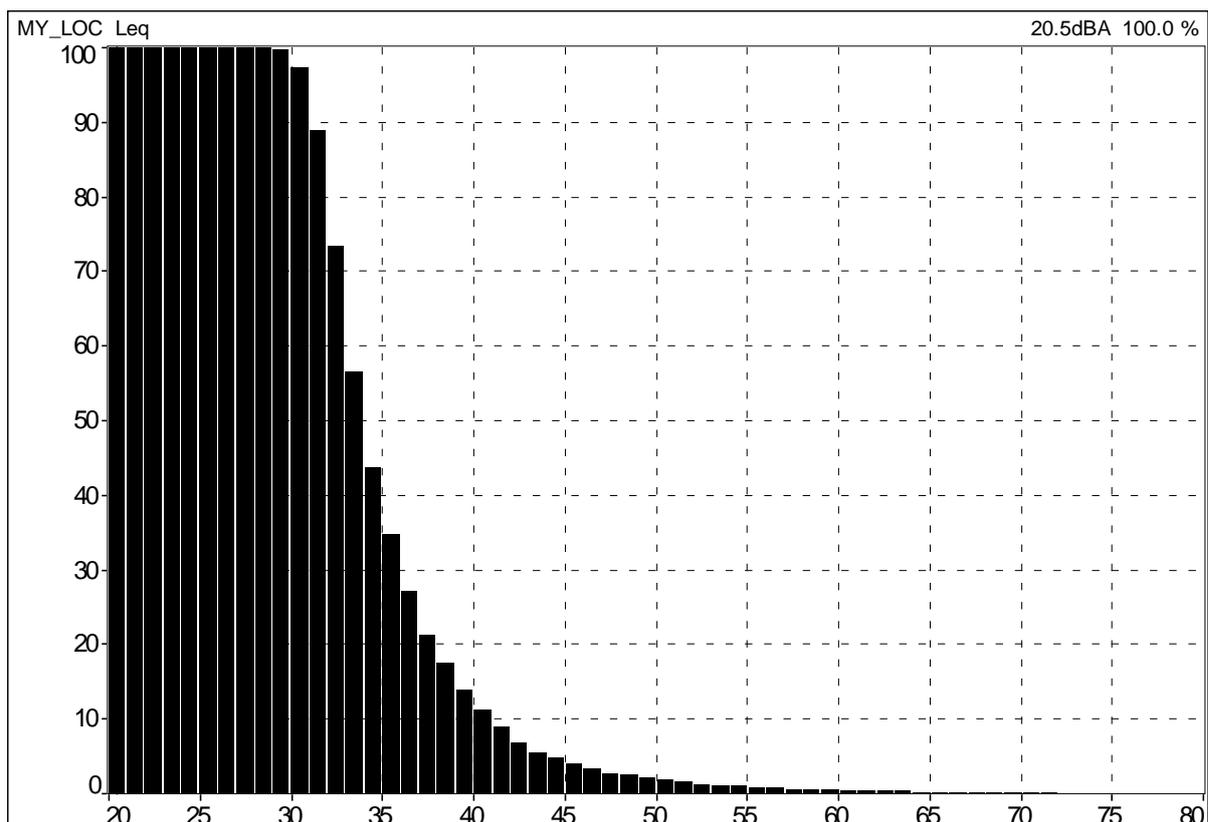


Tabella 9-20 – Curva Cumulata misura diurno P02

### Misura P2 – Notturmo

File	20230619_042721_052912.cmg												
Inizio	19/06/2023 00:27:21												
Fine	19/06/2023 01:29:13												
Canale	Tipo	Ponderazione	Unità	Leq	Lmin	Lmax	L99	L90	L55	L50	L10	L5	L1
MY_LOC	Leq	A	dB	46.9	21.7	61.4	22.2	23.7	37.7	38.6	52.4	54.4	56.8

