# REGIONI LIGURIA - PIEMONTE

Comuni:
CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA(SV): LOCALITA' "MONTE LINGO"
GARESSIO (CN): LOCALITA' "ORTICO"

## PROGETTO DEFINTIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA 2 AEROGENERATORI

Sezione 9:
**SCREENING AMBIENTALE**

Titolo elaborato:
**RELAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO**

N. Elaborato 9.8

Data: FEBBRAIO 2012


Committente

Via Nazionale, 2
25052 Piancogno (BS)
p.iva 00814870986
Rappresentante Legale
**Dott. Elio Rosario Gheza**

Progettazione

Via A. De Gasperi, 61
82018 San Giorgio del Sannio (BN)
p.iva 01269320626
Progettista
**Dott. Ing. Massimo Lepore**


| REV. | DATA | REDAZIONE sigla | REDAZIONE firma | CONTROLLO-EMISSIONE responsabile | CONTROLLO-EMISSIONE sigla | CONTROLLO-EMISSIONE firma | DESCRIZIONE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 01 | FEB 2012 | PM | | M.E.D. | ML | | Adeguamento STMG |
| 00 | MAG 2011 | PM | | M.E.D. | ML | | Richiesta A.U. – DLgs 387/03 |

# INDICE

**1. DEFINIZIONI ..... 4**

**2. PREMESSA ..... 7**

**3. CENNI TEORICI SUL RUMORE GENERATO DALLE TURBINE EOLICHE IN PRESENZA DI VENTO ..... 9**

*3.1 MECCANISMI DI GENERAZIONE DEL RUMORE DELLE TURBINE EOLICHE ..... 9*
Rumori di origine meccanica ..... 9
Rumore aerodinamico ..... 10
Gli infrasuoni ..... 11
*3.2 RUMORE RESIDUO E VELOCITÀ DEL VENTO ..... 11*
*3.3 CENNI TEORICI SUL RUMORE GENERATO DALLE APPARECCHIATURE ELETTRICHE ..... 13*

**4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO ..... 14**

*DPCM 1 MARZO 1991 ..... 14*
*LEGGE QUADRO 447/1995 ..... 16*
*DMA 11/12/1996 ..... 17*
*DPCM 14/11/1997 ..... 17*
*NORMA ISO 9613-2 ..... 20*
*CONSIDERAZIONI SULLA NORMATIVA ..... 23*

**5. IL CASO STUDIO ..... 24**

*5.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ..... 27*
*5.2 INDIVIDUAZIONE E SCELTA DEI RICETTORI ..... 28*
*5.3 CARATTERISTICHE DELLE SORGENTI IN ESAME ..... 30*

**6. INDAGINE FONOMETRICA - CAMPAGNA DI MISURA ..... 33**

*6.1 METODOLOGIA ..... 33*
*6.2 INDIVIDUAZIONE DELLE POSTAZIONI FONOMETRICHE ..... 35*
*6.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: ..... 37*
*6.4 SETUP FONOMETRO: ..... 37*
*6.5 INCERTEZZA DELLA MISURA ..... 38*
*6.6 METODOLOGIA DI POST ELABORAZIONE DELLE MISURE ..... 38*
*6.7 RISULTATI DELLE MISURE ..... 39*
*6.8 ASSOCIAZIONE POSTAZIONI FONOMETRICHE – RICETTORI ..... 39*

**7. CARATTERIZZAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO POST OPERAM ..... 41**

*7.1 IMPOSTAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO PREVISIONALE ..... 41*
*7.2 RISULTATI ..... 42*
*7.3 VERIFICA DEI LIMITI ASSOLUTI DI IMMISSIONE ..... 42*
*7.4 VERIFICA DEI LIMITI AL DIFFERENZIALE ..... 43*

**8. RUMORE IN FASE DI CANTIERIZZAZIONE ..... 44**

**9. PROPOSTA DI VARIANTE AL PIANO DI ZONIZZAZIONE ACUSTICO ..... 46**

**10. CONCLUSIONI ..... 49**

10.1 VERIFICA DEI LIMITI ..... 49

**ALLEGATO 0: DICHIARAZIONE DI ASSEVERAZIONE .....50**

**ALLEGATO 1: DDR N°1396 GIUNTA REGIONALE CAMPANIA: RICONOSCIMENTO FIGURA TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA .....51**

**ALLEGATO 2: CERTIFICATI DELLA STRUMENTAZIONE .....52**

**ALLEGATO 3: REPORTS DI MISURA .....57**

# 1. DEFINIZIONI

Di seguito sono riportate alcune definizioni di alcuni termini e parametri usati in questo documento relativi al campo dell'acustica

*1)* **Ambiente Abitativo:** *(Legge quadro N°447 26/10/1995)*
ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.lgs. 15 agosto 1991n. 227 (2), salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive;

*2)* **Inquinamento Acustico:** *(Legge quadro N°447 26/10/1995)*
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 dell'ecosistema, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi;

*3)* **Impianto a Ciclo Produttivo Continuo:** *(DMA 11/12/1996)*
quello di cui non è possibile interrompere l'attività senza provocare danni all'impianto stesso, pericolo di incidenti o alterazioni del prodotto o per necessità di continuità finalizzata a garantire l'erogazione di un servizio pubblico essenziale;
quello il cui esercizio è regolato da contratti collettivi nazionali di lavoro o da norme di legge, sulle ventiquattro ore per cicli settimanali, fatte salve le esigenze di manutenzione;

*4)* **Impianto a Ciclo Produttivo Continuo Esistente:** *(DMA 11/12/1996)*
quello in esercizio o autorizzato all'esercizio o per il quale sia stata presentata domanda di autorizzazione all'esercizio precedente all'entrata in vigore del presente decreto;

5) **Sorgente Sonora:** *(DPCM 01/03/1991)*
qualsiasi oggetto, dispositivo, macchina o impianto o essere vivente idoneo a produrre emissioni sonore;

*6)* **Sorgente Specifica:** *(DPCM 01/03/1991)*
sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa del disturbo;

7) **Rumore:** *(DPCM 01/03/1991)*
qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti indesiderati, disturbanti o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente;

8) **Rumore di Fondo:** *(DPCM 01/03/1991)*
è il livello sonoro statistico L90 o L95 ovvero che viene superato nel 90 o 95 % della durata della misurazione;

*9)* **Rumore con Componenti Impulsive** *(DPCM 01/03/1991)*
emissione sonora nella quale siano chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili eventi sonori di durata inferiore ad un secondo;

*10)* **Rumori con Componenti Tonali:** *(DPCM 01/03/1991)*
emissioni sonore all'interno delle quali siano evidenziabili suoni corrispondenti ad un tono puro o contenuti entro 1/3 di ottava e che siano chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili;

11) **Rumore Residuo:** *(DPCM 01/03/1991)*
è livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato 'A' che si rileva quando si escludono le specifiche sorgenti disturbanti. Esso deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale e non deve contenere eventi sonori atipici (DMA 16.03.98).

12) **Rumore Ambientale:** *(DPCM 01/03/1991)*
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 costituto dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti;

13) **Differenziale del Rumore:** *(DPCM 01/03/1991)*
differenza tra il livello Leq(A) di rumore ambientale e quello del rumore residuo;

14) **Livello di Pressione Sonora:** *(DPCM 01/03/1991)*
esprime il valore della pressione acustica di un fenomeno sonoro mediante la scala logaritmica dei decibel (dB) ed è dato dalla relazione seguente:

$$Lp = 10\log\left(\frac{p}{p_0}\right)dB$$

dove p è il valore efficace della pressione sonora misurata in pascal (Pa) e Po è la pressione di riferimento che si assume uguale a 20 micropascal in condizioni standard;

15) **Livello Continuo Equivalente di Pressione Sonora Ponderato A-Leq(A):** *(DPCM 01/03/1991)*
è il parametro fisico adottato per la misura del rumore, definito dalla relazione analitica seguente:

$$Leq_{(A),T} = 10\log\left[\frac{1}{T}\int_0^t \frac{p_A^2(t)}{P_0^2}dt\right]dB(A)$$

dove PA(t) è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata secondo la curva A (norma I.E.C. n. 651); Po è il valore della pressione sonora di riferimento già citato; T è l'intervallo di tempo di integrazione; Leq(A),T esprime il livello energetico medio del rumore ponderato in curva A, nell'intervallo di tempo considerato;

16) **Sorgenti Sonore Fisse:** *(Legge quadro N°447 26/10/1995)*
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 ed agricole; i parcheggi; le aree adibite a stabilimenti di movimentazione merci; i depositi dei mezzi di trasporto di persone e merci; le aree adibite ad attivita' sportive e ricreative;

17) **Sorgenti Sonore Mobili:** (Legge quadro N°447 26/10/1995)
tutte le sorgenti sonore non comprese nelle sorgenti sonore fisse;

18) **Tempo di Riferimento - Tr.:** *(DPCM 01/03/1991)*
è il parametro che rappresenta la collocazione del fenomeno acustico nell'arco delle 24 ore: si individuano il periodo diurno e notturno. Il periodo diurno è di norma, quello relativo all'intervallo di tempo compreso tra le h 6,00 e le h. 22,00. Il periodo notturno è quello relativo all'intervallo di tempo compreso tra le h 22,00 e le h 6,00;

19) **Tempo di Osservazione - To.:** *(DPCM 01/03/1991)*
è un periodo di tempo, compreso entro uno dei tempi di riferimento, durante il quale l'operatore effettua il controllo e la verifica delle condizioni di rumorosità;

20) **Tempo di Misura - Tm.:** *(DPCM 01/03/1991)*

è il periodo di tempo, compreso entro il tempo di osservazione, durante il quale vengono effettuate le misure di rumore;

*21)* **Valori Limite di Emissione:** *(Legge quadro N°447 26/10/1995)*
il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa;

*22)* **Valori Limite di Immissione:** *(Legge quadro N°447 26/10/1995)*
il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori;

*23)* **Valori di Attenzione:** *(Legge quadro N°447 26/10/1995)*
il valore di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente;

*24)* **Valori di Qualità:** *(Legge quadro N°447 26/10/1995)*
i valori di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla presente legge.

25) **N-esimo livello percentile**: Livello sonoro ponderato A che è superato per l'N% del tempo di misura, espresso in decibels [dB]. La definizione fa riferimento alla distribuzione statistica retrocumulata. **Nota**: $L_{A90}$ rappresenta il livello di pressione sonora ponderto 'A' superato per il 90 % del tempo di misura.

26) **Area di influenza**: Porzione o porzioni di territorio in cui la realizzazione di una nuova opera o la modifica di un'opera esistente potrebbero determinare una variazione significativa dei livelli di rumore ambientale, rispetto alla situazione ante-operam.

# 2. PREMESSA

Il seguente studio è stato redatto ai fini di stimare l'eventuale impatto acustico generato dalla installazione di due aerogeneratori di tipo Vestas V52 850 kW in località Monte Lingo nel comune di Castelvecchio di Rocca Barbena (SV) in prossimità del confine Nord-Ovest con il comune di Erli.

Lo scopo è dare evidenza della rispondenza del progetto alla normativa di settore nazionale e regionale, ovvero alle prescrizioni della *Legge quadro sull'inquinamento acustico* n. 447 del 26 ottobre 1995 e dei suoi successivi decreti attuativi, che impongono una valutazione previsionale dell'impatto acustico generato dalle opere e dalle attività previste in progetto.

Nello specifico è richiesto: "*la relazione di previsione di impatto acustico ai sensi della L.447/95, DPCM 14/11/97, DPCM01/03/91, a firma di tecnico abilitato, riportante le caratteristiche tecniche delle sorgenti sonore nell'area di progetto, l'individuazione dei ricettori sensibili, le misure di fondo acustico ante operam dell'area e rispetto ai ricettori sensibili, il calcolo previsionale di impatto acustico con verifica del rispetto dei valori assoluti (emissione/immissione) alla sorgente e presso i ricettori sensibili, nonché la verifica del criterio differenziale presso i ricettori sensibili*".

In accordo alla legge quadro N°447 26/10/1995 e al DPCM 01/03/1991, sulla base dei ricettori individuati in fase progettuale, è stata programmata una campagna di misure fonometriche avente lo scopo di caratterizzare il **clima acustico ante-operam**. Al fine di valutare **il clima acustico post operam** ed effettuare la verifica dei limiti di legge, sono state effettuate le simulazioni avvalendosi dello strumento previsionale dedicato (modulo di calcolo DECIBEL del software della casa danese EMD, in accordo alla norma ISO 9613-2), sulla base delle misure acquisite. Le simulazioni sono state eseguite utilizzando i valori aggiornati di emissione acustica in potenza delle sorgenti sonore costituite dagl aerogeneratori esistenti e di progetto. I valori d'immissione acustica calcolati sui ricettori acustici sono stati confrontati con i valori misurati nella stessa area dal tecnico competente al fine di verificare se l'impianto di progetto rispetta i requisiti previsti dalla normativa vigente.

Di seguito sono indicati i tecnici, incaricati dalla **Ten Project Srl** , che hanno eseguito le indagini fonometriche per la valutazione del clima acustico ante operam e redatto la relazione di impatto previsionale avvalendosi di software specifici per la simulazione del clima acustico post operam:

- **Ing. Massimo Lepore**, esperto in Acustica, iscritto nell'elenco dei Tecnici Competenti (**DDR 1396/2007, n° rif 653/07**) della Regione Campania secondo quanto prescritto dalla legge 447/95 ed all'**Ordine degli Ingegneri della Provincia di Benevento col n°1394;**

In prossimità dell'area d'impianto attualmente è in esercizio un impianto eolico di 2 aerogeneratori ricadenti su comune di Erli.