Tabella 9-21 – Valori del rumore residuo notturno P02

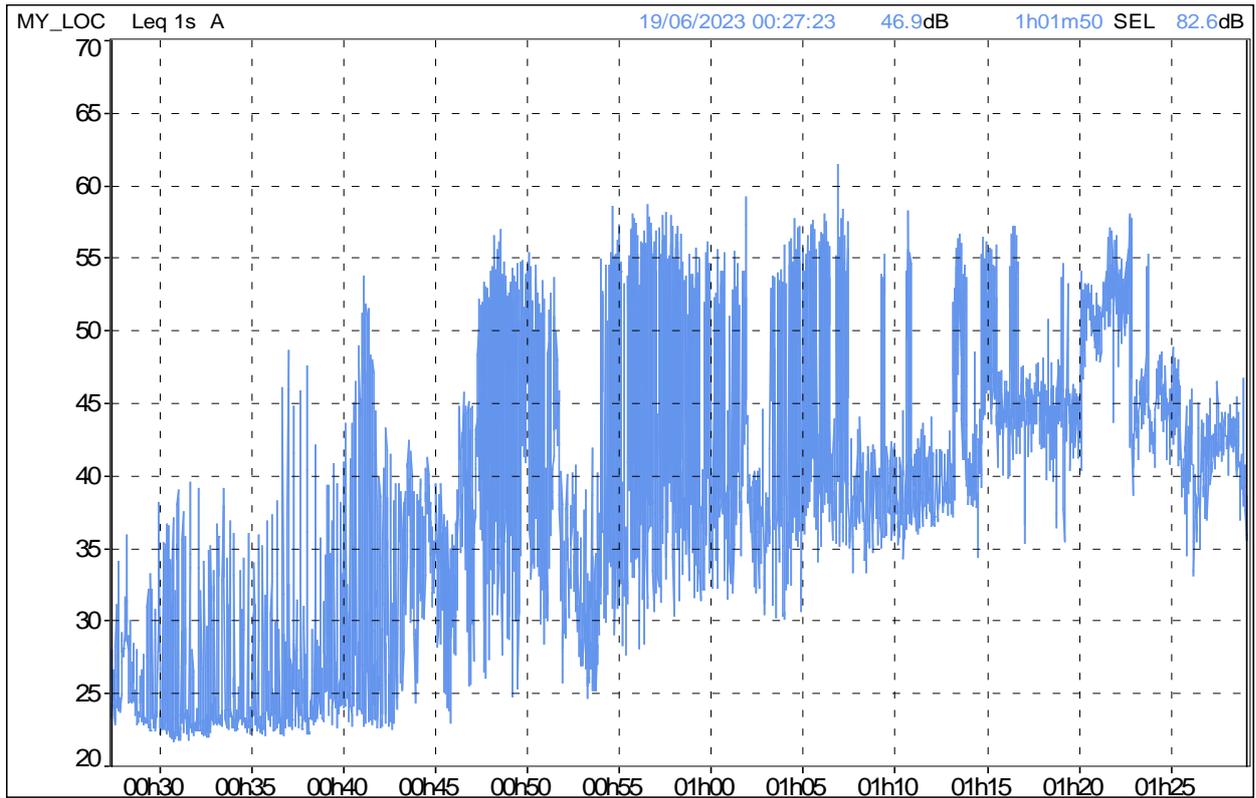


Tabella 9-22 – Storia temporale misura notturno P02

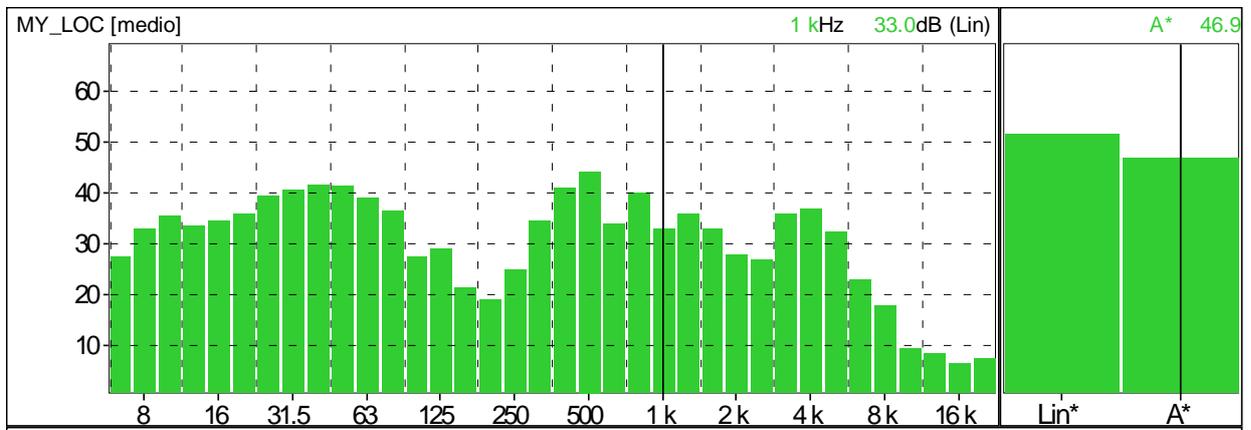


Tabella 9-23 – Spettro medio misura notturno P02

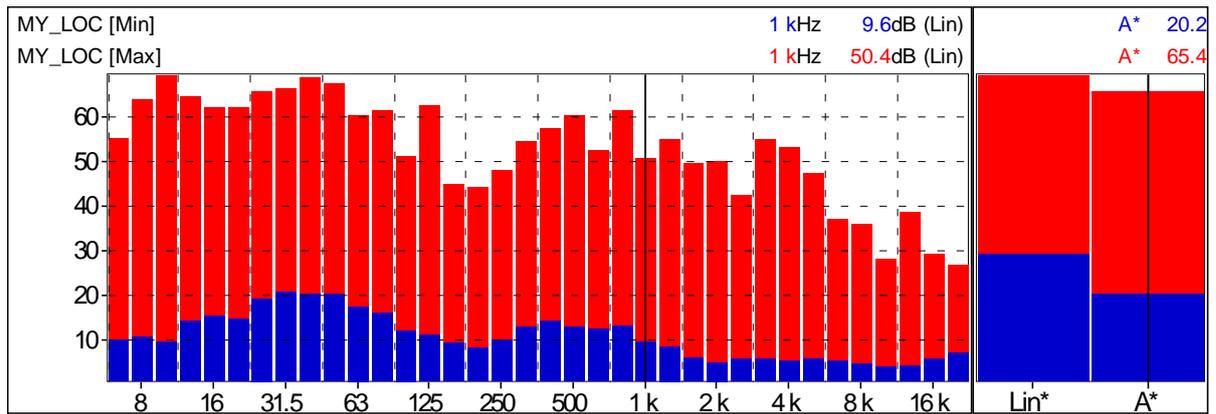


Tabella 9-24 – Spettro minimo e massimo misura notturno P02

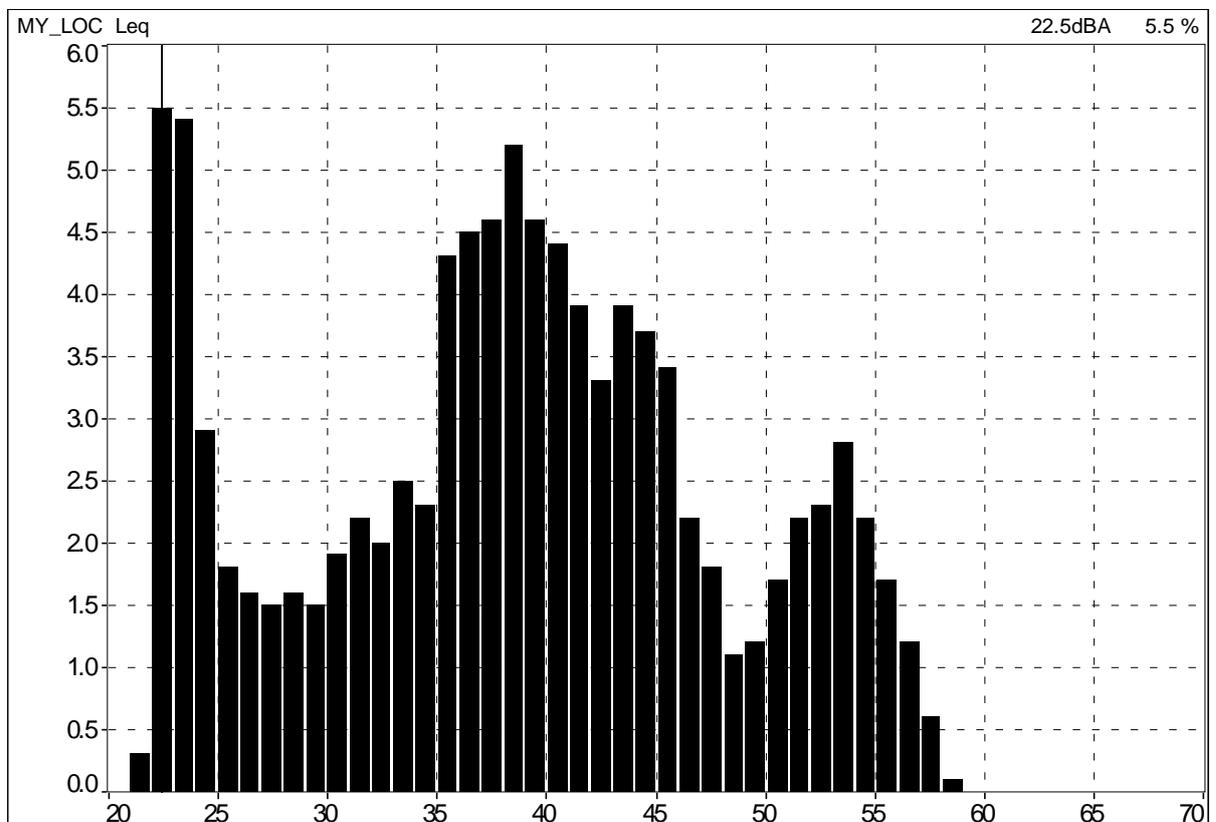


Tabella 9-25 – Distribuzione d'ampiezza misura notturno P02

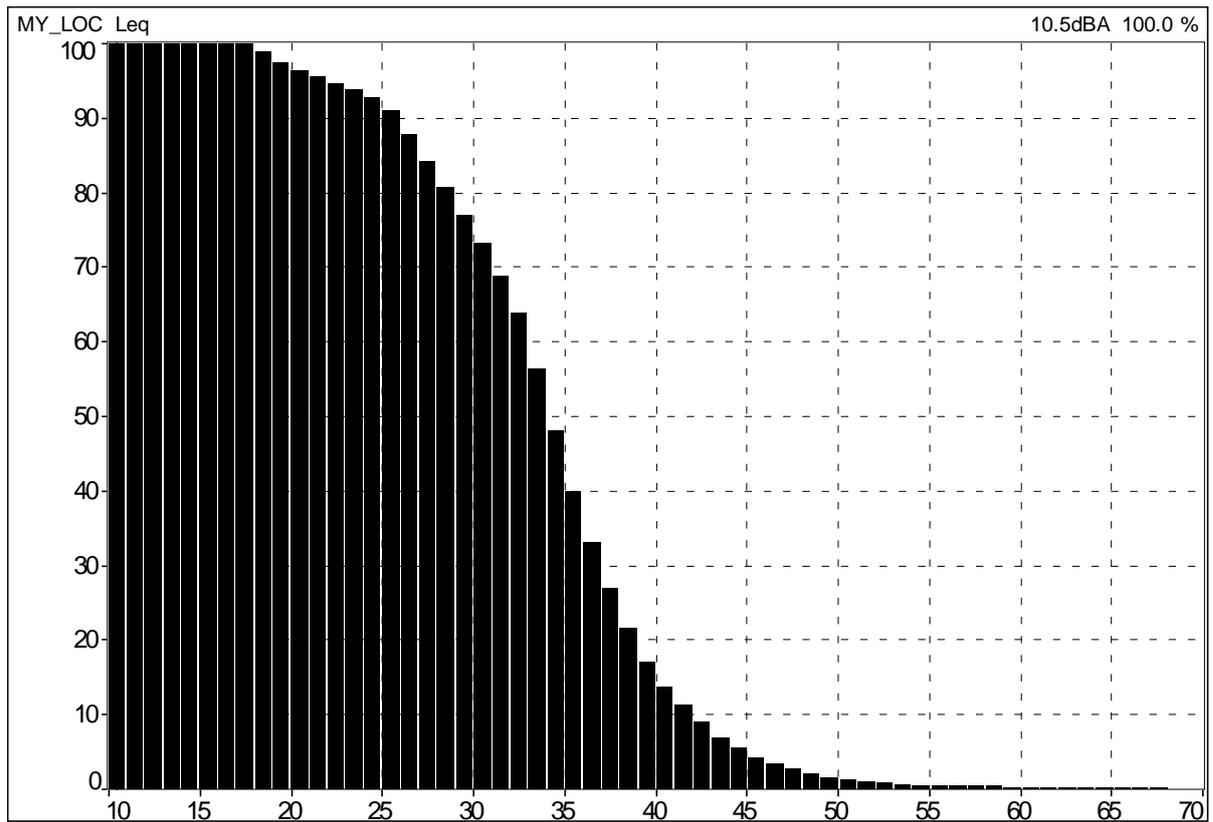


Tabella 9-26 – Curva Cumulata misura notturno P02

**Misura P03 – Diurno**



File	20230618_152331_162359.cmg										
Ubicazione	MY_LOC										
Tipo dati	Leq										
Pesatura	A										
Inizio	18/06/2023 15:23:31										
Fine	18/06/2023 16:23:59										
	Leq										Durata
Sorgente	Sorgente	Lmin	Lmax	L99	L90	L55	L50	L10	L5	L1	complessivo
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	h:min:s
Sorgente	66.9	35.1	79.7	35.0	36.3	50.1	51.9	68.9	74.7	79.6	00:00:53
Non codificato	41.8	28.5	62.5	29.9	33.6	37.3	37.7	43.2	45.3	52.7	00:59:35
Globale	49.4	28.5	79.7	29.9	33.6	37.3	37.8	43.6	46.1	55.1	01:00:28