Data la vicinanza dell'impianto di Erli nelle valutazioni si è tenuto conto dell'effetto di cumulo indotto dalla compresenza dell'impianto esistente e di progetto.

- **Tabella 1: Coordinate geografiche e codici delle turbine di progetto – sorgenti sonore**

| | COORDINATE Gauss Boaga fuso Est | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Denominazione Aerogeneratore** | **Latitudine Nord** | **Longitudine Est** | **Altitudine** |
| TURBINE DI PROGETTO | A01 | 4890947 | 1428762 | 998,8 |
| | A02 | 4890935 | 1428977 | 1027 |
| TURBINE ESISTENTI | E01 | 4891070 | 1428076 | 1050 |
| | E02 | 4891013 | 1428243 | 1040 |

# 3. CENNI TEORICI SUL RUMORE GENERATO DALLE TURBINE EOLICHE IN PRESENZA DI VENTO

Le fonti del rumore emesso da una turbina eolica sono essenzialmente di natura aerodinamica, causate dall'interazione tra il vento e le pale, e meccanica, generate dagli attriti meccanici dei componenti del rotore e del sistema di trasmissione del generatore.Diversi studi della BWEA (British Wind Energy Association) hanno mostrato che a distanza di poche centinaia di metri (distanze tipiche di confine per limitare eventuali rischi per gli abitanti delle aree circostanti), il rumore prodotto dalle turbine eoliche è sostanzialmente poco distinguibile dal rumore residuo; del resto è anche vero che il vento che interagisce con le pale del rotore produce un rumore di sottofondo distinto da quello naturale, tanto più avvertibile quanto meno antropizzato, quindi più silenzioso,è il luogo prescelto, soprattutto nel corso del periodo notturno.

## 3.1 MECCANISMI DI GENERAZIONE DEL RUMORE DELLE TURBINE EOLICHE

Le fonti di rumore degli aerogeneratori possono essere divise in due categorie:

1) rumori di origine meccanica, generati dai componenti in movimento della turbina;
2) rumori aerodinamici, prodotti dal flusso di aria sulle pale;

### Rumori di origine meccanica

I rumori di natura meccanica sono causati dall'interazione di tutte le parti meccaniche in movimento relativo. Le fonti di tali rumori sono:

1. Moltiplicatore di giri;
2. Generatore;
3. Azionamenti del meccanismo di imbardata (yaw control);
4. Ventilatori;
5. Apparecchiature ausiliarie (per esempio, la parte idraulica).

Il rumorememeccanico emesso dalla rotazione di parti meccaniche ed elettriche tende ad essere di tipo tonale, anche se può contenere una componente a banda larga. Ad esempio nel caso di alberi di rotazione si possono riscontrare i toni puri proprio alla frequenza di rotazione.Inoltre il mozzo, il rotore e la torre possono fungere da altoparlanti, trasmettendo ed irradiando il rumore. La trasmissione del rumore può essere di tipo "airborne", nel caso sia direttamente propagato nell'aria oppure di tipo "structure-borne" se il rumore è trasmesso lungo altri componenti strutturali prima di essere irradiato nell'aria. La figura che segue mostra il tipo di

percorso di trasmissione e dei livelli sonori per i diversi componenti relativi a una turbina da 2 MW [ Wagner, 1996 ]. Si noti che la fonte principale dei rumori meccanici in questo esempio è il moltiplicatore di giri, che irradia dalle superfici della navicella e dal carter del dispositivo.

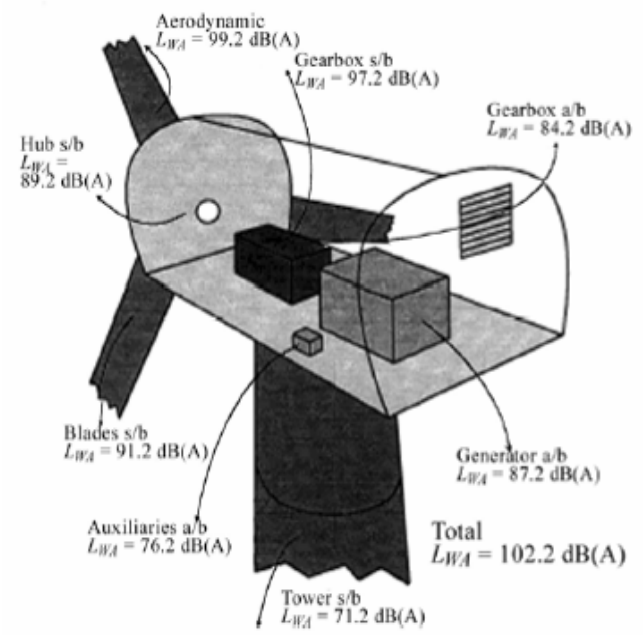



**Figura 1: - Livelli sonori emessi dai componenti meccanici e da tutta la turbina eolica;a/b indica rumore che si propaga direttamente nell'aria (airborne);s/b rumore di tipo strutturale (structure-borne).**

## Rumore aerodinamico

Il rumore a banda larga aerodinamico è la componente più importante delle emissioni acustiche di un aerogeneratore ed è generato dall'interazione del flusso d'aria con le pale. Come mostratoin figura 2,l'interazione del flusso d'aria con le pale genera complessi fenomeni aerodinamici ciascuno dei quali è in grado di generare uno specifico rumore. Il rumore aerodinamico aumenta generalmente con la velocità del rotore. I vari meccanismi aerodinamici di generazione dei rumori sono divisi in tre gruppi: [Wagner, ed altri, 1996]

1. **Rumore a bassa frequenza**: Il rumore aerodinamico nella parte a bassa frequenza dello spettro è generato dalla perdita di portanza delle pale per separazione del flusso dalle superfici aerodinamiche a causa della turbolenza di scia delle altre pale o delle torri, nel caso di rotore sottovento, o per repentini cambiamenti della velocità.

2. **Rumore generato dalle turbolenze**: dipende dalla turbolenza atmosferica che provoca fluttuazioni localizzate di pressione intorno alla pala;

3. **Rumore generato dal profilo alare**: la corrente d'aria che fluisce lungo il profilo aerodinamico delle pale genera un rumore che tipicamente è a banda larga ma può presentare componenti tonali dovute alla presenza di spigoli smussati, fessure o fori.

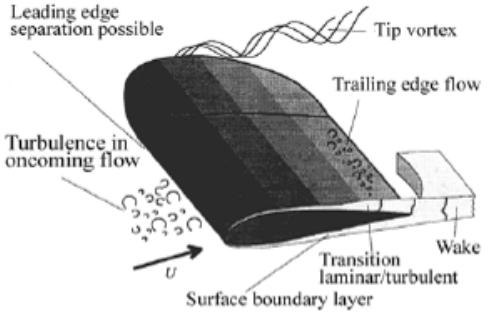



**Figura 2: - Flussi di aria intorno al profilo alare di una turbine eolica**

### Gli infrasuoni

Gli infrasuoni sono presenti solo con i rotori sottovento, configurazione in disuso in quanto la soluzione del rotore sopravento si è rivelata molto più vantaggiosa per diversi aspetti. I moderni rotori sopravento emettono un rumore essenzialmente in banda larga, caratterizzato maggiormente da basse frequenza e un ridotto contenuto di infrasuoni. Il caratteristico rumore di "swishing" non contiene basse frequenze, come potrebbe sembrare, in quanto è causato da una modulazione di ampiezza delle alte frequenze generate dai vortici di estremità palare.

Per minimizzare il rumore meccanico vengono adottati una serie di accorgimenti costruttivi alcuni dei quali sono elencati di seguito:

- rifinitura speciale dei denti degli ingranaggi;
- minimizzare la possibilità di trasmissione del rumore lungo la torre;
- utilizzare ventilatori a bassa velocità;
- installare componenti meccanici nella navicella anziché al livello del suolo;
- isolare acusticamente la navicella per mezzo di smorzatori.

## 3.2 RUMORE RESIDUO E VELOCITÀ DEL VENTO

La capacità di percepire il rumore di un aerogeneratore in una data installazione dipende dal livello sonoro del rumore residuo presente nell'ambiente.Infatti quando il rumore generato dalla turbina e quello residuo sono dello stesso ordine di grandezza, il rumore della turbina tende a perdersi in quello residuo.Fonti del rumore residuo sono sia l'interazione del vento con l'orografia, la vegetazione e le costruzioni, sia la presenza di attività umane quali traffico, industrie, agricoltura e simili. Ilsuo livello sonoro dipende dunque da velocità e direzione del vento e dalla quantità di attività umana e quindi dall'ora del giorno in cui le attività sono più o

meno concentrate. In generale il contributo del rumore del vento al rumore residuo aumenta all'aumentare della sua velocità. Ad esempio, la misura del livello del rumore residuo eseguita il 10 marzo 1992 nelle vicinanze della High School in Massachusetts, mostra un livello di rumore variabile da 42 a 48 dB(A) corrispondente ad una variazione della velocità del vento da 5 a 9 mph (2 - 4 m/s). Anche il livello di emissione del rumore della turbina aumenta con la velocità del vento. Quindi il superamento del livello sonoro residuo da parte di quello della turbina dipende da come ciascuno di questi varia con la velocità del vento. La pressione sonora a banda larga pesata A, generata dall'impatto del vento sull'ambiente rurale, è stata indicata essere approssimativamente proporzionale al logaritmo in base 10 della velocità del vento [Fégeant, 1999]:

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

Il contributo del vento al rumore residuo tende ad aumentare rapidamente con la velocità del vento. Per esempio, durante una valutazione acustica per il progetto Madison (NY) Windpower, in una tranquilla area rurale, il rumore residuo misurato è stato di 25 dB(A) durante gli stati di calma del vento e 42 dB(A) quando il vento era 12 mph (5,4 m/s). Il rumore di fondo rilevato durante le misurazioni acustiche è indicato nella figura 3 [Huskey e Meadors, 200].Come si vede dal grafico, l'emissione sonora aumenta con la velocità del vento.

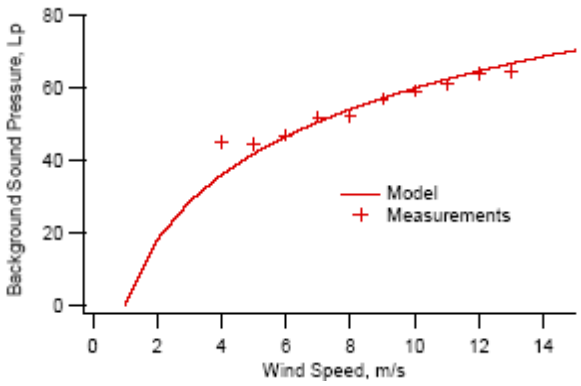



**Figura 3:Confronto tra l'andamento reale del rumore residuo in funzione della velocità del vento e la curva logaritmica che teoricamente descrive meglio tale dipendenza.**

La fonteprincipale dei rumori generati dal vento scaturiscedall'interazioni con la vegetazione e il livello dell'emissione dipende maggiormente dalla forma superficiale della vegetazione esposta al vento che dalla densità del fogliame o dal suo volume [1999 Fégeant]. Ad esempio, i suoni emessi dagli alberi a foglie decidue hanno una banda in frequenza più larga e un livello sonoro più bassorispetto a quelli emessi dalle conifere.

Le macchine più recenti sono attualmente caratterizzate da livelli di potenza sonora dell'ordine di 100-105 dB(A). In relazione alle specifiche caratteristiche del sito, è possibile ottimizzare la macchina al fine di ottenere un basso livello di emissione sonora, con penalizzazioni molto modeste sul fronte delle prestazioni.

## 3.3 CENNI TEORICI SUL RUMORE GENERATO DALLE APPARECCHIATURE ELETTRICHE

Le possibili sorgenti di rumore nel tipo di opera che si va a realizzare sono costituite da :

- I trasformatori MT/AT
- Elettrodotto

I trasformatori sono composti di bobine di filo di rame (primario e secondario) avvolte su nuclei di lamine di ferro-silicio adatto per trasferire per via magnetica l'energia elettrica da primario a secondario. Per i grossi trasformatori vibra tutta la struttura e le stesse bobine soggette a forze elettrodinamiche dell'ordine di centinaia di chili e anche di tonnellate. La frequenza di ronzio, a 50 Hz o un suo multiplo (armonica) è dovuta alla corrente elettrica alternata a 50 Hz e a modi vibrazionali meccanici della struttura.

La produzione di rumore da parte di un elettrodotto in esercizio è dovuta essenzialmente ai seguenti fenomeni fisici:

- Il vento, se particolarmente intenso, può provocare il **"fischio"** dei conduttori, fenomeno peraltro locale e di modesta entità. **Tale effetto riguarda solo elettrodotti aerei e non interrati**
- il cosiddetto **effetto corona** che consiste nella ionizzazione dell'aria presente in un sottile strato cilindrico (la *corona*, appunto) attorno ad un conduttore elettricamente carico. La causa del fenomeno è l'intenso campo elettrico che in alcuni casi, come vedremo, si stabilisce in questa regione. La ionizzazione si determina quando il valore del campo elettrico supera una soglia detta rigidità dielettrica dell'aria, e si manifesta con una serie di scariche elettriche, che interessano unicamente la zona ionizzata e sono quindi circoscritte alla corona cilindrica in cui il valore del campo supera la rigidità dielettrica. Esso si manifesta con il caratteristico "crepitio" tipico di ogni scarica elettrica. **Tale effetto è relativo anch'esso solo alle linee aree con cavo nudo, nello specifico il cavidotto interrato con cavo in guaina non genera tale effetto**

È evidente che problemi associati ad emissioni rumorose dei cavi sono individuabili solo nella fase di cantierizzazione per le opere necessarie alla posa. (Cfr Cap 8)

# 4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la valutazione e/o la previsione del rumore ambientale esistono due criteri di riferimento:

- il criterio assoluto;
- il criterio differenziale.

Il primo criterio è basato sulla descrizione del territorio in base alle caratteristiche urbanistiche e abitative. Per ogni zona individuata, vengono definiti i limiti massimi ammissibili per il periodo diurno e notturno da non superare. L'applicazione di tale criterio riguarda l'ambiente aperto.
Il criterio differenziale invece comporta la definizione di due diverse condizioni di rumore: il rumore ambientale, ossia quello dipendente da una sorgente specifica di rumore, ed il rumore residuo, che descrive la rumorosità complessiva, con l'esclusione della sorgente specifica. La situazione viene definita tollerabile, se la differenza dei rumori corrispondenti alle due condizioni non supera un determinato valore numerico espresso in decibel, con ponderazione A, in genere differente per il periodo diurno e notturno. Questo criterio trova applicazione, in genere, negli ambienti abitativi.

## DPCM 1 MARZO 1991

Il presente decreto è il primo atto legislativo nazionale, in attesa della successiva legge quadro, relativo all'inquinamento acustico negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno. Costituito da 6 articoli, esso detta apposite definizioni tecniche per l'applicazione del decreto stesso, stabilisce i limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno e determina le modalità e la strumentazione da impiegare per la misura del rumore. Inoltre tale decreto opera una classificazione del territorio in 6 zone in base alla diversa destinazione d'uso e alla rumorosità intrinseca (tab. 3) e per ciascuna zona fissa i limiti massimi dei livelli sonori equivalenti (tab. 2). Tale classificazione deve essere adottata dai comuni per la redazione del piano di zonizzazione acustica. L'art. 6 del decreto fissa i limiti di accettabilità (tab. 4) da rispettare in attesa della zonizzazione del territorio comunale.

| **Classi di destinazione d'uso del territorio** | diurno (6:00-22:00) | notturno (22:00-6:00) |
|---|---|---|
| I. Aree particolarmente protette | **50** | **40** |
| II. Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale | **55** | **45** |
| III. Aree di tipo misto | **60** | **50** |
| IV. Aree di intensa attività umana | **65** | **55** |
| V. Aree prevalentemente industriali | **70** | **60** |
| VI. Aree esclusivamente industriali | **70** | **70** |

**Tabella 2: Limiti massimi dei livelli sonori equivalenti fissati in relazione alla diversa destinazione d'uso del territorio (DCPM 01/03/91)**

| |
|---|
| **Classe I. Aree particolarmente protette**<br>Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago ,aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc. |
| **Classe II. Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale**<br>Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali |
| **Classe III. Aree di tipo misto**<br>Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali ; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici |
| **Classe IV.Aree di intensa attività umana**<br>Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali, uffici, con presenza di attività artigianali ; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie ; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie |
| **Classe V. Aree prevalentemente industriali**<br>Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni. |
| **Classe VI. Aree esclusivamente industriali**<br>Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi |

**Tabella 3: Classificazione del territorio in relazione alla sua diversa destinazione d'uso**

| Zonizzazione | Limite diurno<br>Leq (A) | Limite notturno<br>Leq (A) |
|---|---|---|
| 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 |
| (*) Zone di cui all'art. 2 del decreto ministeriale 2 aprile 1968. | | |

**Tabella 4: - Limiti di accettabilità**

## LEGGE QUADRO 447/1995

La legge 447 del 26/10/95 "***Legge quadro sull'inquinamento acustico***" si compone di 17 articoli e stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico. Inoltre definisce e delinea le competenze sia degli enti pubblici che esplicano le azioni di regolamentazione, pianificazione e controllo, sia dei soggetti pubblici e dei soggetti privati che possono essere causa diretta o indiretta di inquinamento acustico.

Il carattere onnicomprensivo della legge è evidenziato dalla definizione stessa di "inquinamento acustico" che amplia la definizione di rumore del DPCM 01/03/91 dilatando il settore di tutela. La legge dà anche la definizione di ambiente abitativo, limitandolo agli ambienti interni di un edificio destinati alla permanenza di persone, che di fatto è una definizione sovrapponibile con quella del DPCM 01/03/91. La legge individua anche una nuova figura professionale: il Tecnico Competente che ha il compito di svolgere le attività tecniche connesse alla misurazione dell'inquinamento acustico, alla verifica del rispetto o del superamento dei limiti e alla predisposizione degli interventi di riduzione dell'inquinamento acustico. La legge individua le competenze dello stato, delle regioni, delle province e le funzioni e i compiti dei comuni. Nell'impostazione della legge quadro si lega l'attenzione ai valori di rumore che segnalano la presenza di un potenziale rischio per la salute o per l'ambiente e ai valori di qualità da conseguire per realizzare gli obiettivi di tutela. Prima della legge quadro, il DPCM 01/03/91 fissava i soli limiti di immissione, assoluti e differenziali. La legge quadro, oltre ai limiti di immissione, introduce anche i limiti di emissione ed i valori di attenzione e di qualità.

| |
|---|
| **Limite di emissione:**<br>valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente. |
| **Limite di immissione:**<br>è suddiviso in assoluto e differenziale. Valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno .Superare i limiti comporta sanzioni amministrative |
| **Valore di attenzione**:<br>rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente. Superare il valore di attenzione comporta piano di risanamento |
| **Valore di qualità:**<br>obiettivo da conseguire nel breve, medio, lungo periodo. La classificazione in zone è fatta per l'applicazione dei valori di qualità. |

**Tabella 5: - Valori limite, di qualità e di attenzione introdotti dalla legge 447/95**

Tali valori limite sono stabiliti dal successivo DPCM 14/11/97 e sono determinati in funzione della tipologia della sorgente, del periodo della giornata e della destinazione d'uso della zona da proteggere.

## DMA 11/12/1996

Il decreto si compone di 6 articoli ed è stato emanato a seguito dell'esigenza di regolare l'applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo, ubicati in zone diverse da quelle esclusivamente industriali, così come definite nel DPR 1° marzo 1991.
L'art.2 detta le definizioni di impianto a ciclo produttivo continuo ed in particolare di quello di "*impianto a ciclo produttivo continuo esistente*" definito come l'impianto in esercizio o autorizzato all'esercizio o per il quale sia stata presentata domanda di autorizzazione all'esercizio precedentemente all'entrata in vigore del presente decreto.
L'art.3 stabilisce i criteri di applicabilità del criterio differenziale. In sintesi, questo decreto esonera gli impianti a ciclo produttivo continuo esistenti dal rispetto dei limiti di immissione differenziali se rientrano nei limiti di immissione assoluti.

## DPCM 14/11/1997

Il DPCM 14/11/1997, entrato in vigore il 1° gennaio 1998, fissa i limiti di immissione ed emissione e i valori di attenzione (tab.7) e qualità introdotti dalla legge quadro 447/95 (tab.5).
Precisamente gli articoli a cui fare riferimento sono:

- art. 2 per i limiti di emissione;
- art. 3 per i limiti assoluti di immissione;
- art. 4 per i limiti differenziali di immissione;
- art. 6 per i valori di attenzione;
- art. 7 per i valori di qualità.

Tale decreto conferma l'impostazione del DPCM 01/03/91 che fissava limiti di immissione assoluti per l'ambiente esterno validi per tutte le tipologie di sorgenti e per ciascuna delle sei zone di destinazione d'uso (tab.6).

| Classi di destinazione d'uso del territorio | | Emissione | | Immissione | | Qualità | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | diurno (06.00-22.00) | notturno (22.00-06.00) | diurno (06.00-22.00) | notturno (22.00-06.00) | diurno (06.00-22.00) | notturno (22.00-06.00) |
| I | aree particolarmente protette | 45 | 35 | 50 | 40 | 47 | 37 |
| II | aree prevalentemente residenziali | 50 | 40 | 55 | 45 | 52 | 42 |
| III | aree di tipo misto | 55 | 45 | 60 | 50 | 57 | 47 |
| IV | aree ad intensa attività umana | 60 | 50 | 65 | 55 | 62 | 52 |
| V | aree prevalentemente industriali | 65 | 55 | 70 | 60 | 67 | 57 |
| VI | aree esclusivamente industriali | 65 | 65 | 70 | 70 | 70 | 70 |

- **Valori limite di emissione**: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa;
- **Valore limite di immissione**: il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori;
- **Valori di qualità**: i valori di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla legge.

**Tabella 6: valori limite del DPCM 14/11/97 - Leq in dB(A))**

| Zonizzazione | Limite diurno | Limite notturno |
|---|---|---|
| Tutto il territorio nazionale | 70 | 60 |
| Zona A (DM 1444/68)[1] | 65 | 55 |
| Zona B (DM 1444/68)[1] | 60 | 50 |
| Zona esclusivamente industriale | 70 | 70 |

**Tabella 7: Limiti di accettabilità provvisori di cui all'art. 6 del DPCM 1/3/91 (LeqA in dB(A))**

I valori limiti di emissione e immissione e i valori di attenzione e qualità sono fissati come livello equivalente $L_{Aeq}$ in dB(A), livello energetico medio secondo la curva di ponderazione A (che simula la sensibilità dell'orecchio umano).

I limiti differenziali di immissione coincidono con quelli già fissati dal DPCM 01/03/91 e, precisamente, all'interno degli ambienti abitativi, l'incremento al rumore residuo apportato da una sorgente specifica non può superare il limite di 5dB in periodo diurno e di 3 dB in periodo notturno.

Le disposizioni non si applicano se il rumore misurato a finestre aperte è inferiore a 50 dB(A) diurno e 40 dB(A) notturno oppure, nel caso di finestre chiuse, rispettivamente 35 dB(A) e 25 dB(A). Le due condizioni devono essere entrambe rispettate.

[1] Zone di cui all'art. 2 del DM 2 aprile 1968 - **Zone territoriali omogenee**. Sono considerate zone territoriali omogenee, ai sensi e per gli effetti dell'art. 17 della legge 6 agosto 1967, n. 765:

- le parti del territorio interessate da agglomerati urbani che rivestano carattere storico, artistico e di particolare pregio ambientale o da porzioni di essi, comprese le aree circostanti, che possono considerarsi parte integrante, per tali caratteristiche, degli agglomerati stessi;
- le parti del territorio totalmente o parzialmente edificate, diverse dalle zone A): si considerano parzialmente edificate le zone in cui la superficie coperta degli edifici esistenti non sia inferiore al 12,5% (un ottavo) della superficie fondiaria della zona e nelle quali la densità territoriale sia superiore ad 1,5 mc/mq.

Con l'esclusione delle infrastrutture dei trasporti, i limiti di emissione per le singole sorgenti sonore, definiti e suddivisi nelle sei classi di destinazione d'uso del territorio, sono numericamente posti ad un valore di 5 dB inferiore al limite assoluto di immissione per la stessa classe.

I valori di qualità, anch'essi diversificati per le classi di destinazione d'uso del territorio, sono numericamente posti ad un valore minore di 3 dB rispetto al limite assoluto di immissione per la stessa classe.

I valori di attenzione, diversificati per le classi di destinazione d'uso del territorio, corrispondono ai valori limite di immissione se relativi ai tempi di riferimento e agli stessi valori aumentati di 10 dB per il periodo diurno e di 5 dB per il periodo notturno se riferiti al tempo di un'ora. Il limite assoluto di immissione, il valore di attenzione e il valore di qualità vengono determinati come somma del rumore prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo (il decreto lo chiama rumore ambientale).

Il limite assoluto di emissione è il massimo rumore che può essere emesso da una sorgente specifica e va misurato e verificato in corrispondenza di spazi utilizzati da persone e comunità.

Il limite differenziale di immissione invece utilizza ancora un $L_{Aeq}$ valutato su un tempo di misura rappresentativo del fenomeno sonoro della specifica sorgente che si vuol valutare.

L'art.8 stabilisce che, in attesa che i comuni provvedano alla suddivisione del territorio comunale nelle sei classi in base alla destinazione d'uso (tab.3), si applicano i valori limiti di cui all'art.6 del DPCM 01/03/91 (tab.4).

## NORMA ISO 9613-2

È la norma che impone i metodi di calcolo per la propagazione del rumore in ambiente esterno per attività produttive. I moderni software previsionali, compreso quello utilizzato per questo lavoro (WINDPRO) implementano il modello di calcolo descritto dalle equazioni della ISO 9613-2 secondo cui:

$$L_p\,(f) = L_w\,(f) + D_w\,(f) - A(f)$$

dove:

$L_p$: livello di pressione sonoro equivalente in banda d'ottava (dB) generato nel punto p dalla sorgente w alla frequenza f;

$L_w$: livello di potenza sonora in banda d'ottava (dB) alla frequenza f prodotto dalla singola sorgente w relativa ad una potenza sonora di riferimento di un picowatt;

$D$: indice di direttività della sorgente w (dB);

$A$:attenuazione sonora in banda d'ottava (dB) alla frequenza f durante la propagazione del suono dalla sorgente w al ricettore p.