Tabella 9-27 – Valori del rumore residuo diurno P03

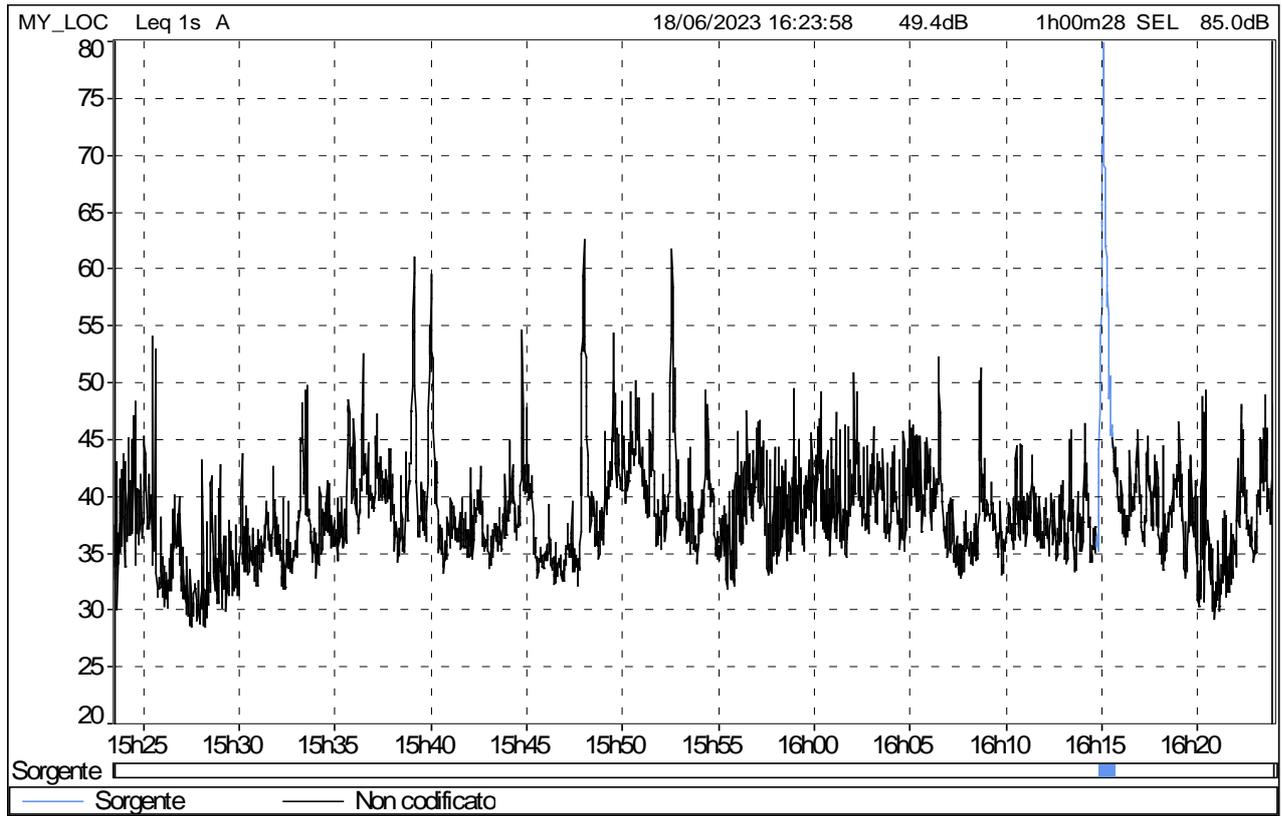


Tabella 9-28 – Storia temporale misura diurno P03

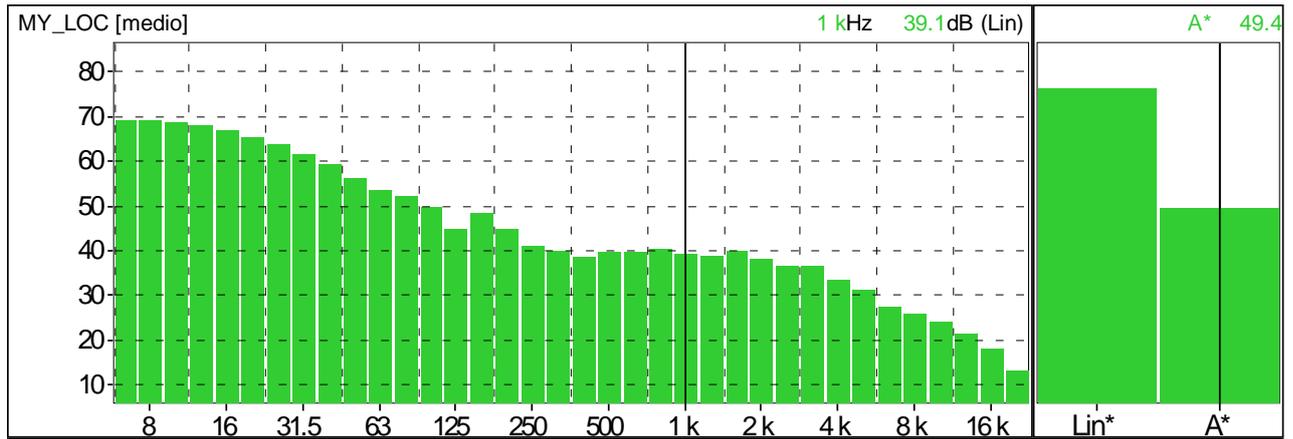


Tabella 9-29 – Spettro medio misura diurno P03

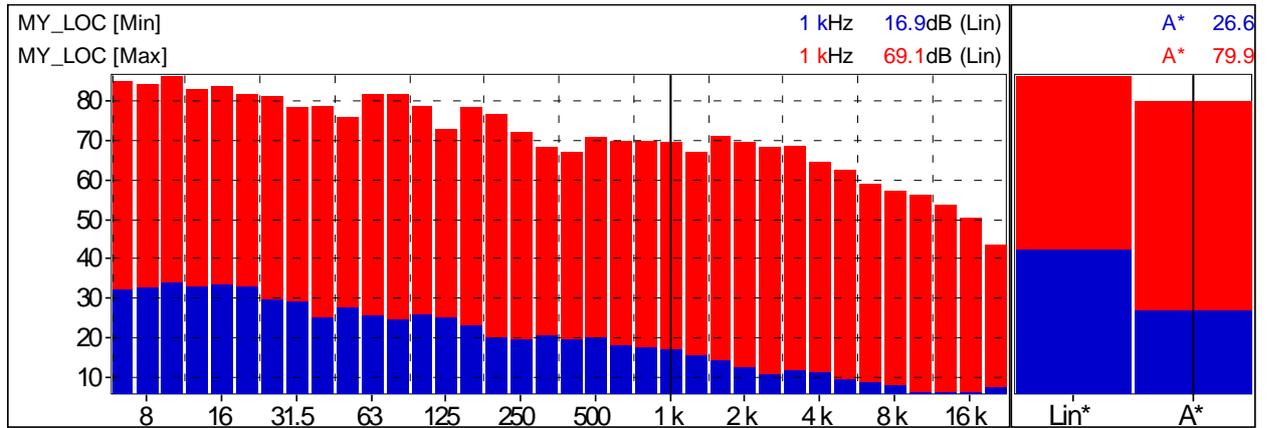


Tabella 9-30 – Spettro minimo e massimo misura diurno P03

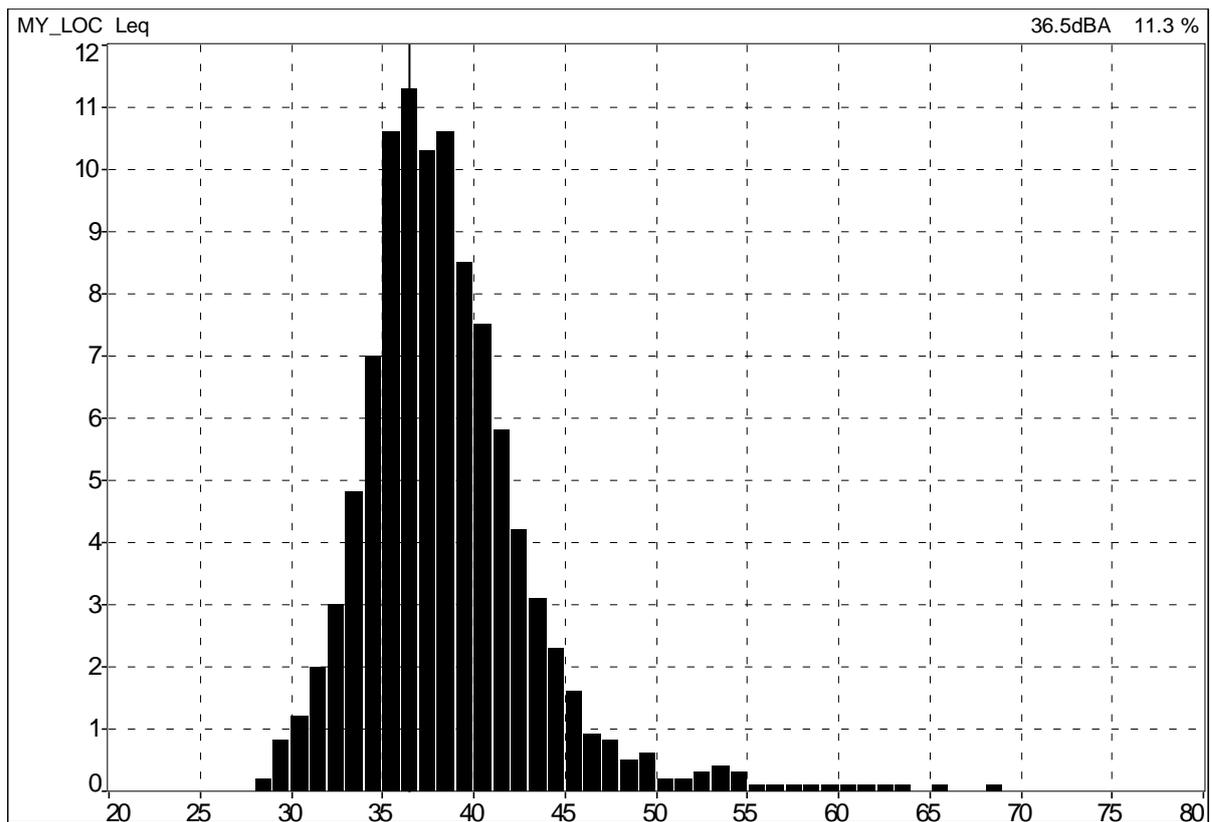


Tabella 9-31 – Distribuzione d'ampiezza misura diurno P03

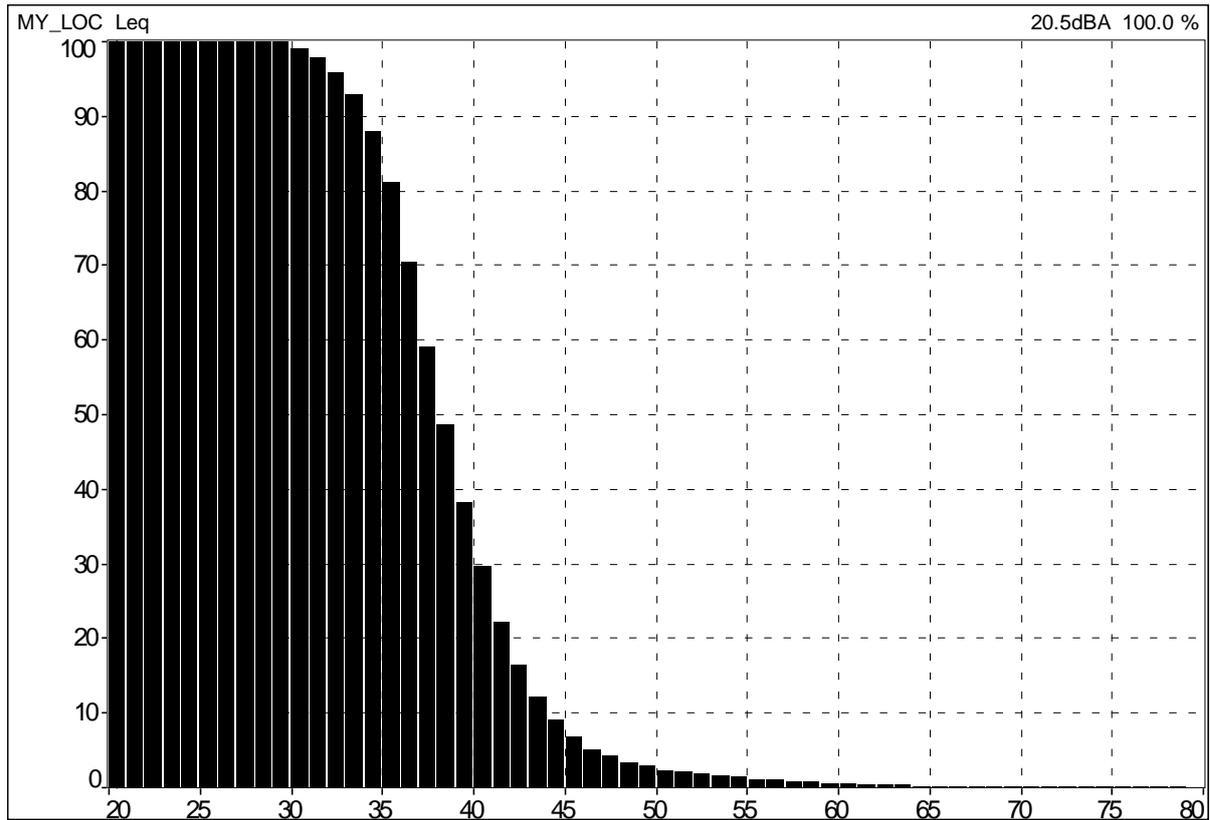


Tabella 9-32 – Curva Cumulata misura diurno P03

**Misura P03 – Notturmo**

File	20230619_052930_062931.cmg										
Ubicazione	MY_LOC										
Tipo dati	Leq										
Pesatura	A										
Inizio	19/06/2023 01:45:50										
Fine	19/06/2023 02:45:51										
	Leq										Durata
Sorgente	Sorgente	Lmin	Lmax	L99	L90	L55	L50	L10	L5	L1	complessivo
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	h:min:s
Sorgente	50.1	33.7	63.7	34.0	36.3	40.5	42.3	53.0	55.5	61.0	00:01:44
Non codificato	42.1	27.7	58.5	30.1	33.5	38.8	39.2	44.9	46.7	51.5	00:58:17
Globale	42.8	27.7	63.7	30.1	33.6	38.8	39.3	45.1	47.1	52.5	01:00:01