Il termine di attenuazione A è espresso dalla seguente equazione:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

dove:

- $A_{div}$: attenuazione dovuta alla divergenza geometrica;
- $A_{atm}$: attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico;
- $A_{gr}$: attenuazione dovuta all'effetto del suolo;
- $A_{bar}$: attenuazione dovuta alle barriere;
- $A_{misc}$: attenuazione dovuta ad altri effetti.

Il fattore $A_{gr}$ rappresenta un dato di input della simulazione e può variare da 0 (superficie completamente riflettente, tipo marmo) ad 1 (superficie completamente assorbente, tipo paesaggio innevato), per le zone rurali una buona approssimazione in sicurezza è costituita dal porre questo fattore pari a 0,5.

Il valore totale del livello sonoro equivalente ponderato in curva A si ottiene sommando i contributi di tutte le bande d'ottava e di tutte le sorgenti presenti secondo l'equazione seguente:

$$Leq(dBA) = 10\log\left(\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{8}10^{0,1(L_p(ij)+A(j))}\right)\right)$$

dove:

- *n* : numero di sorgenti;
- *j* : indice che indica le otto frequenze standard in banda d'ottava da 63 Hz a 8kHz;
- *A(j):* indica il coefficiente della curva ponderata A;

L'attenuazione per divergenza è calcolata secondo la formula (ISO9613-2 - par. 7.1):

$$A_{div} = 20\log\left(\frac{d}{d_0}\right)+11$$

dove d è la distanza tra la sorgente e il ricevitore in metri e $d_0$ è la distanza di riferimento.
L'attenuazione per assorbimento atmosferico è calcolata secondo la formula (ISO9613-2 - par. 7.2):

$$A_{atm} = \frac{\alpha d}{10000}$$

dove *d* rappresenta la distanza di propagazione in metri e $\alpha$ rappresenta il coefficiente di assorbimento atmosferico in decibel per chilometro per ogni banda d'ottava. Per il calcolo dell'assorbimento atmosferico sono stati utilizzati valori standard di temperatura (20 °C) e umidità relativa (70%).
Per il caso specifico ci limitiamo a sottolineare che il vento può influire notevolmente sull'andamento dei raggi sonori, infatti la presenza di un gradiente di velocità al variare della quota fa sì che i raggi sonori curvino sottovento.

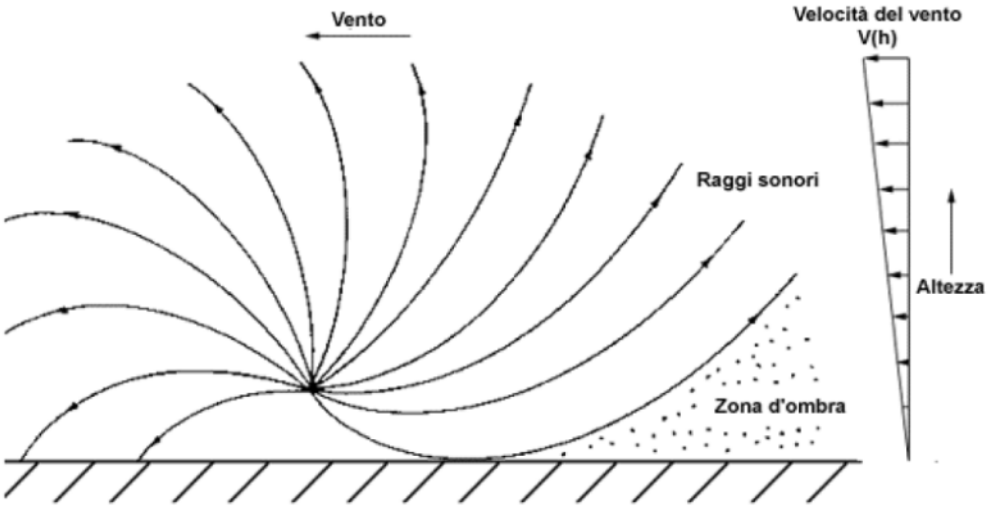



**Figura 4: - Effetto di curvatura del vento sui raggi sonori**

Oltre all'effetto di curvatura può esserci anche un leggero effetto sul trasporto delle onde, infatti quando la velocità del vento e quella del suono diventano confrontabili (situazione abbastanza rara) vanno a sommarsi vettorialmente come mostrato in figura 7:

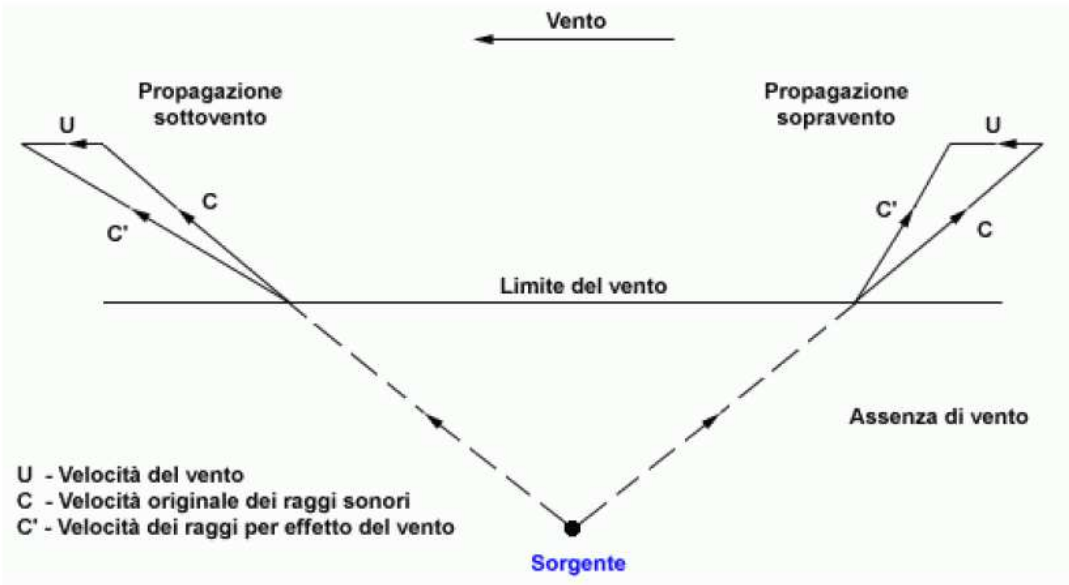



**Figura 5: - Composizione vettoriale del vento con i raggi sonori**

## CONSIDERAZIONI SULLA NORMATIVA

In via generale l'insieme dei riferimenti normativi si dimostra piuttosto lacunoso verso lo specifico caso di un impianto eolico; la problematica fondamentale riguarda la classificazione delle aree in cui si insediano gli impianti eolici. Infatti, un parco eolico è a tutti gli effetti un impianto industriale per la produzione di energia eolica, realizzato in aree caratterizzate da una buona risorsa eolica che spesso coincidono con areecollinari o montane, prevalentemente ruralie lontane dai centri urbani. Nei comuni in cui è presente la risorsa eolica, lo strumento urbanistico generale prevede per le zone E (agricole) una sottocategoria destinata allo sviluppo energetico (con chiaro riferimento all'eolico ed alle biomasse). Le classi di destinazione d'uso del territorio previste dal DPCM 01/03/91, vigenti nel caso di assenza di un piano di zonizzazione acustica, evidenziano un conflitto tra la natura dell'area e la tipologia di insediamento (il parco eolico).

Molto delicata è la verifica previsionale dei limiti al differenziale che nascono soprattutto con l'intento di tutelare le persone da un'elevata differenza di pressione sonora tra ambientale e residua, che potrebbe disturbare il riposo oppure le normali attività quotidiane. Infatti tali limiti dovrebbero essere verificati, quando la sorgente è esistente, sul singolo ricettore abitativo, all'interno dei luoghi più sensibili, quali camere da letto e vani più esposti alla sorgente. Le misure andrebbero fatte a finestre aperte e chiuse accendendo e spegnendo la sorgente.

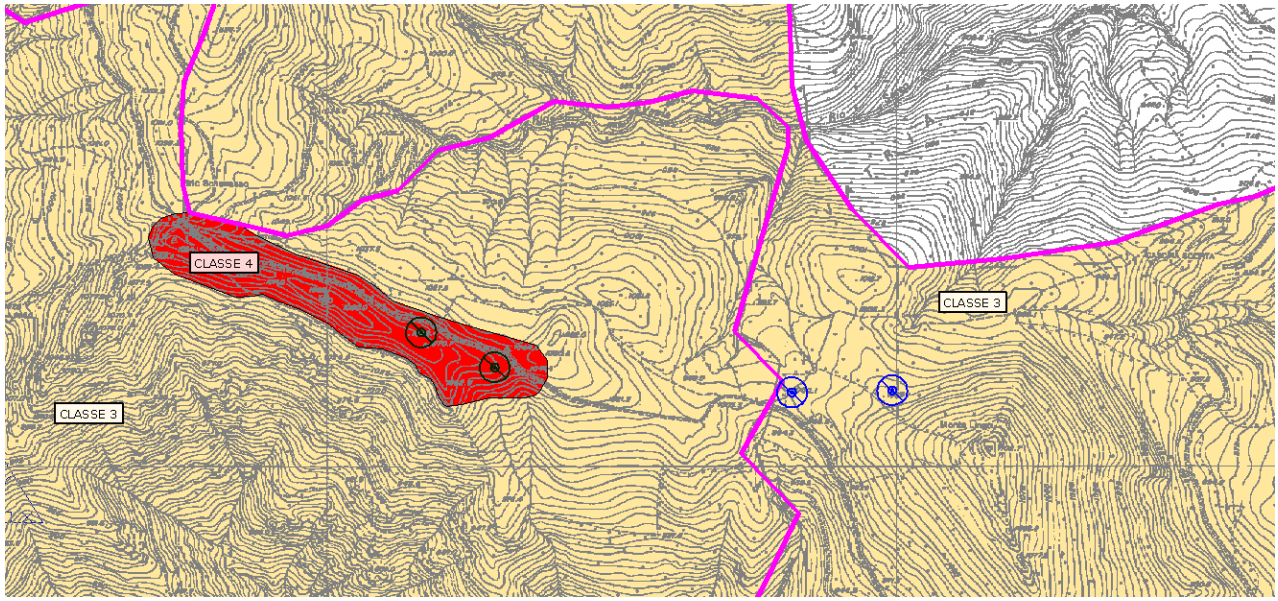
Inoltre, da un punto di vista pratico, non è pensabile di poter fare delle misure preventive in tutti i ricettori per tutte le stanze e/o facciate, nelle diverse condizioni di ventosità e quindi d'emissione dell'impianto eolico.

Inoltre è da sottolineare che, secondo normativa, un edificio che abbia o voglia ottenere requisiti di agibilità dovrebbe assicurare dei requisiti acustici passivi di fono-isolamento (Rw) 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 principio stesso poiché si potrebbe dimostrare di riuscire agevolmente a soddisfare entrambe le condizioni di esclusione di applicabilità della legge quadro. Tuttavia ai fini di una massima tutela e comprensione dell'impatto è stata eseguita una valutazione previsionale dei limiti al differenziale in prossimità della facciata più esposta di ogni singolo ricettore.

# 5. IL CASO STUDIO

Il seguente studio tratta le problematiche legate alla propagazione del rumore in ambiente esterno e all'effetto sui ricettori antropici; nello specifico, analizza il fenomeno acustico che incide su precisi ricettori e sull'ambiente circostante, generato dalla presenza di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica,costituito da 2 aerogenerator con potenza nominale pari a 850 kW, previsto nella località località Monte Lingo nel comune di Castelvecchio di Rocca Barbena (SV) in prossimità del confine Nord-Ovest con il comune di Erli; sul sito sono già in esercizio ulteriori 2 aerogeneratori dello stesso tipo ricadenti su comune di Erli a circa 500 m di distanza.

Entrambi i comuni di Erli e Castelvecchio di Roccabarbena sono dotati di piano di zonizzazione acustica di cui si riporta uno stralcio che coinvolge l'area interessata.




**Zonizzazione vigente**: in blu le torri di progetto ne, in verde quelle esistenti ne comune di Erli, in magenta il limite comunale di Castelvecchio di Rocca Barbena

Le torri di progetto ricadono in zona classificata come aree di tipo misto (classe III) del comune di Castelvecchio di Roccabarbena quindi :

**Tabella 8: Limiti acustici di zona**

| | | Emissione | | Immissione | | Qualità | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Classi di destinazione d'uso del territorio | | diurno (06.00-22.00) | notturno (22.00-06.00) | diurno (06.00-22.00) | notturno (22.00-06.00) | diurno (06.00-22.00) | notturno (22.00-06.00) |
| III | aree di tipo misto | 55 | 45 | 60 | 50 | 57 | 47 |

Sono inoltre da verificare i limiti al differenziale.

Secondo il DM 16/03/1998 le misure dei livelli di rumore vanno eseguite in condizioni meteorologiche normali, acquisite in presenza di vento con velocità inferiori a 5 m/s per non

alterarela misura del rumore residuo, crescente con il vento, e non falsare la verifica rispetto alle specifiche sorgenti disturbanti.Tali condizioni sono di fatto difficilmente applicabili agli impianti eolici in quantogli aerogeneratori restano fermi a velocità minori di 5 m/soppure si muovono molto lentamente emettendouna rumorosità minima. Per velocità del vento più alte la superiore emissione acustica delle turbine viene in parte coperta dall'aumento del rumore residuo.Le massime emissioni sonore della turbina si hanno per velocità del vento superiori a 8 m/s. In particolare, il valore di regime di funzionamento della turbina si ha per velocità intorno ai 12 m/s mentre il valore di massima emissione acustica si raggiunge già a 8 m/s. È questo il punto più critico per la verifica al differenziale, infatti il rumore residuo non è ancora elevatissimo mentre la turbina è già al punto di massima emissione.
A valle di tali considerazioni si è sceltodi fare una valutazione tecnica sia nelle normali condizioni, previste dal DM16/03/1998, con ventosità al di sotto di 5 m/s, sia nelle condizioni di massima emissione acustica dellaturbina, e quindi di massimo impatto acustico, che si verificano per velocità del vento ≥8 m/s.

L'obiettivo finale è la verifica del rispetto della normativa vigente con riferimento ai:

- **valori limiteassoluti di immissione:**come limite d'immissione bisogna considerare il valore di 60 dB(A), valido nel periodo diurno, e di 50 dB(A) valido in condizioni notturne; la verifica del rispetto di tali limiti viene effettuata grazie al software previsionale in dotazione che consente di calcolare il contributo sonoro di tutte le turbine in un qualunque punto dell'area modellata e sommarlo a quello residuo. Quindi per valutare il rispetto di tali limiti, è sufficiente misurare o stimare il rumore residuo esistente airicettori prima dell'intervento. La complessità della valutazione rimane legata alla difficoltà delle misure fonometriche che dipendono da innumerevoli fattori quali: la velocità del vento, le condizioni meteorologiche generali, la posizione di misura, il momento della misura, la presenza di attività antropiche ed altro.

- **limiti al differenziale**: in questo caso i limiti imposti sono di 5 dB(A) durante il giorno e di 3 dB(A) nella fascia notturna.Il rispetto di tali limiti è da verificarsi in ambienti interni con prove eseguite a finestre aperte e chiuse secondo quanto prescritto dalla normativa (DPCM 14/11/97-Art.4). La procedura è laboriosa ma relativamente semplice se la sorgente esiste ed è possibile intervenire su di essa spegnendola ed accendendola. Nel caso in cui la sorgente non è ancora presente fisicamente, esiste una difficoltà oggettiva nella simulazione in quanto bisogna portare in conto l'abbattimento dovuto al potere fonoisolante della parete che è anch'esso dipendente dall'intensità e dal contenuto in frequenza del segnale nonché da altre innumerevoli variabili. In tal caso,ai fini di una massima tutela dei ricettorila miglior soluzione può essere quella di fare una previsione

del differenziale immediatamente in prossimità della facciata che si ritiene più sensibile. Anche inquesto caso la verifica così eseguita è sempre vantaggiosa ai fini della tutela "dei ricettori sensibili".

In entrambi i casi si deve comunque misurare o stimare il rumore residuo. La campagna di misura è stata volta a questo scopo, ma è opportuno rimarcare la complessità e l'incertezza legate a questa attività.

## 5.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Si riporta di seguito un inquadramento territoriale di massima della localizzazione delle turbine IGM 1:50000. Si rimanda alle tavole di progetto per maggiori dettagli cartografici.
Nelle condizioni in cui sono state eseguite le misure si è ravvisata una certa uniformità di rumore residuo e di fondo lungo le aree geografiche su cui si estende il cavidotto, ciò dovuto alla omogeneità delle aree a carattere rurale, influenzato in maniera similare per tutta la estensione dalla presenza degli assi stradali e della similare vegetazione. Le due postazioni fonometriche individuate sono quindi state ritenute sufficientemente rappresentative della situazione ante operam, anche in relazione al fatto che non sono individuabili effettivi recettori critici. Per le postazioni fonometriche sono state eseguite misure nel periodo diurno e notturno ed è stata eseguita stima previsionale di impatto sul recettore più prossimo..

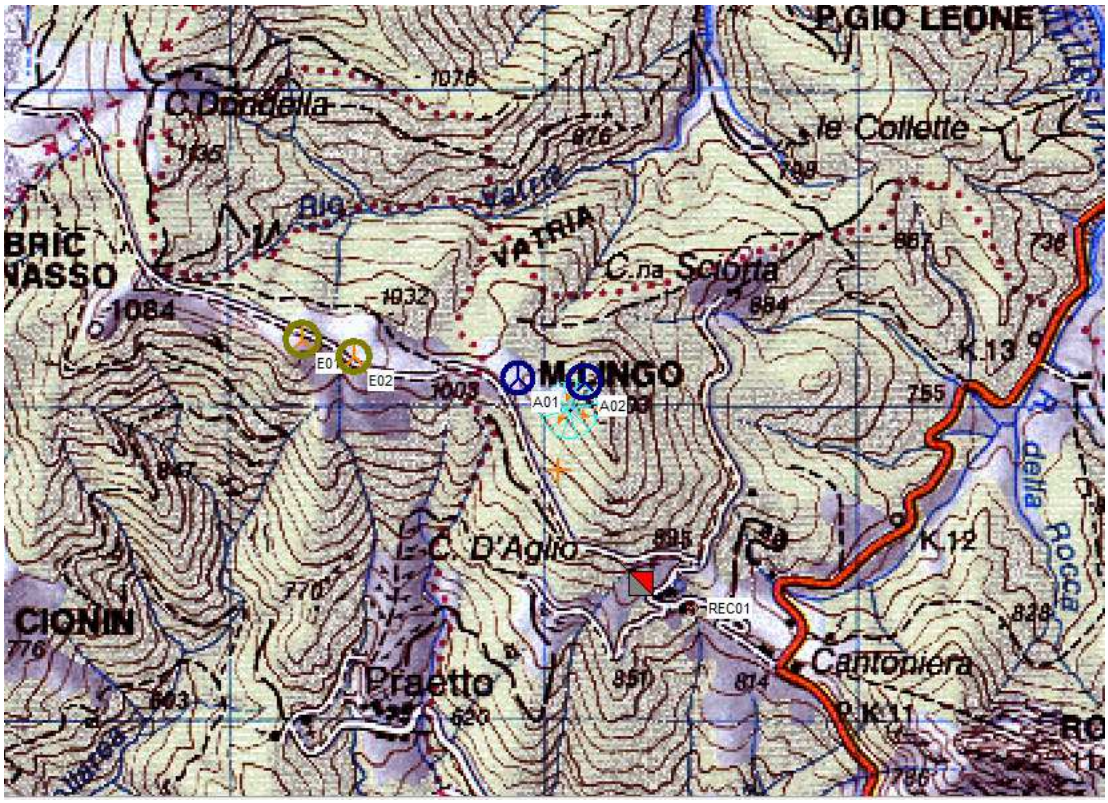



**Figura 6: inquadramento territoriale di progetto su cartografia IGM 1: 50000**

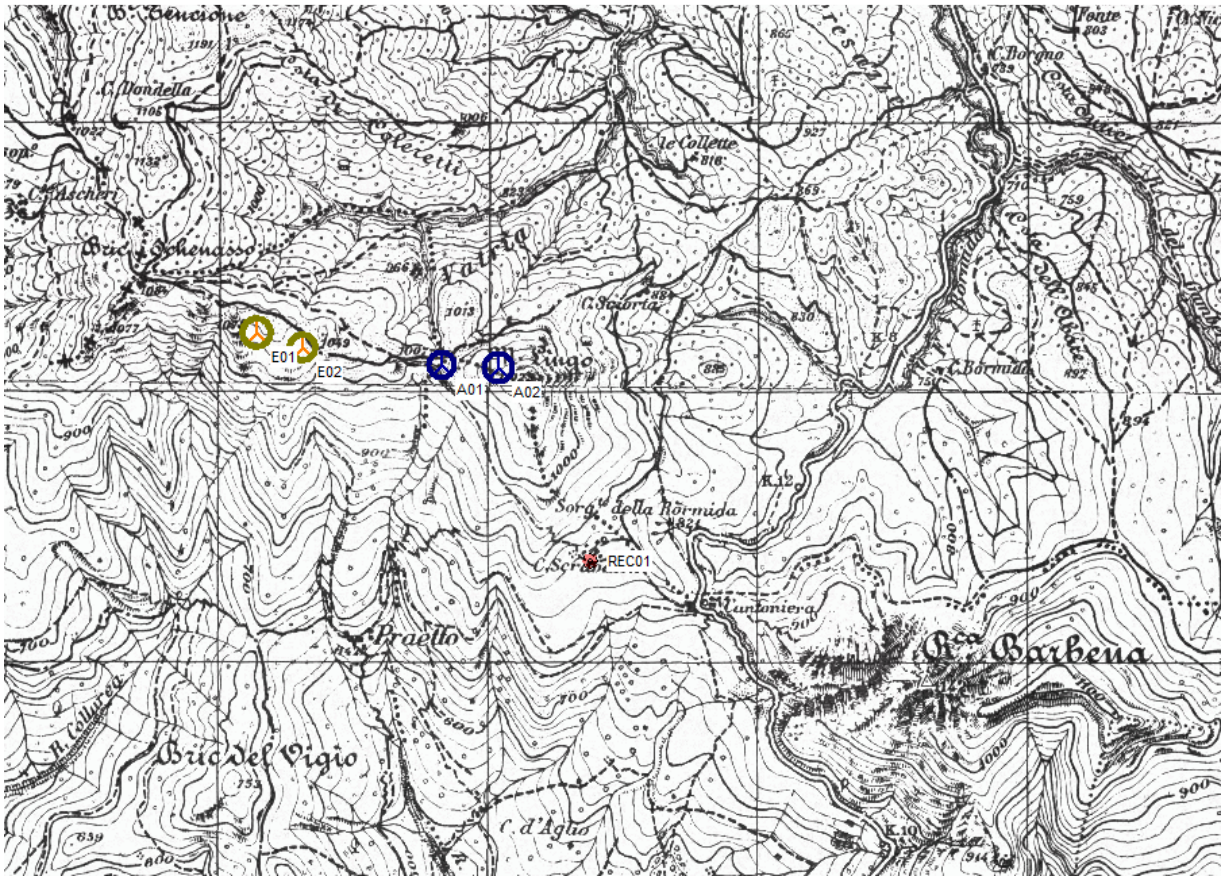



**Figura 7: inquadramento territoriale di progetto su cartografia (IGM 1:25000)**

## 5.2 INDIVIDUAZIONE E SCELTA DEI RICETTORI

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

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

Per tale progetto i possibili recettori corrispondenti alla definizione si trovano ad una distanza superiore a quella che può definirsi l'area di influenza dell'impianto,

In ogni caso, in accordo alla normativa, è stata eseguita una indagine fonometrica nel periodo di riferimento per caratterizzare il clima acustico ante operam ed è stata comunque eseguita una stima previsionale di impatto soffermandosi presso gli unici fabbricati più prossimi alla posizione dell'impianto di progetti (REC-A, REC-B, REC-C).

**Figura 8: Posizione della cabina primaria su immagine ortofotografica**

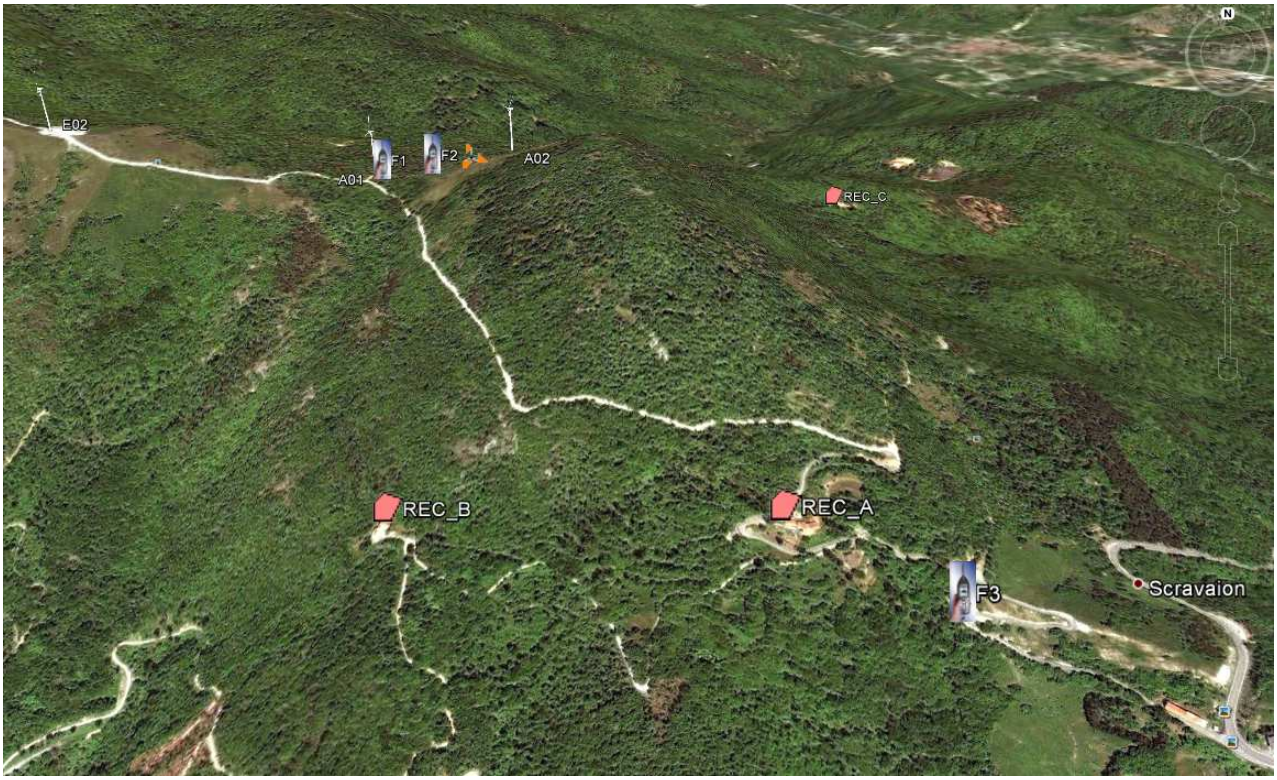



**Figura 9: Inquadramento dei recettori rispetto l'opera da realizzarsi**

**Tabella 3: Coordinate dei ricettori sensibili individuati per il progetto**

| COORDINATE RECETTORI (Gauss Boaga ovest) | | | |
|---|---|---|---|
| **RECETTORE** | **EST** | **NORD** | **Altitudine s.l.m.** |
| **REC-A** | 1429315 | 4890216 | 876,7 |
| **REC-B** | 1428883 | 4890270 | 846,3 |
| **REC-C** | 1429521 | 4891163 | 893,4 |