Tabella 9-33 – Valori del rumore residuo notturno P03

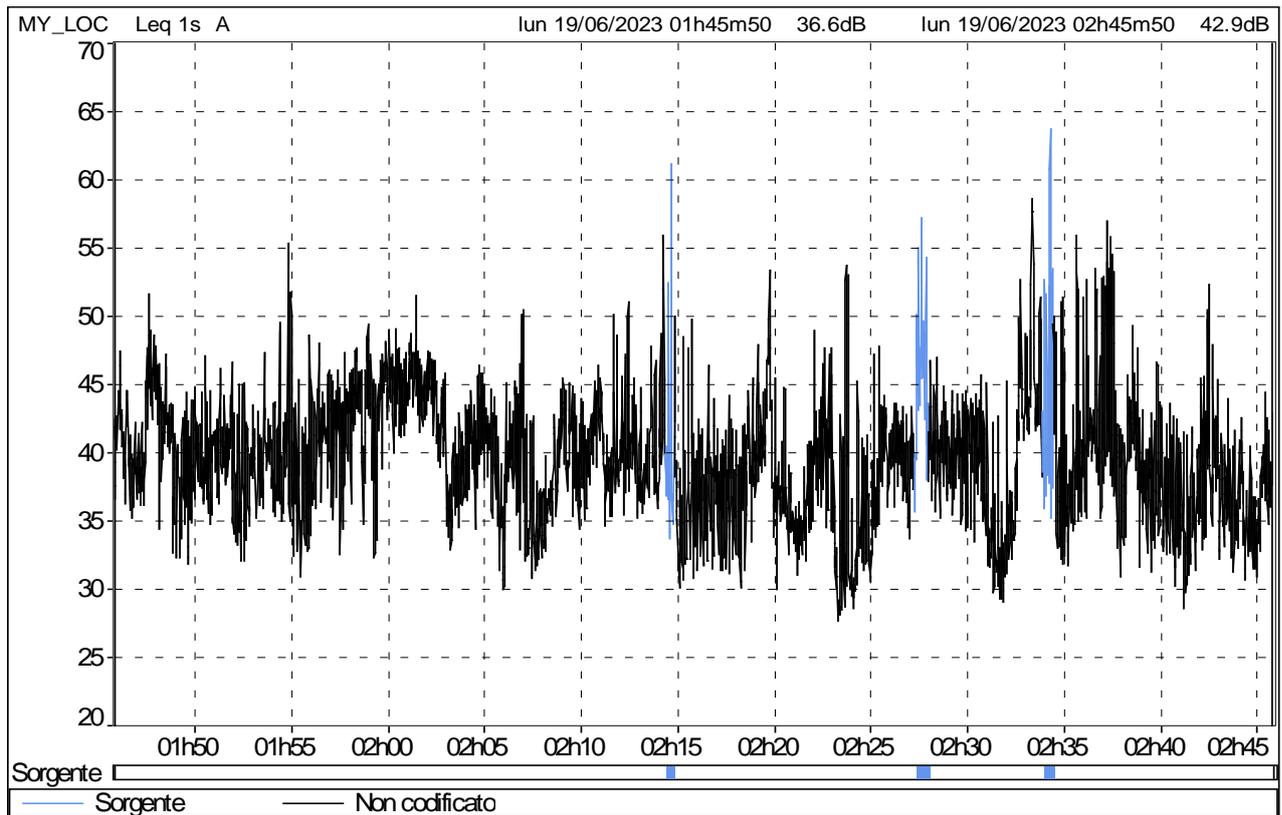


Tabella 9-34 – Storia temporale misura notturno P03

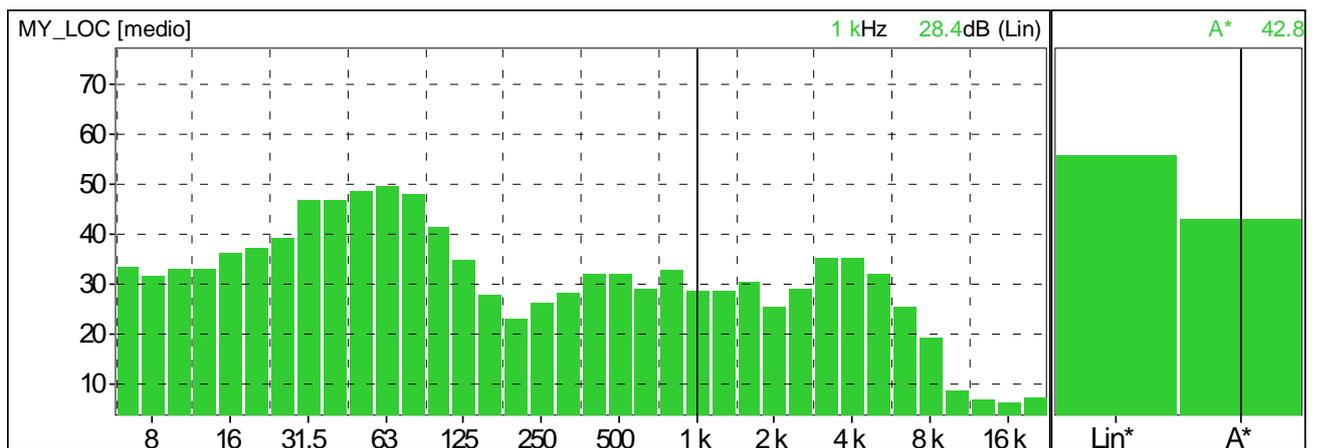


Tabella 9-35 – Spettro medio misura notturno P03

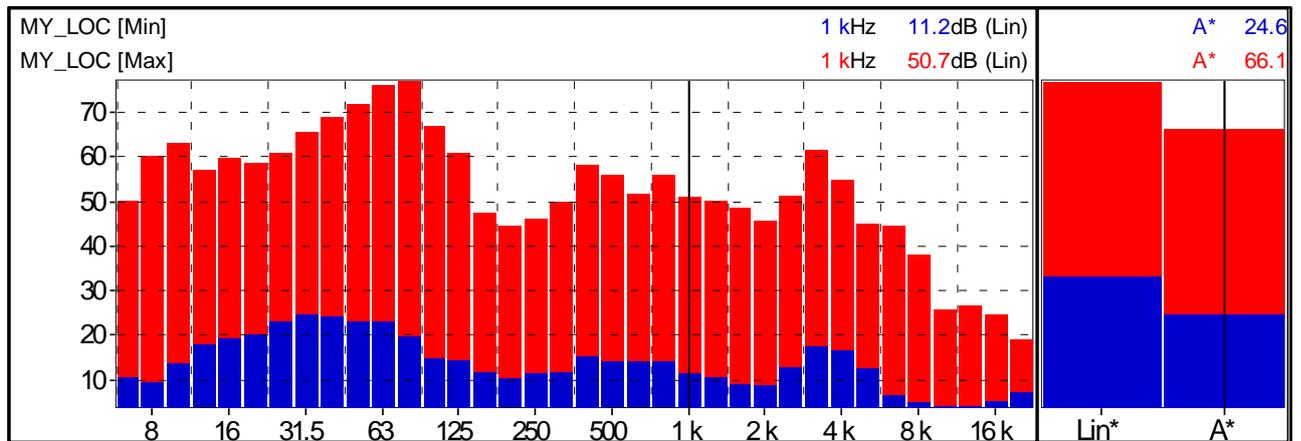


Tabella 9-36 – Spettro minimo e massimo misura notturno P03

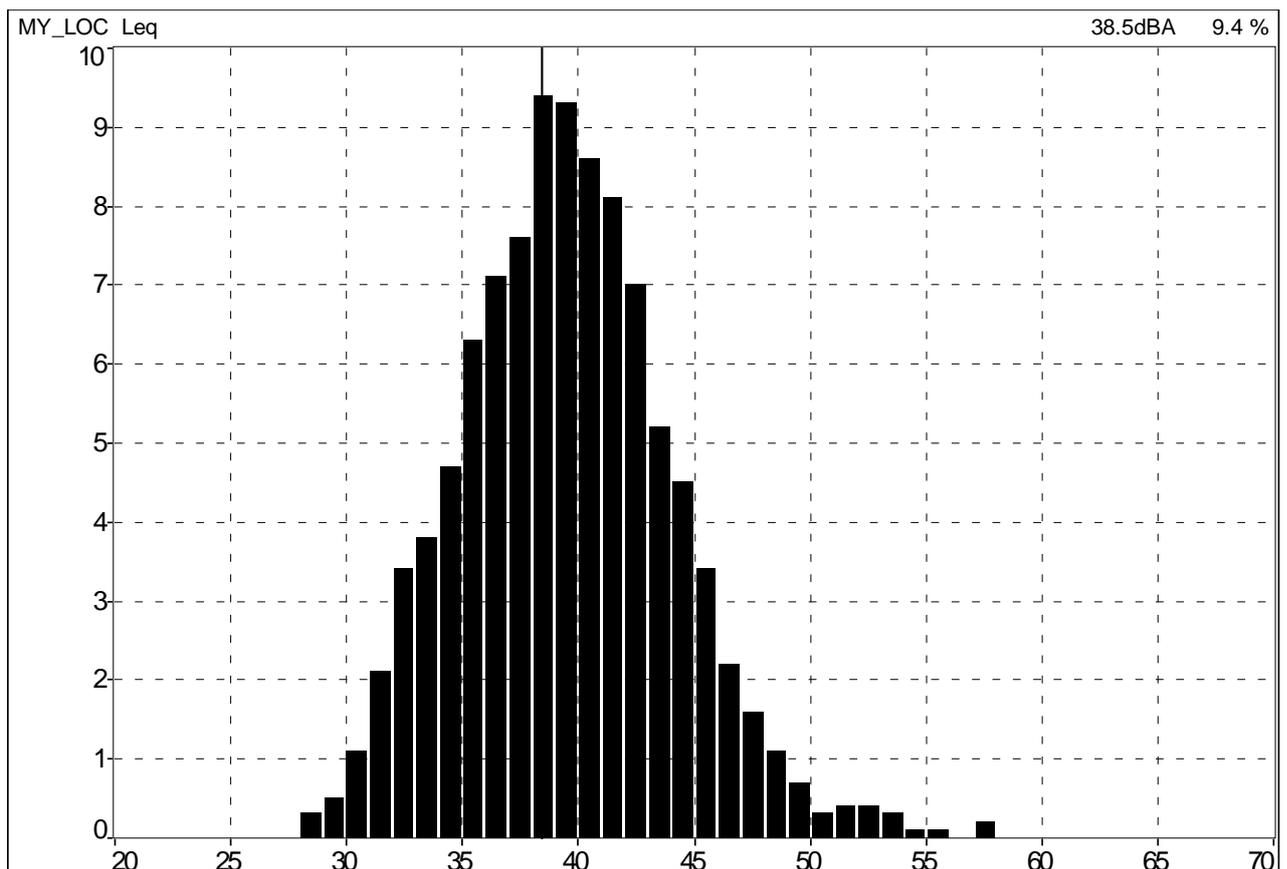


Tabella 9-37 – Distribuzione d'ampiezza misura notturno P03

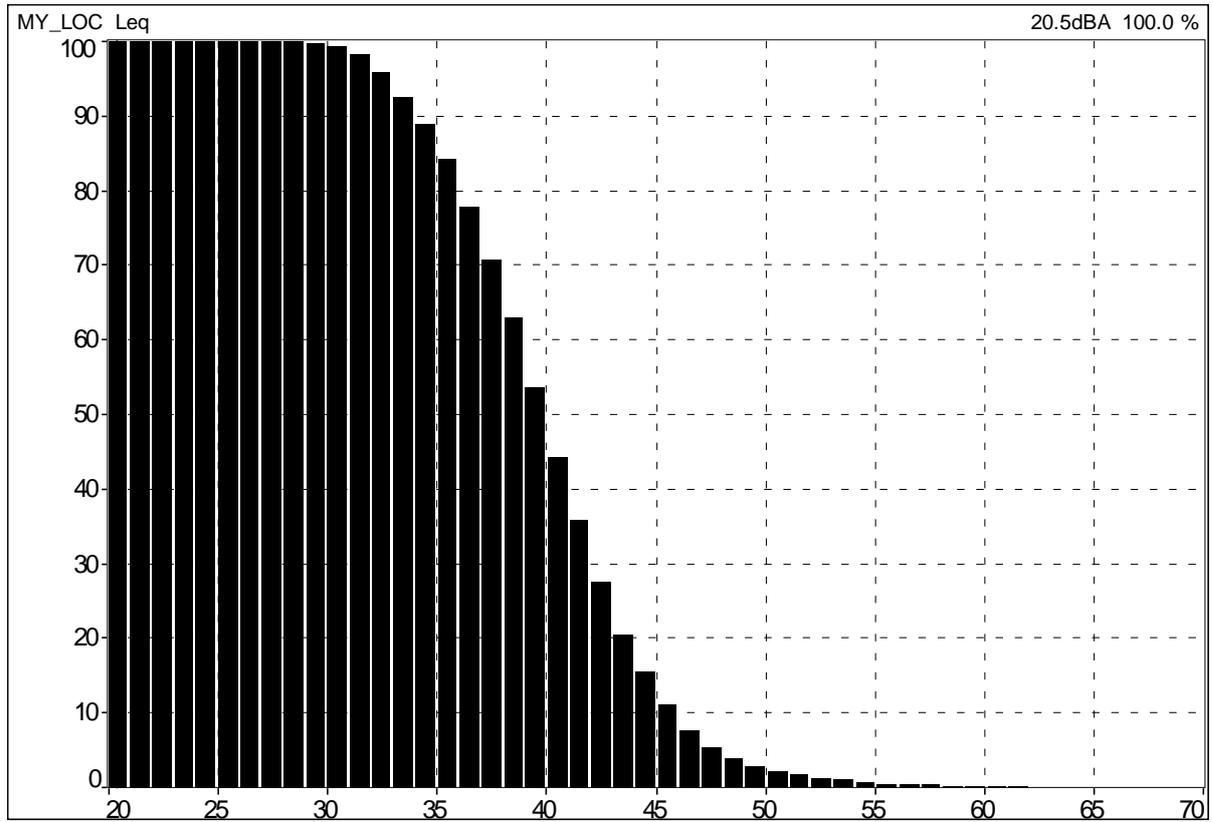


Tabella 9-38 – Curva Cumulata misura notturno P03

**Misura P04 – Diurno**



File	20230619_063006_073007.cmg											
Ubicazione	MY_LOC											
Tipo dati	Leq											
Pesatura	A											
Inizio	18/06/2023 17:11:00											
Fine	18/06/2023 18:11:02											
	Leq											Durata
Sorgente	Sorgente	Lmin	Lmax	L99	L90	L55	L50	L10	L5	L1		complessivo
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB		h:min:s
Sorgente	53.6	30.1	65.1	30.3	31.9	37.3	39.1	58.7	60.8	63.3		00:04:33
Non codificato	43.6	28.4	60.5	30.0	32.5	36.6	37.2	44.7	50.3	55.8		00:55:29
Globale	45.8	28.4	65.1	30.1	32.5	36.7	37.2	46.1	52.2	58.4		01:00:02