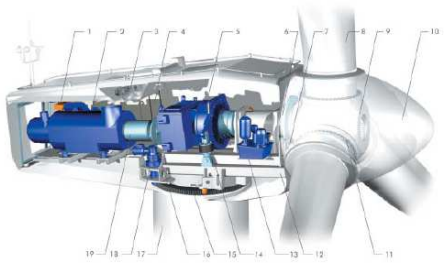
**Figura 10: Posizione della cabina primaria, postazioni fonometriche F1 , F2, Recettore A**

## 5.3 CARATTERISTICHE DELLE SORGENTI IN ESAME

Le sorgenti di rumore relative all'opera in esame sono costituite dia quattro aerogeneratori vestas V52 con torre di 65 m, due già esistenti ed in esercizio. Le caratteristiche generali delle turbine sono di seguito riportate insieme alle specifche emissioni sonore per spettro d'ottava:

**Tabella 9: Caratteristiche tecniche generali dell'areogeneratore V52**





| Rotore | |
|---|---|
| Diametro: | 52 m |
| Area spazzata: | 2,124 m² |
| Velocità di rotazione: | 26 rpm |
| Intervallo operativo: | 14.0-31.4 rpm |
| Numero di pale: | 3 |
| Regolazione di potenza: | Passo/OptiSpeed™ |
| Freno aerodinamico: | Messa in bandiera |

| Torre | |
|---|---|
| Altezza mozzo (appross.): | 40 - 44 - 49 - 55 - 60 - 65 - 74 m |

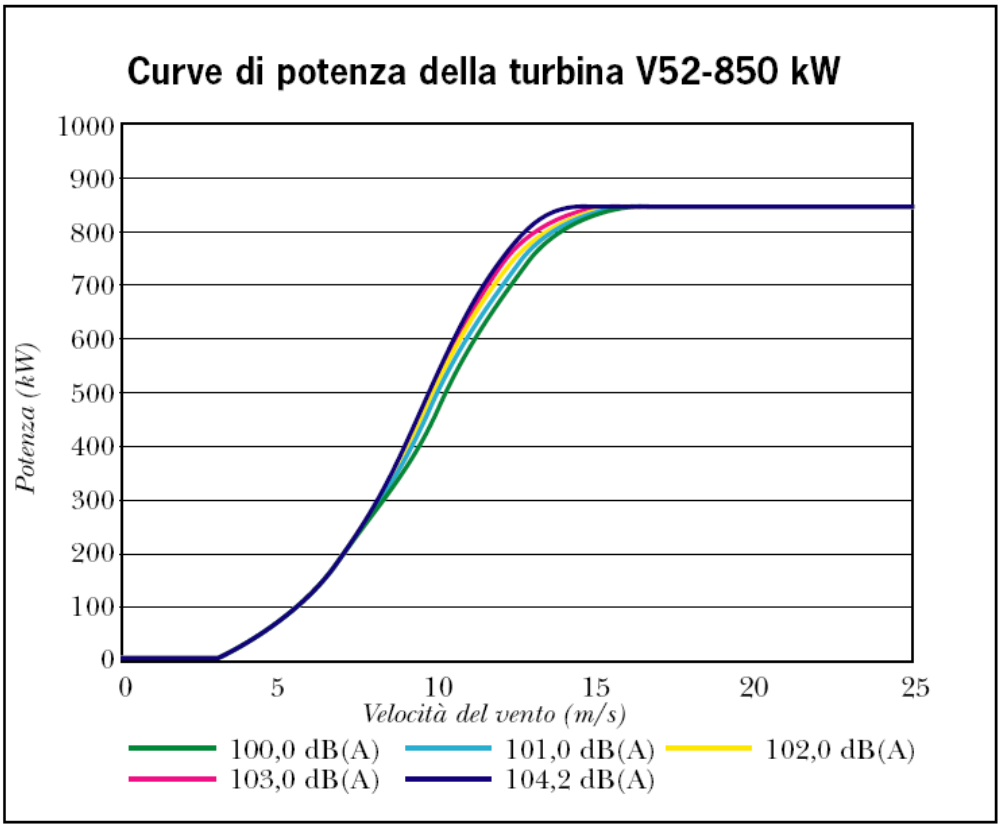
| Dati operativi | |
|---|---|
| Velocità vento di avvio : | 4 m/s |
| Velocità vento nominale: | 16 m/s |
| Velocità vento di arresto: | 25 |

| Generatore | |
|---|---|
| Tipo: | Asincrono con OptiSpeed™ |
| Potenza nominale: | 850 kW |
| Dati operativi: | 50 Hz<br>690 V |

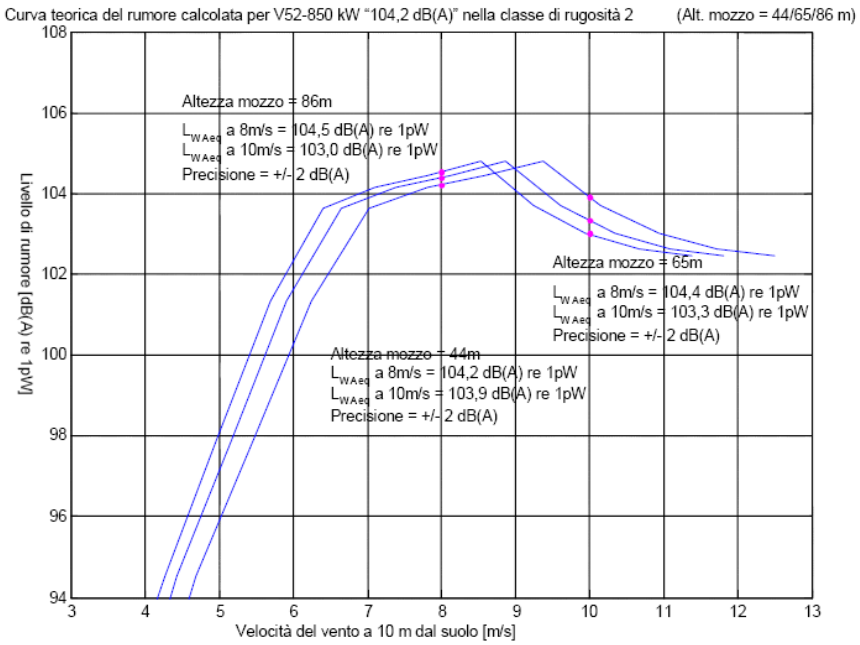
| Moltiplicatore di giri | |
|---|---|
| Tipo: | 1 stadio epicicloidale/ 2-stadi ad assi paralleli |

| Controllo | |
|---|---|
| Tipo: | Regolazione ed ottimizzazione della potenza in rete mediante il sistema OptiSpeed™, regolazione del passo delle pale con sistema OptiTip® |

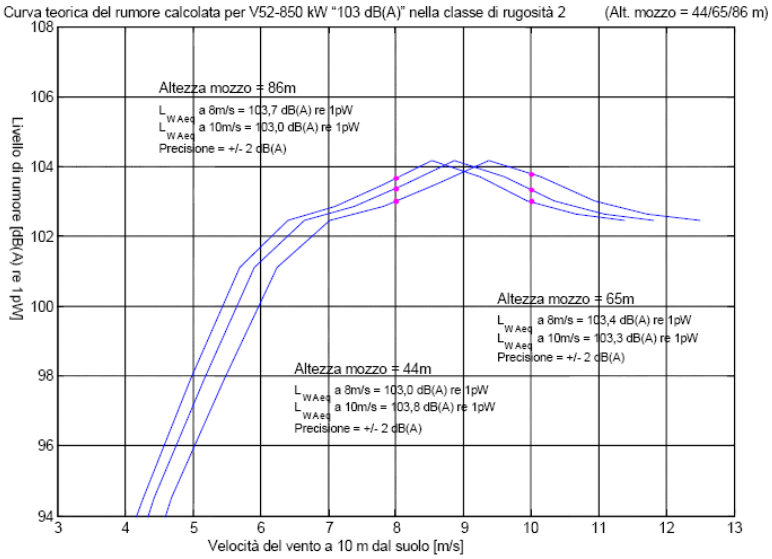
| Peso (IEC IA/IEC IIA) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 40 m | 44 m | 49 m | 55 m | 60 m | 65 m | 74 m |
| Torre: | 39 t/- | 43 t/- | 51 t/- | 58 t/- | 70 t/- | 77 t/- | -/95 t |
| Navicella: | 22 t | 22 t | 22 t | 22 t | 22 t | 22 t | 22 t |
| Rotore: | 10 t | 10 t | 10 t | 10 t | 10 t | 10 t | 10 t |
| Totale: | 71 t/- | 75 t/- | 83 t/- | 90 t/- | 102 t/- | 109 t/- | -/127 t |


Curve di potenza della turbina V52-850 kW
Potenza (kW)
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
5
10
15
20
25
Velocità del vento (m/s)
100,0 dB(A)
101,0 dB(A)
102,0 dB(A)
103,0 dB(A)
104,2 dB(A)

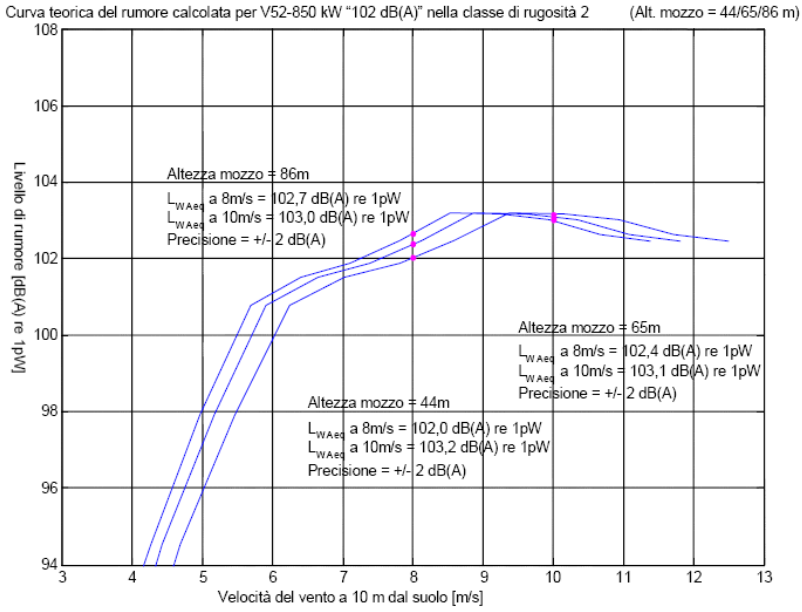
## 104,2 dB(A)


Curva teorica del rumore calcolata per V52-850 kW "104,2 dB(A)" nella classe di rugosità 2
(Alt. mozzo = 44/65/86 m)
Livello di rumore [dB(A) re 1pW]
108
106
104
102
100
98
96
94
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
Velocità del vento a 10 m dal suolo [m/s]
Altezza mozzo = 86m
$L_{WAeq}$ a 8m/s = 104,5 dB(A) re 1pW
$L_{WAeq}$ a 10m/s = 103,0 dB(A) re 1pW
Precisione = +/- 2 dB(A)
Altezza mozzo = 65m
$L_{WAeq}$ a 8m/s = 104,4 dB(A) re 1pW
$L_{WAeq}$ a 10m/s = 103,3 dB(A) re 1pW
Precisione = +/- 2 dB(A)
Altezza mozzo = 44m
$L_{WAeq}$ a 8m/s = 104,2 dB(A) re 1pW
$L_{WAeq}$ a 10m/s = 103,9 dB(A) re 1pW
Precisione = +/- 2 dB(A)

## 103,0 dB(A)




## 102.0 dB(A)



# 6. INDAGINE FONOMETRICA - CAMPAGNA DI MISURA

L'indagine fonometrica è stata opportunamente programmata per la misura del rumore residuo al fine di caratterizzare il clima acustico ante-operam dell'area di interesse.
La relazione di indagine fonometrica con descrizione della strumentazione, dei tempi, delle modalità di misura ed i risultati sono riportati di seguito, i reports di misura delle singole fonometrie conformi alla normativa tecnica di settore sono riportate **nell'allegato 3.**

## 6.1 METODOLOGIA

Dopo un'analisi conoscitiva del sito vengono individuati tutti i ricettori sensibili, caratterizzandoli in base alla destinazione e allo stato d'uso, all'esposizione alle direzioni dominanti del vento, alla presenza di animali che possono influenzare la misura e alla distanza dalle strade pubbliche.
Di norma, in presenza di più ricettori, non potendo eseguire un'indagine fonometrica accurata di ogni singolo ricettore per le diverse stanze delle abitazioni e per le differenti condizioni di utilizzo dei vani, i punti di indagine vengono scelti all'esterno degli edifici, in prossimità della facciata più esposta al disturbo della sorgente. In questo modo la misura risulta essere particolarmente rappresentativa della rumorosità delle zone indagate e consente una maggior tutela dei ricettori nella verifica del rispetto dei limiti di legge.
Per l'individuazione delle postazioni fonometriche e quindi dei ricettori presso cui eseguire le misure si tiene conto di:

1. Posizione delle sorgenti
2. Distanza dei ricettori rispetto all'opera;
3. Presenza o meno di alberi di medio ed alto fusto lungo il perimetro dei ricettori;
4. Distanza ricettori rispetto alle strade pubbliche;
5. Esposizione dei ricettori rispetto alle direzioni predominanti del vento;
6. Autorizzazione ad accedere ai ricettori;
7. Stato d'uso dei ricettori.