Tabella 9-39 – Valori del rumore residuo diurno P04

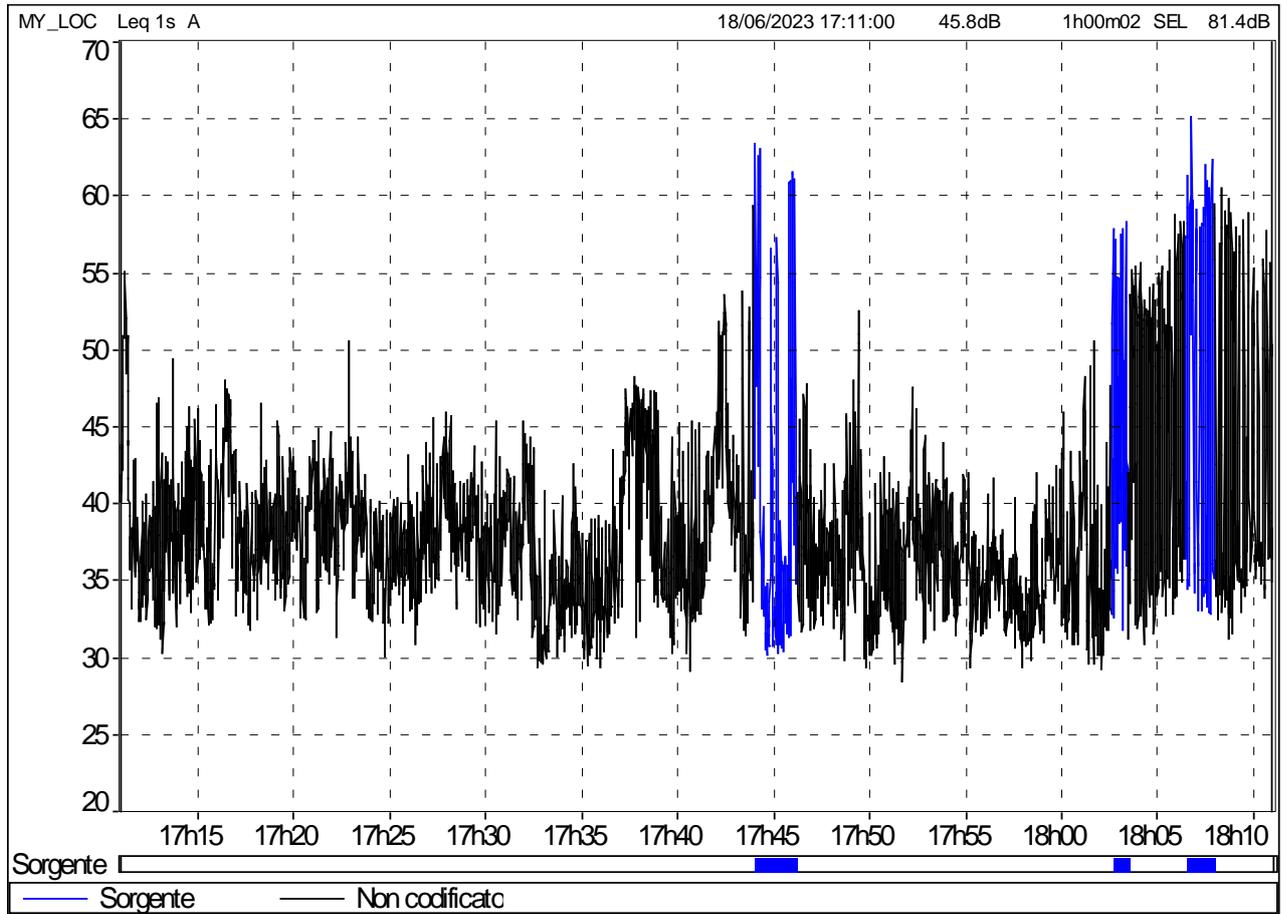


Tabella 9-40 – Storia temporale misura diurna P04

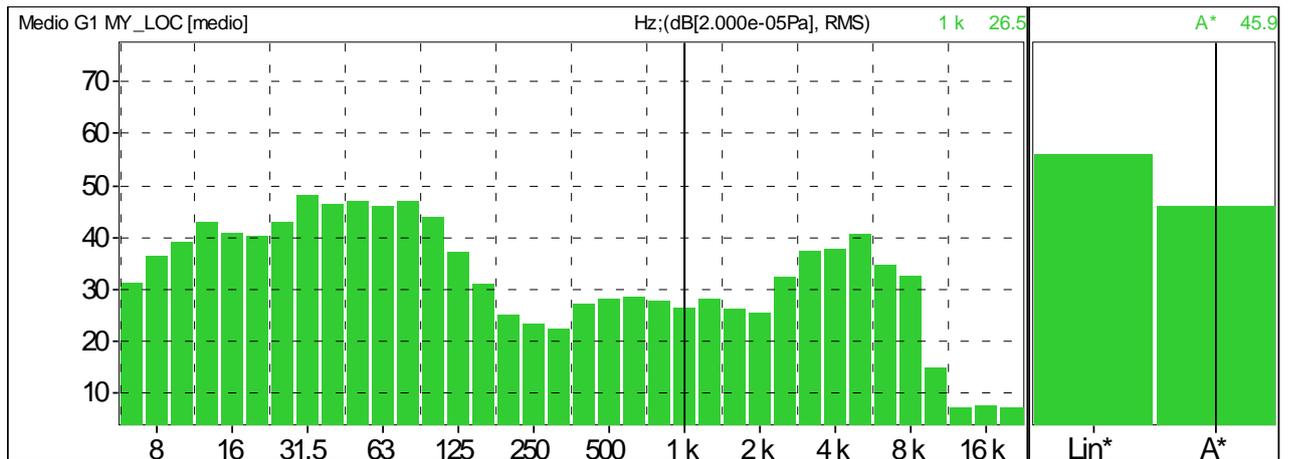


Tabella 9-41 – Spettro medio misura diurna P04

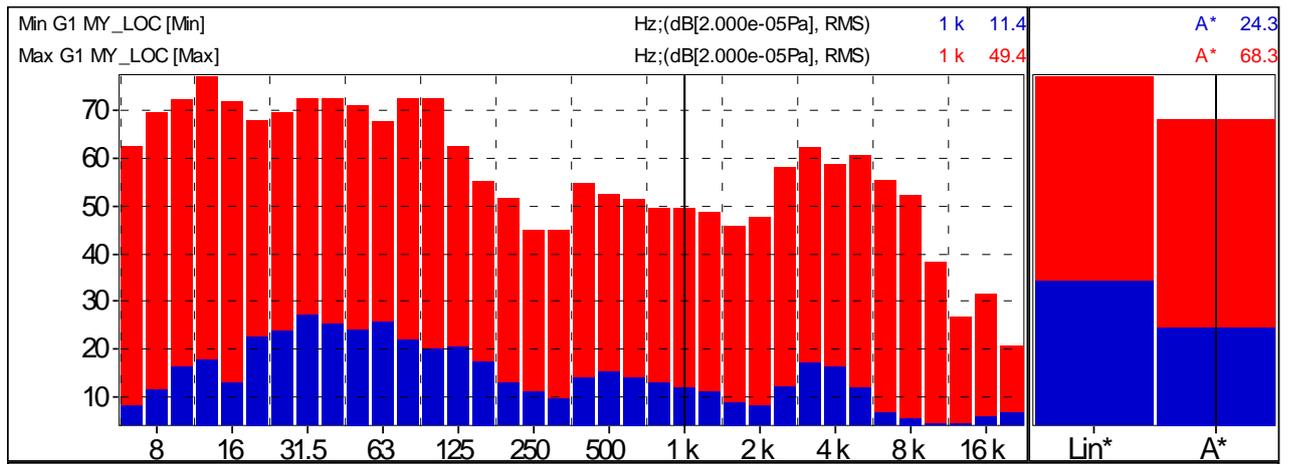


Tabella 9-42 – Spettro minimo e massimo misura diurno P04

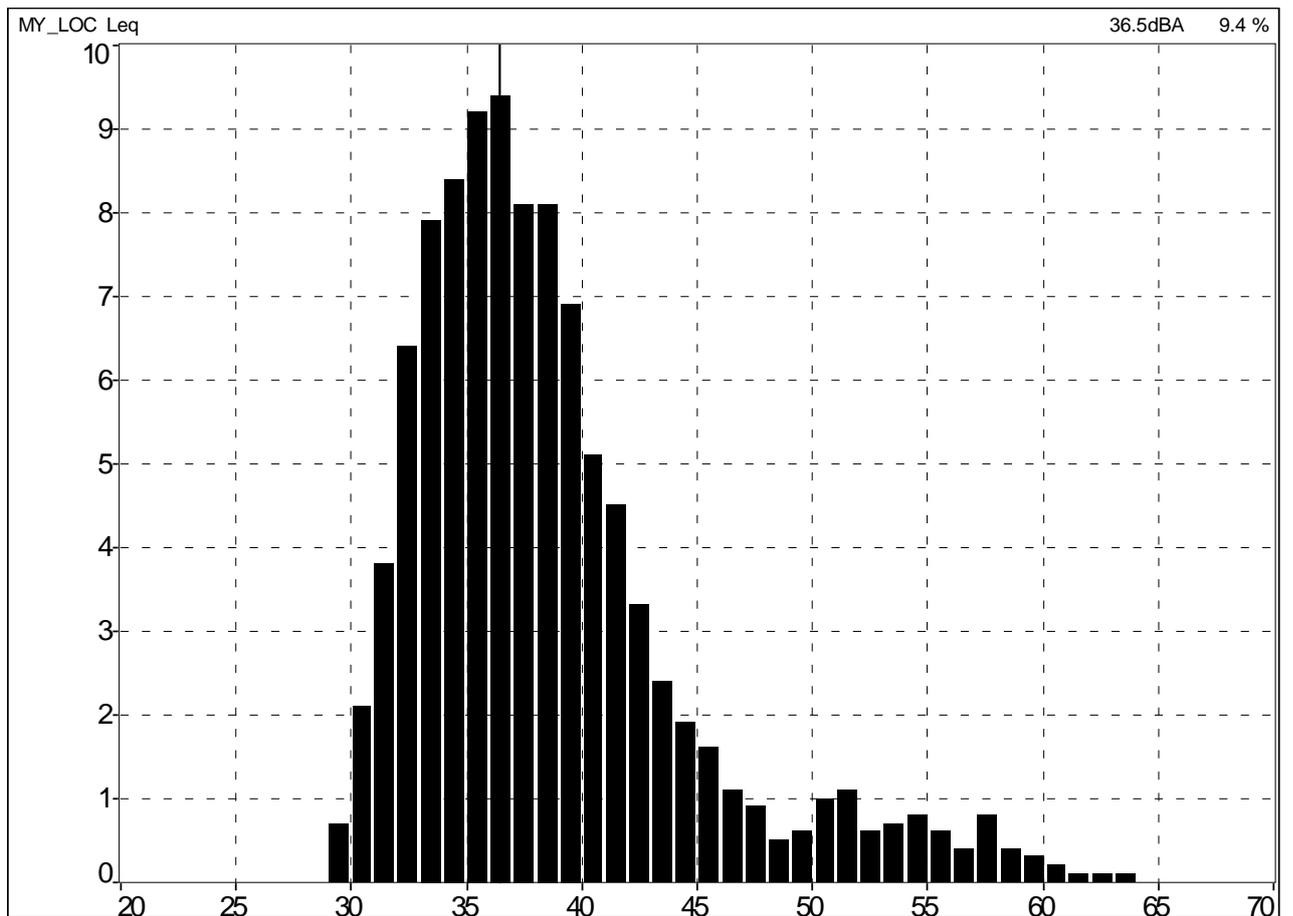


Tabella 9-43 – Distribuzione d'ampiezza misura diurno P04

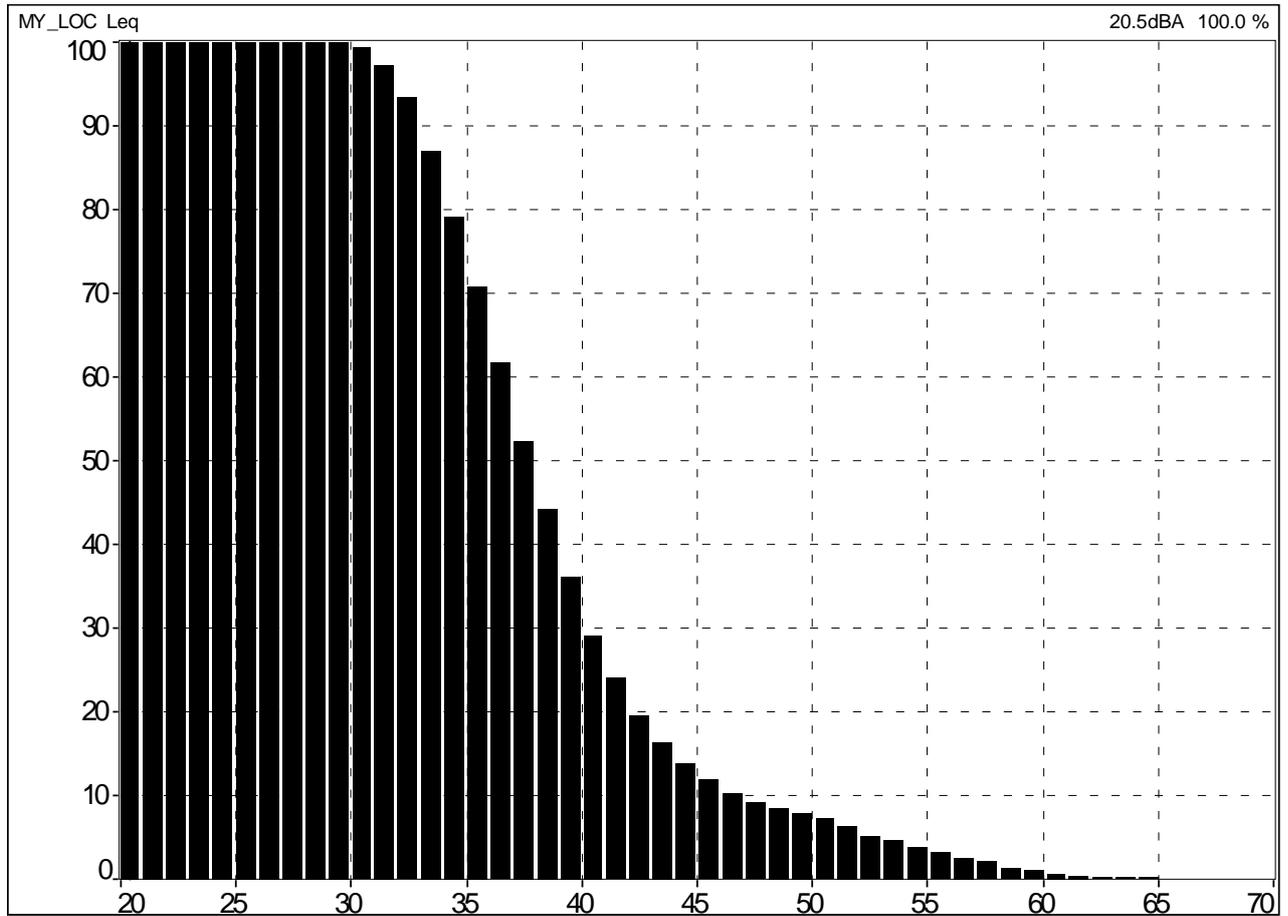


Tabella 9-44 – Curva Cumulata misura diurno P04

**Misura P04 – Notturmo**

File	20230618_171124_181126.cmg												
Inizio	19/06/2023 03:03:00												
Fine	19/06/2023 04:03:03												
Canale	Tipo	Wgt	Unit	Leq	Lmin	Lmax	L99	L90	L55	L50	L10	L5	L1
MY_LOC	Leq	A	dB	32.9	24.1	50.7	26.6	28.6	30.9	31.2	35.2	36.7	40.2

Tabella 9-45 – Valori del rumore residuo notturno P04

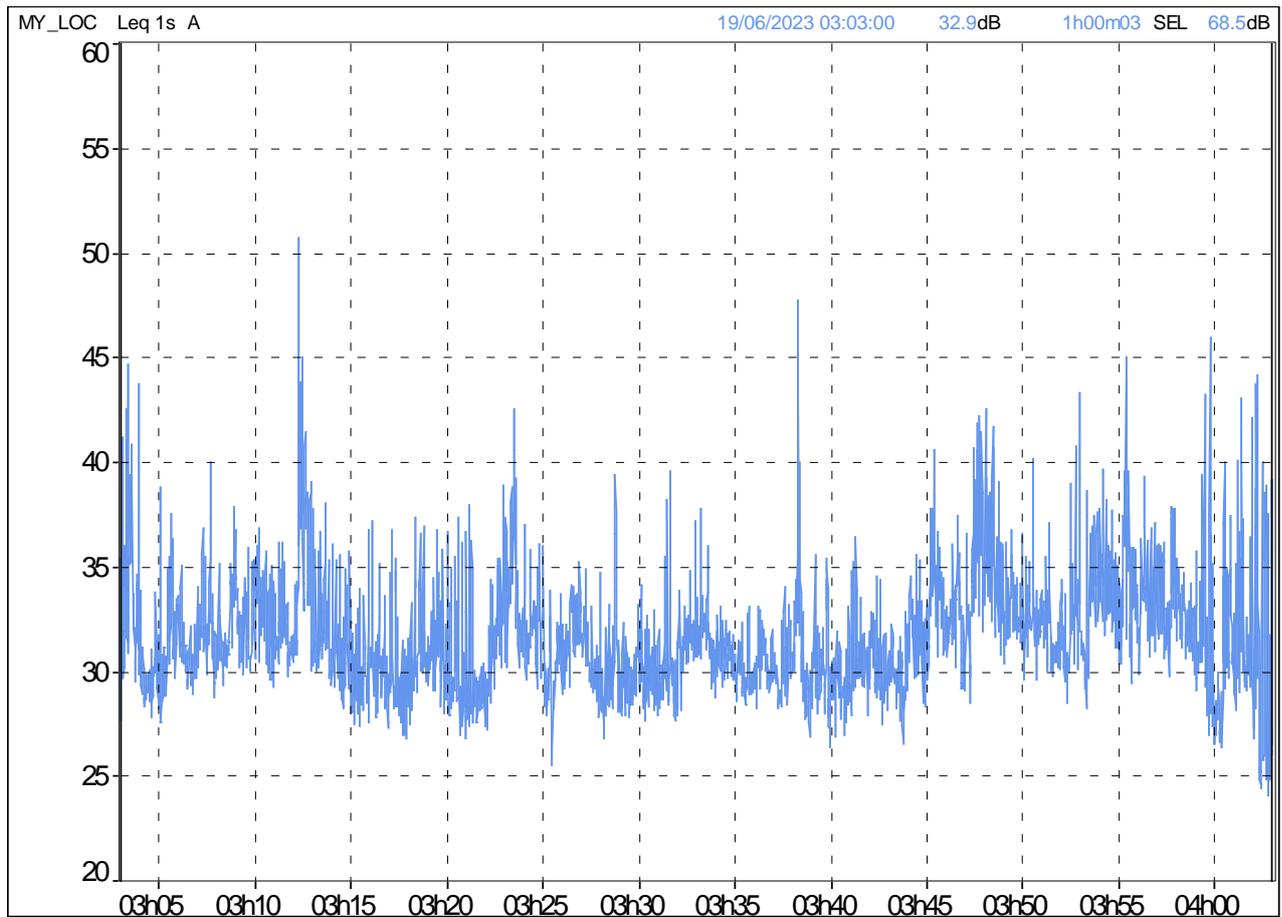


Tabella 9-46 – Storia temporale misura notturno P04

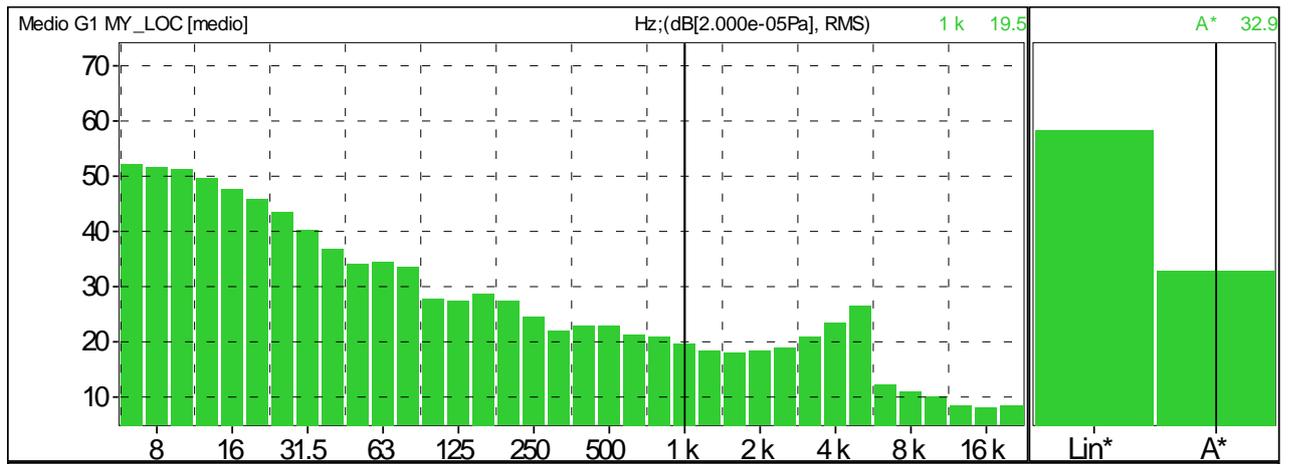


Tabella 9-47 – Spettro medio misura notturno P04

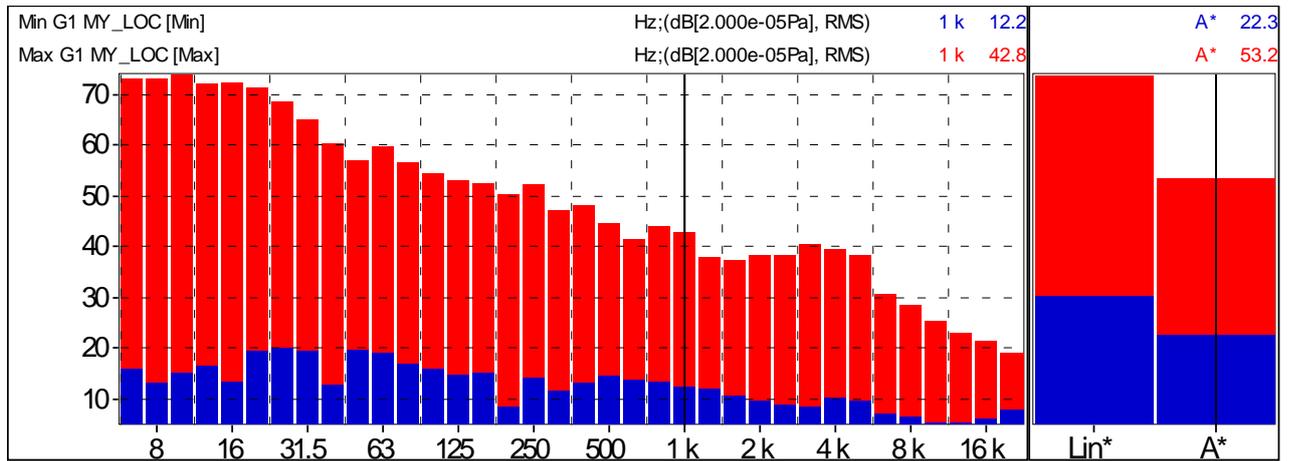


Tabella 9-48 – Spettro minimo e massimo misura notturno P04

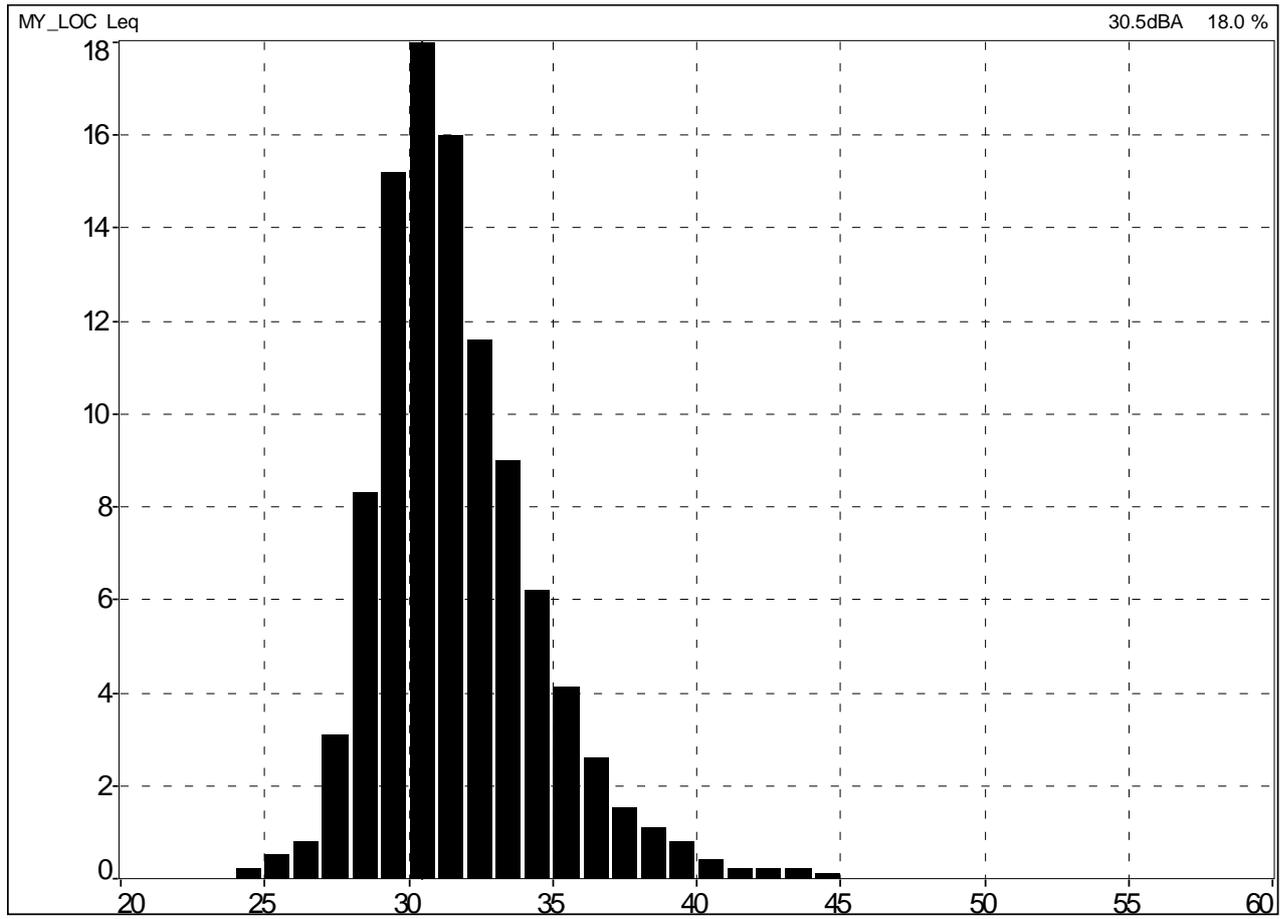


Tabella 9-49 – Distribuzione d'ampiezza misura notturno P04

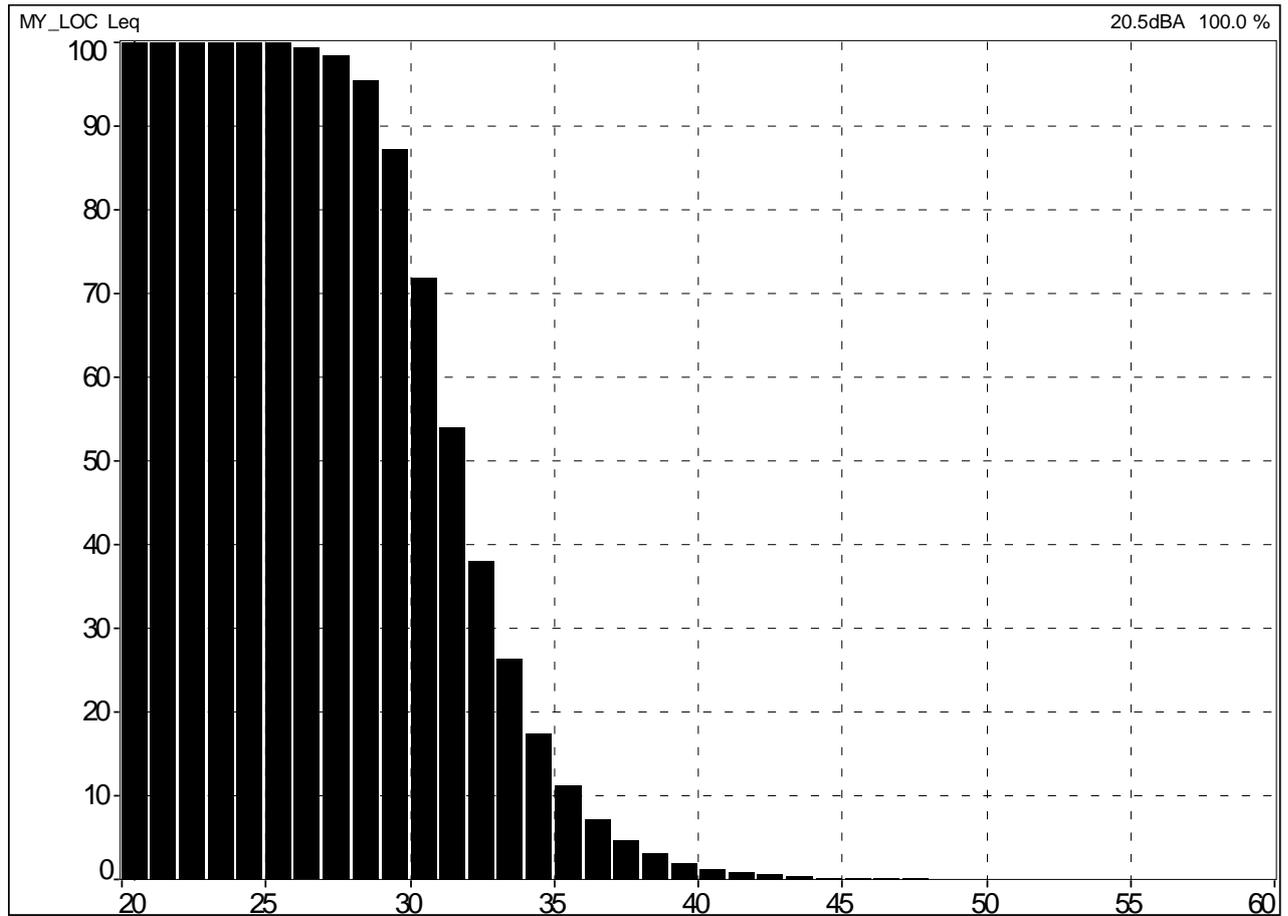


Tabella 9-50 – Curva Cumulata misura notturno P04

Postazione di misura	Coordinate UTM-WGS 84 fuso 33		Valori dB (A)		Ricettori associati
	Est	Nord	Diurno	Notturmo	
<b>P01</b>	589669	4463020	45.7	31.9	R01, R02, R03, R06, R07
<b>P02</b>	587865	4461704	45.8	46.9	R04, R05
<b>P03</b>	586271	4465008	49.4	42.2	R12, R13, R14
<b>P04</b>	588209	4465999	45.8	32.9	R08, R09, R10, R11

Tabella 9-51 – risultati delle misurazioni effettuate, espressi in dB(A)

## 10 Valutazione previsionale di impatto acustico.

Il rumore di fondo attualmente presente in situ costituisce per definizione il *rumore residuo* in contrapposizione al *rumore ambientale* ovvero al rumore complessivo che vedrà come contributo quello specifico emesso dal parco eolico oggetto di indagine. L'impatto acustico causato da un impianto eolico dipende da numerosi fattori di natura meccanica ed aerodinamica. È diffuso che la percezione fisiologica del rumore è parzialmente soggettiva, tuttavia, al di sotto di un certo livello, la percezione del rumore proveniente da un impianto eolico, come da ogni altro emettitore, tende a confondersi con il rumore generale di fondo. È quindi buona norma progettuale verificare che presso eventuali ricettori sensibili (abitazioni, luoghi di lavoro o zone ad intensa attività umana) i livelli di rumore immessi si mantengano al di sotto di detti limiti.

Lo scopo del presente studio è quello di mettere in relazione una misura di rumore "*residuo*", in corrispondenza dei ricettori sensibili, con un valore di rumore "*immesso*", ovvero connesso alla presenza degli aerogeneratori ad una certa distanza dagli stessi.

Il rumore "*immesso*", proveniente dagli aerogeneratori, è la diretta conseguenza di quello propriamente "*emesso*" dagli stessi, il quale, a sua volta, dipende dalla velocità del vento che investe il rotore (vento a quota mozzo).

Il rumore "*residuo*" risulta, invece, influenzato dalla velocità del vento nell'ambiente circostante il ricettore. Ovviamente, le velocità del vento nell'ambiente all'altezza mozzo, in corrispondenza degli aerogeneratori, non potranno mai coincidere perfettamente a causa della distanza tra i punti in esame e per effetto della naturale aleatorietà del fenomeno.

Il clima acustico nelle aree sottoposte ad indagine risulta connesso principalmente alle attività *agricole e al traffico veicolare locale*.

### 10.1 Modello di calcolo

Il modello di calcolo proposto dalla letteratura tecnica ed in particolare dalla norma ISO 9613 parte 1 e 2 è fondato su ipotesi di propagazione del suono, prodotto da sorgente puntiforme (onda sferica), in campo libero lontano. Lo scopo della citata Norma è quello di definire i metodi per calcolare l'attenuazione del suono, nella propagazione in campo aperto, al fine di pervenire ai livelli di rumore causati da sorgenti di natura diversa in un punto prestabilito. La norma si divide in due parti, la prima tratta con molto dettaglio l'attenuazione del suono dovuta all'assorbimento atmosferico, mentre la seconda propone un metodo approssimato per la valutazione delle attenuazioni che si possono verificare. È in questa seconda parte che viene determinato il livello di pressione equivalente continuo ponderato A, in condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del suono da una sorgente il cui spettro di potenza sonora sia noto. Il metodo prevede la determinazione dei livelli di pressione sonora per bande d'ottava comprese tra 63 Hz e 8 kHz. L'origine del rumore viene fatta coincidere con una sorgente che, come definisce la norma, può essere sia fissa, sia mobile. Tale metodo risulta, quindi, applicabile ad un'ampia categoria di sorgenti. In secondo luogo la norma definisce il tipo di sorgente, trattando le sorgenti di tipo puntiforme e, nel caso in cui la sorgente sia estesa, come avviene per grandi siti industriali o per strade e ferrovie, stabilisce che la sorgente debba essere discretizzata in celle aventi ciascuna una propria potenza sonora e una certa direttività. Allo stesso tempo, essa prevede

anche la possibilità di assemblare una serie di sorgenti puntiformi in una singola, situata nel mezzo del gruppo, sottostando, però, ad alcune precise condizioni.

La valutazione di impatto acustico previsionale dell'impatto prodotto dal nuovo impianto eolico è stata condotta ai sensi della legge 447/1995 e ss.mm.ii. impiegando il codice di modellazione acustica Predictor-LIMA Type 7810-I ver.2023.01 released per la stima della propagazione del rumore in ambiente esterno.

L'algoritmo di calcolo utilizzato dal software per le stime previsionali è quello proposto dalla citata norma tecnica ISO 9613-2, secondo la quale il calcolo dell'attenuazione acustica del suono emesso da una determinata sorgente deve tenere conto dei seguenti aspetti:

- divergenza geometrica;
- assorbimento atmosferico;
- effetto del terreno;
- riflessioni da parte di superfici di vario genere;
- effetto schermante di ostacoli;
- effetto della vegetazione e di altre tipiche presenze (case, siti industriali ecc...).

I principali parametri di calcolo in ingresso al software sono riportati nella tabella seguente.

PARAMETRO	VALORE
Temperatura	15 °C
Umidità relativa	70%
Coefficiente di attenuazione meteorologico - $C_{met}^1$	0
Assorbimento acustico medio dell'area - $G^2$	1
Massima raggio di ricerca delle sorgenti sonore	2000 metri

Tabella 10-1 Parametri di calcolo in ingresso al software

Secondo gli standard utilizzati per la diffusione del rumore in ambiente esterno (Norma ISO 9613-2) il livello di pressione sonora presso il potenziale ricettore, per ogni singola banda di frequenza, è quantificabile in generale mediante la seguente relazione:

$$L_S = [L_W + D_I + K_O] - [D_S + \Sigma D] \text{ dB(A)}$$

dove:

- $L_S$  è il livello di pressione sonora;
- $L_W$  è il livello di potenza sonora della sorgente;
- $D_I$  è la direttività della sorgente;
- $K_O$  è il modello di propagazione sferica =  $10 \log (4\pi/\Omega)$ , con  $\Omega$  angolo solido;

<sup>1</sup> coefficiente che considera l'influenza delle condizioni meteorologiche sulla propagazione del suono.

<sup>2</sup> Ground factor, fattore che descrive le proprietà acustiche del terreno compreso tra 0 (Hard Ground) e 1 (Porous Ground).

- $D_s$  rappresenta il termine di diffusione =  $20 \log r + 11$
- $D$  rappresenta i vari contributi di assorbimento (suolo, aria, schermature ecc...) o di schermatura.

In via cautelare sono stati trascurati gli effetti di attenuazione dovuti all'assorbimento atmosferico alla presenza di eventuali barriere (naturali e artificiali) e le eventuali attenuazioni addizionali. Infatti l'effetto di attenuazione più consistente è comunque quello legato alla divergenza geometrica (distanza).

## 10.2 Schematizzazione delle sorgenti sonore

Le sorgenti sonore trattate dalla norma ISO 9613-2 sono sorgenti puntiformi descritte tramite i valori di direttività e di potenza sonora in banda d'ottava (dB). In particolare:

- la potenza sonora in banda d'ottava (dB) è convenzionalmente specificata in relazione ad una potenza sonora di riferimento di un picowatt; i valori vanno inseriti per ogni banda d'ottava (31Hz, 62,5Hz; 125Hz; 250Hz; 500Hz; 1kHz; 2kHz; 4kHz; 8kHz);
- la direttività (dB) è un termine che dipende dalla frequenza e dalla direzione e rappresenta la deviazione del livello equivalente di pressione sonora (SPL) in una specifica direzione rispetto al livello prodotto da una sorgente omnidirezionale.

La norma specifica, inoltre, la possibilità di descrivere sorgenti estese, anche in movimento, rappresentandole con set di sorgenti puntiformi ognuna con le proprie caratteristiche emmissive. A questo proposito la ISO 9613-2 specifica che una sorgente estesa, o una parte di una sorgente estesa, possa essere rappresentata da una sorgente puntiforme posta nel suo centro se:

- esistono le stesse condizioni di propagazione tra le varie parti della sorgente estesa e la sorgente puntiforme ed il ricevitore;
- la distanza tra la sorgente puntiforme equivalente ed il ricevitore è maggiore del doppio della dimensione maggiore della sorgente estesa.

Nella schematizzazione delle condizioni di propagazione del rumore è stato considerato l'effettivo andamento orografico del territorio in esame, attraverso l'impiego di un modello digitale del terreno (DTM). Il codice di calcolo impiegato, in presenza di dati altimetrici, tiene conto dell'effettiva distanza sorgente – ricevitore e non, come nel caso generale, della proiezione sul piano orizzontale della suddetta distanza.