A tutti i ricettori sensibili per cui non è possibile eseguire una misura diretta e mirata vengono associate le misure fonometriche dei punti d'indagine, in genere più vicini e più simili per orografia ed esposizione sonora.
In questo caso sono stati individuati tre recettori su sui eseguire la previsione di impatto acustico e l'indagine fonometrica è stata eseguita soprattutto nell'area di impianto caratterizzata da minore presenza di alberi ad alto fusto. Una terza misura è stata effettuata in prossimità di uno dei recettori (REC-C) , in zona riparata e lontana da sorgenti legate alle presenze di uccelli ed altri animali che influiscono sul residuo. Grazie ad un opportuno tempo

di osservazione è stato scelto un tempo di misura idoneo e particolarmente sgombro da sorgenti anomale in maniera da oittenere un residuo rappresentativo delle facciate degli edifici presenti in mezzo al bosco nelle condizioni più tutelanti possibili.
Per il sito in esame sono stati eseguiti diversi sopralluoghi nei mesi di Agosto 2011, quindi in Settembre 2011 per le misure effettive. I sopralluoghi sono stati effettuati in diverse fasce orarie e finalizzati al raggiungimento di una buona comprensione del fenomeno acustico presente nell'area di influenza (tempo di osservazione ). Tale attività è stata necessaria per eseguire una valida caratterizzazione del periodo di riferimento diurno e notturno mediante i periodi e le postazioni di misura scelte. Successivamente si sono valutati tutti i recettori presenti nell'area di interesse che presentassero le caratteristiche strutturali e di destinazione d'uso tali da classificarli come recettori sensibili.

Per le misure previste dall'indagine fonometrica si è rispettato quanto prescritto dal DM 16 marzo 1998:

- dotando il fonometro di opportuno schermo antivento;
- posizionando il fonometro perpendicolarmente alla facciata del ricettore meglio protetta rispetto alla direzione del vento;
- eseguendo misure in condizioni di vento inferiore ai 5 m/s ed in assenza di pioggia

si è provveduto, inoltre, ad allontanarsi dalle siepi, dagli alberi con presenze di uccelli, ad evitare che cani domestici potessero abbaiare durante la misura, schermando il fonometro rispetto alla strada . La durata delle misure è compresa tra i 5 e 15 min. Ogni misura è stata costantemente presenziata dal **Tecnico Competente in Acustica ing. Massimo Lepore**
Inoltre, per evitare ogni elemento di disturbo degli operatori si è provveduto a spegnere i cellulari e a collegare il fonometro con un portatile ASUS modello eee pc 901 al fine di realizzare una postazione remota di controllo e di visualizzazione distante oltre i 5 metri dalla postazione del fonometro. Ciò ha consentito di analizzare e annotare ogni evento e informazione verificatasi durante l'esecuzione della misura. Questa fase della misurazione *"real time analisys"* è utile per confermare o meno la bontà della misura e per avere più dettagli durante la post elaborazione dei dati.

L'indagine fonometrica si è svolta nella giornata del **06 Settembre 2011 effettuando misure nella fascia diurna.**
Il periodo di riferimento notturno nello specifco caso è del tutto assimilabile a quello diurno per le modalità di esecuzione della misura e per la scarsa antropizzazione dell'area sia in termini di insediamenti abitativi che di transito veicolare.

## 6.2 INDIVIDUAZIONE DELLE POSTAZIONI FONOMETRICHE

Sono state individuate 2 postazioni fonometriche rappresentative dell'area di intervento

1. Postazione di misura F1: misure eseguite in località Monte Lingo del comune di Castelvecchio di Roccabarbena esattamente nell'area di impianto al fine di dare una opportuna caratterizzazione del clima acustico ante-operam
2. Postazione di misura F2 : eseguite in località Monte Lingo del comune di Castelvecchio di Roccabarbena esattamente nell'area di impianto al fine di dare una opportuna caratterizzazione del clima acustico ante-operam
3. Postazione di misura F3 : misure eseguite in località Scavaion del comune di Castelvecchio di Roccabarbena in prossimità del recettore A, a circa 1500 m dall'area di impianto al fine di dare una opportuna caratterizzazione del residuo attribuibile ai recettori.

Le immagini seguenti, riportano la dislocazione dei punti di misura su ortofoto.




**Figura 11: Postazione fonometrica F3 su immagine ortofotografica**




**Figura 12: Postazioni fonometriche F1 ed F2 su immagine ortofotografica**

Il Tecnico Competente in acustica, incaricato dell'indagine fonometrica, si è assicurato che le misure fossero effettuate a norma di legge in maniera tale che sul microfono non incidesse direttamente il vento, come si può evincere dal dettaglio grafico delle misure. La descrizione della strumentazione, dei tempi, delle modalità di misura ed i risultati sono contenuti nell'allegato 3, redatto dallo stesso Tecnico Competente incaricato.

A valle di questa indagine fonometrica si sono prese in considerazione le misure più rappresentative dell'area, capaci di caratterizzare in maniera attendibile il rumore residuo esistente, anche in funzione delle attività in corso durante le misure.

## 6.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA:

Fonometro Integratore / Analizzatore Real Time Larson Davis modello LD 831, n° di serie 2183 conforme alla classe 1 di precisione, rispondente alle specifiche IEC 651-1979 tipo 1, IEC 804-1985 tipo 1, IEC 1260-1995 classe 1, ANSI S1.4-1983 ed ANSI S1.11-1986 tipo 0C.
Capsula Microfonica a condensatore da ½" a campo libero tipo PCB modello 377B02 n° di serie 115718 adatta al rilevamento dei livelli di pressione sonora in campo libero e conforme alle norme EN 61094-1/1994, EN 61094-2/1993, EN 61094-3/1995, EN 61094-4/1995. Così come prescritto dalla norme tecniche vigenti in materia di misure di acustica ambientale, il microfono è stato montato su un apposito sostegno e mantenuto ad una distanza di almeno 3.0 metri dall'operatore ed almeno 1.0 metro da qualsiasi superficie riflettente.
Prima e dopo ciascun ciclo di misura, l'intera catena fonometrica è stata sottoposta a procedura di calibrazione, secondo la norma IEC 60942 del 1997, con calibratore di classe 1 LARSON&DAVIS modello CAL 200 n° di serie 7629. I risultati delle calibrazioni, effettuate a 114.0 dB ed alla frequenza di 1000 Hz, hanno confermato la validità delle operazioni di misura essendo risultati scarti sempre inferiori ai 0.04 dB. Nell'Allegato 1a si riportano copia dei certificati di conformità e taratura sia del fonometro analizzatore sia del calibratore di livello sonoro.

## 6.4 SETUP FONOMETRO:

Di seguito sono elencati i parametri impostati sul fonometro per l'aquisizione delle grandezze fisiche caratteristiche per la misura del rumore di fondo in campo libero:

- Costante temporale di acquisizione grandezze fisiche impostata a 100ms;
- **Leq** con costante Fast e ponderazione lineare;
- **Leq** con costante Fast, Slow ed Impulse secondo la curva di ponderazione pesata in frequenza A;
- Spettro lineare in frequenza per bande di terze di ottave da 8Hz a 20kHz;
- Livelli statistici percentili dei livelli di pressione sonora **L01**; **L05; L10; L50; L90; L95.**

Altre grandezze acquisite e necessarie per la successiva fase di post elaborazione:

- Spettro lineare in bande di ottave con valore minimo e massimo;
- Spettro lineare in bande di ottave con valore minimo e massimo;
- Valori massimi e minimi del **Leq** con costante Fast, Slow ed Impulse secondo la curva di ponderazione pesata in frequenza A;

al termine di ogni misura si è provveduto a battere la posizione geografica della postazione fonometrica mediante un rilevatore GPS oltre ad eseguire le foto della postazione e dell'ambiente circostante.

## 6.5 INCERTEZZA DELLA MISURA

La catena fonometrica utilizzata risulta certificata come strumentazione di classe 1 pertanto, viene garantita una incertezza strumentale quantificabile in ± 0,5 dB.

È opportuno evidenziare che il fonometro in dotazione è un modello di ultima generazione che presenta errori di precisione alquanto contenuti, addirittura inferiori agli 0,1 dB, come riportato nel recente certificato di calibrazione allegato al nuovo strumento. A conferma di quanto esposto, consultando un qualunque testo completo dei risultati delle prove di laboratorio di un moderno fonometro, eseguite in sede di taratura presso un centro SIT, si riscontrerà una deviazione di misura sempre inferiore a 0,2 dB.

## 6.6 METODOLOGIA DI POST ELABORAZIONE DELLE MISURE

Le misure eseguite e validate durante il sopralluogo sono state successivamente post elaborate attraverso l'ausilio del software NWWin2.

In questa fase si è provveduto a:

- mascherare opportunamente gli eventi atipici;
- ricerca delle componenti impulsive nella Time History provvedendo a selezionarli, analizzarli e mascherarli. A tutela dei recettori, si è provveduto a mascherare tutte le componenti impulsive, anche quelle del tipo singolo evento non ripetibile in successione durante la misura. Infatti, il mascheramento di tali componenti evitano di alterare il reale livello sonoro equivalente pesato (A);
- ricerca delle componenti tonali nell'analisi dello spettrogramma: in tutte le misure eseguite non sono state riscontrate componenti tonali.

Nelle pagine seguenti sono riportate delle schede grafiche riassuntive per ogni postazione fonometriche. Per ogni singola scheda sono riportate le seguenti informazioni:

- **Informazioni generali:** posizione della postazione fonometrica, orario e data, temperatura, condizioni meteo, orario inizio misura, orario fine misura, operatori della misura, Nserial strumentazione adoperata;
- **Time History** con i mascheramenti evidenziati;
- **Sonogramma;**
- **Spettro lineare dei livelli minimi** per le componenti tonali e relativa tabelle per i valori in dB(A) delle terze d'ottave;
- **Curve statistiche cumulative e distributive** con risoluzione al singolo percentile e intervallo da L01 a L95;
- **Posizione su ortofoto** della postazione fonometrica;
- **Fotografie** in dettaglio della postazione fonometrica;

## 6.7 RISULTATI DELLE MISURE

Nella tabella che segue si riportano i risultati delle misure fonometriche eseguite durante l'indagine fonometrica ed i ricettori associati alla misura.

**Tabella 10: - Tabella riepilogativa dei risultati delle misure fonometriche**

| ID Misura | COORDINATE GAUSS BOAGA Ovest | | | Rec.i associati | Tempo di riferimento -Tr | Tempo misura Tm Data-Ora | Laeq [dB(A)] | L95[dB(A)] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EST [m] | NORD [m] | Quota [m] | | | | | |
| GE.CRB01.F1 | 1428774 | 4890933 | 998 | - | Periodo diurno 06:00 - 22:01 | 06/09/2011 13.:37 | **37,6** | **28,5** |
| GE.CRB01.F2 | 1429486 | 4890121 | 829,4 | - | Periodo diurno 06:00 - 22:01 | 06/09/2011 14.:07 | **37,1** | **28,5** |
| GE.CRB01.F3 | 1428857 | 4890905 | 1010,9 | **A,B,C** | Periodo diurno 06:00 - 22:01 | 06/09/2011 14.:49 | **36,4** | **30,1** |

E' da notare una certa uniformità dei risultati ottenuti nelle medesime condizioni ambientali, che conferma la buona scelta dei tempi di misura e la rappresentatività della misura scelta per caratterizzare il rumore residuo presso i recettori.

## 6.8 ASSOCIAZIONE POSTAZIONI FONOMETRICHE – RICETTORI

In generale, in presenza di più ricettori sensibili a ciascuno di essi vengono associate le misure fonometriche delle postazioni di misura più rappresentative, in genere le più vicine e le più simili per orografia ed esposizione sonora. In questo caso sono tre i recettori considerati e una la postazione fonometrica (presso il recettore C) a cui sono associate le misure fatte.