Attraverso l'applicazione del modello previsionale di propagazione del rumore si è stimato il contributo sonoro dovuto alla sola presenza dell'impianto eolico (escludendo quello di qualsiasi sorgente estranea al progetto dell'opera in esame), quindi, in tal modo, i livelli di pressione sonora calcolati dal codice numerico sono da considerarsi rappresentativi dell'impianto in esame, ovvero dell'impatto acustico generato dalle sole sorgenti indagate. Tutto ciò, unitamente alla conoscenza del clima acustico ante operam, ha consentito la determinazione del livello di pressione sonora totale post operam. La formula utilizzata è stata la seguente:

$$L_{pt} = 10 \log \left( 10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} \right)$$

dove:

$L_{p1}$  è il livello di pressione sonora ante operam,  $L_{p2}$  il livello di pressione sonora dovuto alla sola presenza degli aerogeneratori previsti in progetto e  $L_{pt}$  il livello di pressione sonora post operam.

Si precisa che, il calcolo del livello di pressione sonora post operam ( $L_{pt}$ ) è stato effettuato utilizzando, come livello di pressione sonora dovuto alla sola presenza dell'impianto eolico ( $L_{p2}$ ), il valore restituito dal software presso un punto di ricezione posto ad una quota di 3 metri di altezza dal suolo in corrispondenza dei punti della griglia di calcolo.

Le turbine eoliche rappresenteranno le principali sorgenti di emissione sonora del parco in fase di progettazione. La tipologia di macchina che si intende installare è un aerogeneratore di grande taglia. Per gli scopi del presente studio previsionale sono state considerate le prestazioni acustiche del modello **Siemens- Gamesa SG 6.6-155**. Le principali caratteristiche tecniche sono un diametro del rotore tripala di 155 m e altezza mozzo di 122.5 m.

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica del vento, per la produzione di energia elettrica. Le pale sono realizzate in fibra di vetro rinforzata con resina epossidica e fibre di carbonio. Ogni pala consta di due gusci che circondano una trave portante. Le pale sono progettate per offrire caratteristiche ottimali in termini di potenza di uscita, riduzione al minimo della rumorosità e riflessione della luce. Ogni pala è dotata di un sistema di protezione contro le scariche atmosferiche costituito da appositi recettori dei fulmini all'estremità della stessa e da un conduttore in rame al suo interno.

Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono monitorate e controllate da diverse unità di controllo basate su microprocessori. L'unità di controllo assolve a numerose funzioni, tra cui il controllo della rumorosità della macchina attraverso l'impostazione di diverse modalità di funzionamento della macchina.

In molti paesi il rumore causato dagli impianti eolici rappresenta uno degli ostacoli principali alla loro diffusione. Le moderne turbine eoliche sono di gran lunga più silenziose delle versioni precedenti, infatti, alcuni studi hanno dimostrato che, negli ultimi anni, i livelli di rumore prodotto durante il loro funzionamento si sono notevolmente abbassati registrando una riduzione media di circa 10 dB.

Preme sottolineare, in questa sede, che numerosi studi hanno dimostrato l'accettabilità del livello acustico del rumore dovuto al moto di rotazione del rotore, in quanto, il più delle volte viene confuso con il rumore di fondo dovuto al vento ed ai suoi effetti sulla vegetazione, le strutture ed in generale tutti gli elementi presenti in un dato territorio. In generale, la tecnologia attuale consente di ottenere, nei pressi di un aerogeneratore, livelli di rumore alquanto contenuti, tali da non modificare quasi il rumore di fondo, che, a sua volta, è fortemente influenzato dal vento stesso, con il risultato di "mascherare" ancor di più il contributo della macchina.

In generale, le emissioni sonore prodotte dalle turbine eoliche possono avere due origini diverse: rumore meccanico e rumore di tipo aerodinamico. Il rumore del primo tipo è generato

principalmente dalle parti meccaniche in movimento quali, in particolare, il moltiplicatore di giri, il generatore oltre ai sistemi ausiliari presenti nella navicella (sistemi di raffreddamento ecc..). Questa tipologia non ha una grande rilevanza nelle turbine di ultima generazione grazie ai miglioramenti tecnici introdotti dai produttori. Sistemi molto diffusi per ridurre questo tipo di emissione sonora comprendono l'uso di supporti e giunti per lo smorzamento delle vibrazioni della struttura e degli organi in movimento.

Per quanto riguarda la seconda tipologia, essa è prodotta da una serie di fenomeni aerodinamici: la turbolenza presente nel flusso d'aria che investe il rotore da origine ad un rumore a banda larga (fino a 1000 Hz) percepito come un fruscio allorché le pale interagiscono con i vortici presenti nella corrente. Questo fenomeno è influenzato dalla velocità di rotazione delle pale, dalla sezione del profilo oltre che dall'intensità della turbolenza<sup>3</sup> ed ad oggi non risulta completamente compreso dal punto di vista teorico. Le moderne turbine di grande diametro hanno una velocità di rotazione molto bassa proprio per minimizzare l'intensità di tale effetto.

Altro tipo di fenomeno acustico di natura aerodinamica è associato al profilo in sé delle pale, anche in condizioni di assenza di flusso turbolento. È quest'ultimo un rumore tipicamente a banda larga ed è prodotto da fenomeni quali:

rumore del bordo d'uscita: percepito come un fruscio a frequenze comprese nel range 750 – 2000 Hz; è causato dall'interazione della pala con lo strato limite turbolento in potenza sonora avviene in modo indiretto attraverso una serie di misurazioni dei livelli di pressione sonora attorno all'aerogeneratore in corrispondenza di diverse velocità del vento (tra 6 e 10 m/s ad intervalli di 1 m/s e misurate a 10 m di quota), compresa quella di riferimento corrispondente ad 8 m/s. Tale tecnica non separa la componente meccanica da quella aerodinamica del rumore.

Le misurazioni vengono effettuate ad una distanza  $R_0$  dalla turbina pari a:  $H + D/2$ , dove  $H$  è l'altezza del mozzo e  $D$  il diametro del rotore; questa distanza è un compromesso per garantire da un lato un'adeguata distanza dalla sorgente, e, dall'altro per evitare una eccessiva influenza del suolo, delle condizioni atmosferiche e del rumore indotto dal vento stesso.

Infatti, il principale fattore di mascheramento dell'emissione sonora di un generatore eolico è rappresentato dal rumore residuo del vento stesso; inoltre, quest'ultimo è fortemente influenzato dall'orografia e dalla posizione del ricettore.

Gli aerogeneratori considerati nello studio sono stati schematizzati come sorgenti puntuali senza specifica direttività (omnidirezionali), poste a un'altezza dal p.c. pari all'altezza reale di installazione (altezza mozzo di 122.5 m).

Al fine di determinare l'impatto acustico generato dall'entrata in esercizio dell'impianto, è stato poi introdotto il contributo sonoro apportato da ciascun aerogeneratore ipotizzando in maniera cautelativa lo **scenario di funzionamento** più gravoso in termini emissivi, ovvero quello relativo alla massima potenza sonora  $L_w(A)$ , pari a 106.0 dB(A), emessa dagli aerogeneratori in esame (corrispondente a velocità del vento al mozzo superiori a 9 m/s) senza dispositivi destinati a ridurre le emissioni acustiche, Application Mode 0 – AM0. I risultati della presente valutazione sono stati visualizzati graficamente in forma di isofoniche (superfici di isolivello) sovrapposte ad una ripresa aerofotogrammetrica dell'area di studio allegate alla presente relazione.

<sup>3</sup> Wind Turbine Noise (Springer 1996), Siegfried Wagner, Rainer BareiB, Gianfranco Guidati

<b>Modello</b>	<b>SG155</b>
<b>Potenza [MW]</b>	<b>6.6</b>
<b>Diametro rotore [m]</b>	<b>155</b>
<b>Altezza mozzo [m]</b>	<b>122.5</b>
<b>Velocità del vento ad altezza hub [m/s]</b>	<b>L<sub>w</sub>(A)<sup>4</sup> [dBA] Mode 0-AM0</b>
3	92.0
4	92.0
5	94.5
6	98.4
7	101.8
8	104.7
<b>9</b>	<b>106.0</b>
10	106.0
11	106.0
12	106.0
13	106.0
14	106.0
15	106.0
16	106.0
17	106.0
18	106.0
19	106.0
20	106.0

Tabella 10-2 Livelli di rumore aerogeneratore di riferimento

La simulazione è stata condotta nelle ipotesi più gravose per il rispetto dei limiti differenziali, dal momento che il rumore residuo generato dal vento al suolo, seppur presente, non è di intensità

<sup>4</sup> Livello di potenza sonora, con ponderazione A, dichiarato dal costruttore a quota mozzo (hub). Il dato è riferito alle condizioni di massima producibilità della macchina.

tale da coprire o mascherare parzialmente il rumore immesso dalle macchine, come accadrebbe in condizioni tipiche di funzionamento con più alti valori di velocità del vento.

Allo scopo di valutare il livello di emissione ed il livello del rumore ambientale è stato preso in considerazione il contributo determinato dagli aerogeneratori di progetto sui ricettori ricadenti in un buffer di 1000 m dagli stessi.

### 10.3 Risultati delle simulazioni – contributo delle sorgenti disturbanti

Si è stimato, attraverso l'applicazione del modello previsionale di propagazione del rumore, un contributo sonoro dovuto alla sola presenza degli aerogeneratori; il valore restituito dal software è relativo ad un punto di ricezione posto ad una quota di 3 m di altezza dal suolo in corrispondenza dei nodi della griglia di calcolo, oltre che in corrispondenza dei ricettori potenzialmente sensibili. Tali valori sono stati impiegati per il confronto con i limiti di legge assoluti di immissione e differenziali. Nella seguente (tabella 10.3) si riportano i valori di emissione di rumore dell'impianto restituiti dal software di calcolo in corrispondenza dei ricettori considerati.

Ricettore	Valore di emissione dell'impianto dB(A)	Leq (dBA) <sup>5</sup>
R01	38,0	<b>38,0</b>
R02	39,0	<b>39,0</b>
R03	39,2	<b>39,0</b>
R04	38,5	<b>38,5</b>
R05	40,0	<b>40,0</b>
R06	38,9	<b>39,0</b>
R07	39,1	<b>39,0</b>
R08	38,0	<b>38,0</b>
R09	39,0	<b>39,0</b>
R10	39,0	<b>39,0</b>
R11	39,2	<b>39,0</b>
R12	39,9	<b>40,0</b>
R13	39,9	<b>40,0</b>
R14	39,9	<b>40,0</b>

Tabella 10-3 Valori arrotondati come previsto dal D.M 16/03/1998 allegato B

<sup>5</sup> Valori arrotondati a 0.5 dB

Si riporta di seguito uno stralcio della mappa previsionale del rumore ambientale post operam (superfici isofoniche dei livelli sonori di emissione) generato dal solo esercizio dell'impianto. La mappa è calcolata alla quota di 3 m dal suolo per l'area oggetto di studio.

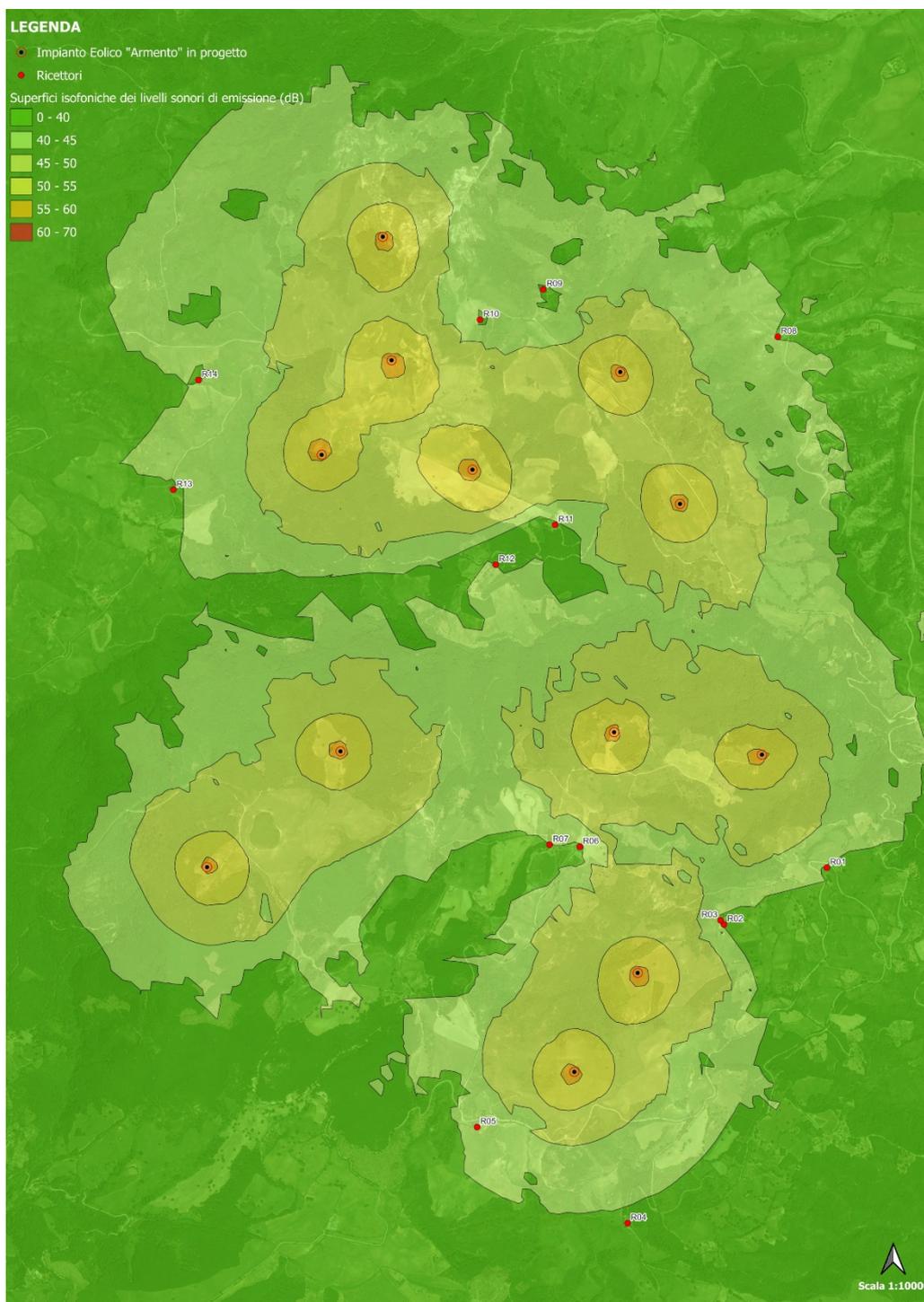


Figura 10-1 – Stralcio cartografico superfici isofoniche dei livelli sonori di emissione (dB)

## 10.4 Valutazione del livello di rumore ambientale LA e verifica dei limiti di immissione - fase di esercizio

I valori limite di immissione, riportati nella precedente (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), rappresentano i livelli massimi che non devono essere superati in una determinata area, considerando i contributi di tutte le sorgenti sonore.

A partire dai dati di input riportati nei paragrafi precedenti, considerando i risultati dei rilievi di rumore residuo  $L_R$  eseguiti, si è proceduto alla valutazione dei livelli sonori presso i ricettori. In particolare, i livelli di rumore ambientale in prossimità dei ricettori sensibili sono stati valutati come somma logaritmica tra il rumore residuo e il livello di pressione sonora complessiva dovuto agli aerogeneratori di progetto, in ossequio alla norma ISO-9613-2. Gli esiti del calcolo, ed il **confronto con i valori limite assoluti di immissione**, sono riportati nella (tabella 10.4).

Come è possibile evincere dall'analisi dei risultati, in corrispondenza di tutti i ricettori analizzati il livello di rumore ambientale  $L_A$  è sempre inferiore ai limiti assoluti di immissione.

Ricettore	Valore di immissione dB(A)		Limiti normativi	
	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R01	46,2	39,0	70	60
R02	46,4	39,8	70	60
R03	46,4	39,8	70	60
R04	46,7	47,6	70	60
R05	47,0	47,8	70	60
R06	46,4	39,8	70	60
R07	46,4	39,8	70	60
R08	46,6	39,2	70	60
R09	46,8	40,0	70	60
R10	46,8	40,0	70	60
R11	46,8	40,0	70	60
R12	50,0	44,1	70	60
R13	50,0	44,1	70	60
R14	50,0	44,1	70	60

Tabella 10-4 Confronto con i valori limite assoluti di immissione e limiti normativi

## 10.5 Verifica dei livelli differenziali d'immissione

Oltre ai limiti di immissione che caratterizzano il valore assoluto delle sorgenti, esiste un'ulteriore prescrizione normativa (art.4 DPCM. 14/11/1997) per quanto riguarda l'incremento massimo di rumore generato da una specifica sorgente rispetto al livello residuo (ovvero il cosiddetto "criterio differenziale"). I valori limite differenziali di immissione sono assunti pari a 5 dB(A) per il periodo

diurno e 3 dB(A) per quello notturno e vanno applicati solo all'interno degli ambienti abitativi. Tali limiti non si applicano nelle aree esclusivamente industriali e nei seguenti casi:

- se il rumore misurato a finestre aperte risulta inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;
- se il rumore misurato a finestre chiuse risulta inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno.

I limiti differenziali si applicano sia in caso di zonizzazione acustica comunale che in sua assenza (Circolare del Ministero dell'Ambiente del 6 settembre 2004). Le metodologie di misura sono sempre quelle descritte dal dm 16 marzo 1998.

Al fine di eseguire una corretta verifica dei limiti differenziali d'immissione, si devono sommare ai livelli di emissione prodotti dalle sorgenti quelli residui riscontrati sul territorio.

Nello specifico, noto il valore del livello di pressione sonora generato da una o più sorgenti sulla facciata esterna di un edificio (luogo di potenziale disturbo), la verifica previsionale dei valori limite differenziali di immissione richiede la conoscenza sia del livello di rumore residuo che di quello prodotto dalla sorgente all'interno dell'ambiente abitativo. Sarebbe indispensabile conoscere preliminarmente le caratteristiche geometriche e di assorbimento acustico del locale ipoteticamente disturbato, nonché la superficie e il potere fonoisolante di ciascun elemento che ne costituisce le pareti perimetrali.

Inoltre, relativamente all'applicazione del criterio differenziale (che la normativa impone negli ambienti abitativi interni), per ragioni di accessibilità alle singole abitazioni i rilievi fonometrici sono stati condotti in corrispondenza di postazioni ritenute rappresentative del clima acustico presso gli stessi ricettori più prossimi.

La stima del contributo sonoro dei soli aerogeneratori è stata calcolata in prossimità della facciata degli edifici, come rappresentativo del valore misurato all'interno dell'edificio a finestre aperte. Tale approccio è da considerarsi cautelativo per i ricettori in quanto è plausibile ritenere che i valori così ottenuti siano più alti di quelli che si misurerebbero all'interno delle abitazioni a finestre aperte.

Inoltre, come già accennato nei paragrafi precedenti, un edificio che possiede o richiede di ottenere il riconoscimento dei requisiti di agibilità dovrebbe assicurare dei requisiti acustici passivi di fono-isolamento ( $R_w$ ) delle pareti superiori ai 40 dB(A). Tale condizione rende, in genere, intrinsecamente soddisfatto il limite al differenziale in quanto porterebbe alla non applicabilità del criterio poiché si potrebbe dimostrare di riuscire agevolmente a soddisfare entrambe le condizioni di esclusione di applicabilità della legge quadro.

Tuttavia, ai fini della massima tutela dei ricettori, si è comunque proceduto alla verifica previsionale anche dei limiti differenziali per ogni singolo potenziale ricettore individuato.

Gli esiti del calcolo, ed il confronto con i valori limite differenziali di immissione, sono di seguito riportati.

Ricettore	Valore di immissione dB(A)		Criterio differenziale	
	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
R01	46,2	39,0	NA	NA
R02	46,4	39,8	NA	NA
R03	46,4	39,8	NA	NA
R04	46,7	47,6	NA	0,6
R05	47,0	47,8	NA	0,8
R06	46,4	39,8	NA	NA
R07	46,4	39,8	NA	NA
R08	46,6	39,2	NA	NA
R09	46,8	40,0	NA	NA
R10	46,8	40,0	NA	NA
R11	46,8	40,0	NA	NA
R12	50,0	44,1	NA	2,1
R13	50,0	44,1	NA	2,1
R14	50,0	44,1	NA	2,1

Tabella 10-5 Confronto con i valori limite assoluti di immissione e il criterio differenziale

Come è possibile evincere dall'analisi dei risultati delle valutazioni effettuate, il criterio differenziale risulta sempre rispettato o non applicabile.

## 11 Impatto acustico attività di cantiere

Si riportano nel presente capitolo i risultati della valutazione dell'impatto acustico inerente alla fase di cantierizzazione, considerando le principali attività di cantiere (sbancamenti, scavi in genere, trivellazioni, getto cls e montaggio aerogeneratori).

Gli automezzi ipotizzati (e relativi valori acustici) sono quelli riportati nella tabella seguente.

Lavorazioni	Macchine operatrici	Lw [dB(A)]
Sbancamenti, scavi in genere (fondazioni ecc..), trivellazioni, getto Cls e montaggio aerogeneratori	Escavatore (n.2)	106
	autocarro	98
	trivella	106
	betoniera	99
	Gru	101

Tabella 11-1 Automezzi ipotizzati nella fase di cantiere

Le attività di cantiere avverranno esclusivamente nel periodo di riferimento diurno, per cui non è stato preso in considerazione alcun impatto notturno; inoltre, si sono considerate le condizioni maggiormente critiche relative alla fase di costruzione delle opere civili ed alla fase di montaggio e realizzazione delle aree attrezzate previste dal progetto.

Nella specifico, gli automezzi di cui sopra sono stati ubicati in maniera omogenea entro l'area di cantiere, considerando le lavorazioni concentrate in prossimità delle piazzole di montaggio. Inoltre, gli automezzi sono stati considerati attivi contemporaneamente e in maniera continuativa per 8 ore durante la giornata lavorativa (ipotesi questa altamente cautelativa).

I risultati delle simulazioni sono quelli riportati nella tabella seguente.

Ricettore	Valore di emissione dB(A)	Leq (dBA) <sup>6</sup>
R01	21,2	21,0
R02	23,1	23,0
R03	23,2	23,0
R04	12	12,0
R05	10,2	10,0
R06	23,1	23,0
R07	22,3	22,5
R08	6,9	7,0
R09	11,2	11,0
R10	22,1	22,0
R11	22,9	23,0
R12	21,6	21,5
R13	11,1	11,0
R14	16,5	16,5

Tabella 11-2 Risultati delle simulazione acustica

<sup>6</sup> Valori arrotondati a 0.5 dB

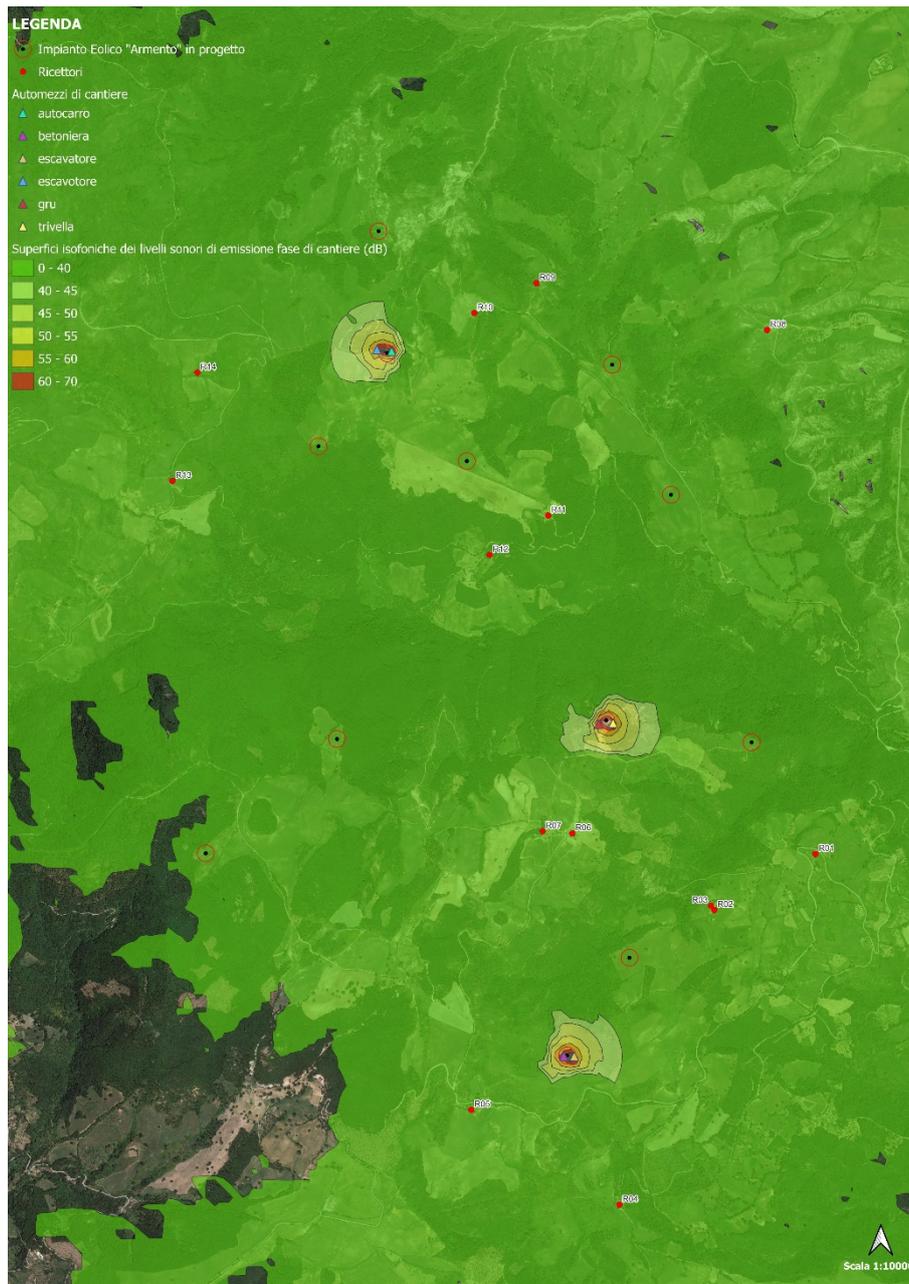


Figura 11-1 – Stralcio cartografico superfici isofoniche dei livelli sonori di emissione (dB) fase di cantiere

### 11.1 Valutazione del livello di rumore ambientale LA e verifica dei limiti di immissione - fase di cantiere

Ricettore	Valore di immissione dB(A)	Limiti normativi
	Diurno	Diurno
R01	45,5	70
R02	45,5	70
R03	45,5	70
R04	46,0	70
R05	46,0	70
R06	45,5	70
R07	45,5	70
R08	46,0	70
R09	46,0	70
R10	46,0	70
R11	46,0	70
R12	49,5	70
R13	49,5	70
R14	49,5	70

Tabella 11-3 Confronto con i valori limite di immissione in fase di cantiere

Dalle valutazioni sopra effettuate si evince sempre il rispetto dei limiti assoluti di immissione per tutti i ricettori considerati.

Per quanto riguarda il criterio differenziale, si riporta di seguito il risultato delle relative valutazioni.

Ricettore	Valore di immissione dB(A)	Criterio differenziale
	Diurno	Diurno
R01	45,5	NA
R02	45,5	NA
R03	45,5	NA
R04	46,0	NA
R05	46,0	NA
R06	45,5	NA
R07	45,5	NA
R08	46,0	NA
R09	46,0	NA
R10	46,0	NA
R11	46,0	NA
R12	49,5	NA
R13	49,5	NA
R14	49,5	NA

Tabella 11-4 Confronto con i valori limite di immissione e il criterio differenziale

Come è possibile evincere dall'analisi dei risultati delle valutazioni effettuate, il criterio differenziale risulta sempre non applicabile.

---

## 12 Conclusioni

Dalle analisi condotte, si evince che sia nel periodo di riferimento diurno che notturno i limiti assoluti di cui al D.P.C.M 1.03.1991, validi per Tutto il Territorio Nazionale, risultano sempre rispettati in corrispondenza di tutti i ricettori individuati. Allo stesso modo, risultano sempre rispettati i limiti di immissione differenziali presso tutti gli ambienti abitativi, sia nel periodo di riferimento diurno che in quello notturno.

Ad ogni modo, al fine di tutelare ulteriormente i ricettori individuati e di convalidare i risultati stimati dalla presente valutazione di impatto acustico, si ritiene opportuno prevedere, una volta avviato il parco eolico, un monitoraggio post operam dei livelli di rumore generati dall'impianto in condizioni di reale operatività. Qualora, in fase di collaudo, le previsioni si rivelassero non corrispondenti alle ipotesi di progetto e quindi i limiti normativi non fossero rispettati, si provvederà ad attenuare i livelli sonori prodotti mediante opportune soluzioni di bonifica acustica al fine di rientrare nei limiti imposti.

Le valutazioni espresse nella presente relazione tecnica mantengono validità finché permangono invariate le caratteristiche dell'impianto sorgente descritto.