**Tabella 11: - Associazione ricettori-misure fonometriche**

| RECETTORE | Tempo di riferimento | Fonometria associata | Leq [dB(A)] |
|---|---|---|---|
| **REC-A** | Diurno | F3 | **36,4** |
| **REC-B** | Diurno | F3 | **36,4** |
| **REC-C** | Diurno | F3 | **36,4** |

Tale misura è ben rappresentativa del residuo in quanto:

1) gli specifici recettori sono tutti circondati di fitta vegetazione che funge da barriera ed allo stesso tempo rende complessa l'estarpolazione di un vero residuo valido in tutte le condizioni stagionali
2) l'indagine fonometrica concentrata in una giornata serena in momenti scelti dal tecnico mostra una forte coerenza di valori del residuo di zona.
3) La misura è quella maggiormente tutelante tra le tre in termini di rispetto dei limiti al differenziale. (vera criticità delle sorgenti eoliche)

Per questo studio, è stata estrapolata la variazione del rumore residuo in funzione della velocità del vento in base alla seguente legge logaritmica, nota in letteratura tecnica:

$$L_{Aeq} = C_1 + C_2 Log(U)$$

dove:
**$C_1$**: Costante il cui valore è dipendente dalla posizione della postazione fonometrica;
**$C_2$**: Costante il cui valore è dipendente dalla posizione della postazione fonometrica;
**U**: Velocità del vento.

Le costanti $C_1$ e $C_2$ vengono fuori da una media statistica di costanti calcolate in situazioni orografiche e vegetazionali similari. Esse vengono calcolate dalla soluzione di un sistema a due equazioni e due incognite, utilizzando due misure del livello equivalente di pressione sonora pesato A, $L_{Aeq}$,corrispondenti a due diverse velocità del vento U, per diversi momenti della giornata e delle stagioni.
Nella tabella seguente sono elencati i valori di pressione sonora in funzione della velocità del vento e i valori delle costanti **$C_1$** e **$C_2$**. Le celle evidenziate in verde rappresentano i valori di pressione sonora misurati dal Tecnico Competente.
Nella successiva tabella si riportano i risultati in livello sonoro equivalente pesato A, delle misure fonometriche eseguite durante l'indagine fonometrica:
Segue il dettaglio dei certificati della strumentazione e dei rilievi fonometrici relativi alla postazioni fonometriche.

**Tabella 12: Variazione del rumore residuo con il vento**

| **Valori di Pressione Sonora<br>Postazioni Fonometriche dB[A]** | |
|---|---|
| **Valori Costanti** | |
| **C1** | 31,6 |
| **C2** | 15,9 |
| **Velocità del vento [m/s]** | **Residuo [dB(A)]** |
| **V [m/s]** | **dB(A)** |
| 2 | 36,4 |
| 3 | 39,2 |
| 4 | 41,2 |
| 5 | 42,7 |
| 6 | 44,0 |
| 7 | 45,1 |
| 8 | 46,0 |
| 9 | 46,8 |
| 10 | 47,5 |

# 7. CARATTERIZZAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO POST OPERAM

Utilizzando i valori del rumore residuo risultante dall'elaborazione delle misure in sito ante operam e conoscendo i valori di emissione della sorgente si è proceduto ad una stima del clima acustico post operam al fine di valutare, in via previsionale, il rispetto dei limiti di legge. Il calcolo del rumore immesso dalla sorgente il modulo DECIBEL, della software house EMD, specifico per la valutazione dell'impatto acustico secondo quanto prescritto dalla norma ISO 9613-parte2 ed implementa anche una serie di algoritmi di calcolo derivanti dai codici svedesi, tedeschi, francesi e danesi.

I dati di input sono:

- modello DTM del terreno;
- modello delle turbine e loro caratteristiche di emissione (unico valore, bande di ottava, bande 1/3 ottava);
- definizione di aree sensibili o ricettori (NSA); per tutti i ricettori, per le simulazioni di previsione, è stato inserito il rumore residuo esistente scelto tra i valore misurati
- definizione di alcuni coefficienti tipici della propagazione del rumore in ambiente aperto;

Ai fini della simulazione, si è tenuto conto dell'orografia rappresentata dalle curve di livello e dalla porosità del terreno.

Nella tabella che segue sono sinteticamente riportati i risultati della simulazione, per la stima del clima acustico post operam presso tutti i ricettori. Per ciascun ricettore è indicata la localizzazione geografica del punto più prossimo all'impianto in coordinate WGS 84 UTM ETRS89 fuso 33, l'altitudine s.l.m. e la distanza dalla sorgente più vicina

## 7.1 IMPOSTAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO PREVISIONALE

Come anticipato è stato utilizzato il modello previsionale di la propagazione del rumore in ambiente esterno per attività produttive imposto dalla norma ISO 9613-2 e nel dettaglio

- Le sorgenti costituite dagli aerogeneratori Vestas V52 sono stati schematizzati come sorgenti puntiformi con modelli di propagazione del suono emisferica.
- L'assorbimento del terreno in via cautelativa è stato impostato su un valore pari a 0,5
- Per i recettori su cui è stata eseguita la simulazione è stato impostato il Leq di rumore residuo misurato nel corso della indagine fonometrica
- Data la caratteristica peculiare della sorgente è stato impostato un modello in dipendenza della ventosità al fine di caratterizzare possibili sformanti dei limiti al differenziale

## 7.2 RISULTATI

**Tabella 13: Risultati della stima previsionale secondo ISO 9613-2**

| Recettore | Est | Nord | Z | Minima Distanza dalla Turbina di Progetto | Fonometria associata | Velocità del vento | Rumore residuo | Rumore immesso dalla turbina | Rumore Ambientale Totale = Sorgente+Residuo | DIFFERENZIALE = Ambientale - Residuo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [m] | [m] | [m] | | | [m/s] | [dB(A)] | [dB(A)] | [dB(A)] | [dB(A)] |
| A | 1429315 | 4890216 | 876,7 | 795 | F3 | 2 | 36,4 | 14,4 | 36,4 | 0,0 |
| | | | | | | 3 | 39,2 | 18,9 | 39,2 | 0,0 |
| | | | | | | 4 | 41,2 | 23,4 | 41,3 | 0,1 |
| | | | | | | 5 | 42,7 | 27,9 | 42,8 | 0,1 |
| | | | | | | 6 | 44,0 | 32,4 | 44,3 | 0,3 |
| | | | | | | 7 | 45,1 | 34,7 | 45,5 | 0,4 |
| | | | | | | 8 | 46,0 | 35,3 | 46,4 | 0,4 |
| | | | | | | 9 | 46,8 | 35,4 | 47,1 | 0,3 |
| | | | | | | 10 | 47,5 | 34,1 | 47,7 | 0,2 |
| B | 1428883 | 4890270 | 846,3 | 672 | F3 | 2 | 36,4 | 17,2 | 36,5 | 0,1 |
| | | | | | | 3 | 39,2 | 21,7 | 39,3 | 0,1 |
| | | | | | | 4 | 41,2 | 26,2 | 41,3 | 0,1 |
| | | | | | | 5 | 42,7 | 30,7 | 43,0 | 0,3 |
| | | | | | | 6 | 44,0 | 35,2 | 44,5 | 0,5 |
| | | | | | | 7 | 45,1 | 37,5 | 45,8 | 0,7 |
| | | | | | | 8 | 46,0 | 38,1 | 46,6 | 0,6 |
| | | | | | | 9 | 46,8 | 38,2 | 47,4 | 0,6 |
| | | | | | | 10 | 47,5 | 36,9 | 47,9 | 0,4 |
| C | 1429521 | 4891163 | 893,4 | 590 | F4 | 2 | 36,4 | 17,1 | 36,5 | 0,1 |
| | | | | | | 3 | 39,2 | 21,6 | 39,3 | 0,1 |
| | | | | | | 4 | 41,2 | 26,1 | 41,3 | 0,1 |
| | | | | | | 5 | 42,7 | 30,6 | 43,0 | 0,3 |
| | | | | | | 6 | 44,0 | 35,1 | 44,5 | 0,5 |
| | | | | | | 7 | 45,1 | 37,4 | 45,8 | 0,7 |
| | | | | | | 8 | 46,0 | 38,0 | 46,6 | 0,6 |
| | | | | | | 9 | 46,8 | 38,1 | 47,3 | 0,5 |
| | | | | | | 10 | 47,5 | 36,8 | 47,9 | 0,4 |

## 7.3 VERIFICA DEI LIMITI ASSOLUTI DI IMMISSIONE

In accordo al DPCM 14/11/97, avendo riscontrato come livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, i valori sinteticamente riportati in tabella , risultano verificati i limiti di immissione assoluta. La verifica è effettuata sul valore misurato e simulato più cautelativo che rientra nelle condizioni di misura del DPCM corrispondente ad una velocità del

vento pari a 5 m/s, tuttavia dai risultati ottenuti , anche in condizioni di vento forte non risultano superati i ilimiti (Cfr tabella n°13)

**Tabella 14verifica dei limiti di immissione**

| Periodo di riferimento | Valori di Leq previsti al recettore maggiormente esposto | Limiti di legge | Rispetto dei limiti di legge |
|---|---|---|---|
| Diurno | 43,0 dB(A) | 60 dB(A) | SI |
| Notturno | 43,0 dB(A) | 50 dB(A) | SI |

## 7.4 VERIFICA DEI LIMITI AL DIFFERENZIALE

Ponendosi nelle condizioni più penalizzanti e utilizzando i limiti imposti per il periodo diurno e notturno i risultati delle simulazioni mostrano che sul recettore maggiormente esposto individuato **risultano verificati i limiti di legge**

Il differenziale massimo notturno atteso infatti è pari a 0,7 **dB(A)**

**Tabella 15: verifica dei limiti al differenziale**

| Periodo di riferimento | Valori di differenziale | Limiti di legge | Rispetto dei limiti di legge |
|---|---|---|---|
| Diurno | 0,7 dB(A) | 5 dB(A) | SI |
| Notturno | 0,7 dB(A) | 3 dB(A) | SI |

# 8. RUMORE IN FASE DI CANTIERIZZAZIONE

Per una completa analisi dell'impatto acustico e per adempiere appieno alla legge quadro sull'inquinamento acustico 447/95, è necessario valutare la rumorosità prodotta in fase di cantiere e valutare anche in tale circostanza il rispetto dei valori limite.

Dal punto di vista normativo l'attività di cantiere per la realizzazione delle opere oggetto di questo studio può essere inquadrata ed assimilata come attività rumorosa temporanea. La Legge Regionale n. 3/2002 stabilisce, al comma 3 dell'art. 17, che le emissioni sonore, in termini di livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato (A) [$L_{Aeq}$] **misurato in facciata dell'edificio più esposto, non possono superare i 70 dB(A).**

L'art. 6, comma 1, lettera h) della Legge 26 ottobre 1995, n. 447, così come la Legge Regionale n. 3 del 12 febbraio 2002 individuano quale competenza dei comuni l'autorizzazione, anche in deroga ai valori limite d'immissione, per lo svolgimento di attività temporanee, nel rispetto delle prescrizioni indicate dal comune stesso.

Nella presente analisi del rumore in fase di cantiere, che risulta attivo solamente durante le normali ore lavorative diurne, 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.

I livelli di emissione sonora prodotti da ogni singolo macchinario presente in cantiere durante le diverse fasi lavorative, nell'ambito delle simulazioni prodotte, sono stati derivati dalla letteratura di settore e sono esposti nella seguente tabella:

| Attrezzatura | Livello di pressione in dB(A)<br>[distanza di riferimento] |
|---|---|
| Pala cingolata (con benna) | 85 [5m] |
| Autocarro | 80 [3m] |
| Betoniera | 78 [3m] |
| Asfaltatrice | 85 [5m] |
| Sega circolare | 85 [5m] |
| Rullo compressore | 82 [3m] |
| Flessibile | 85 [5m] |
| Saldatrice | 80 [3m] |
| Martellatura manuale | 80 [3m] |
| Coefficiente di contemporaneità | Mezzi di movimentazione e sollevamento = 60 %<br>Attrezzature manuali = 70 % |

**Tabella 16: - Livelli di emissione sonora di alcuni macchinari di cantiere.**

L'impatto acustico del cantiere sull'ambiente circostante è stato valutato ipotizzando una distribuzione spaziale ed uniforme all'interno e considerando la rumorosità emessa da tutte le macchine presenti. Nello specifico, per i mezzi di movimentazione e sollevamento in cantiere si è adottato un coefficiente di contemporaneità pari al 60% mentre per le attrezzature manuali utilizzate in cantiere il coefficiente di contemporaneità assunto è pari al 70%. Con tali valori di sorgente, a titolo esemplificativo, sono stati calcolati i livelli sonori a distanze predefinite di **50**, **100, 200 e 300** metri dalle sorgenti ipotetiche costituite dal solo cantiere, nelle due fasi di realizzazione di opere civili e di assemblaggio e di sistemazione delle nuove installazioni, con l'esclusione quindi di tutte le altre sorgenti di rumore.

Durante il periodo più critico dal punto di vista acustico è stato simulato, come detto, il funzionamento di tutte le macchine che operano contemporaneamente al 60% e al 70%.

L'analisi dell'impatto acustico del cantiere è stata eseguita distribuendo omogeneamente le sorgenti sonore (che sono per la maggior parte mobili) nelle aree in cui si troveranno ad operare per la maggior parte del tempo di funzionamento.

I risultati ottenuti dimostrano come la rumorosità prodotta dal cantiere, data la discreta distanza che intercorre tra il cantiere e la maggior parte degli edifici presenti attualmente o previsti nell'area, non provoca superamenti dei valori limite (di immissione assoluta presso i ricettori abitativi e di emissione). I risultati delle simulazioni effettuate alle distanze di 100, 200 e 300 metri con la configurazione proposta per le sole sorgenti sonore del cantiere, sono presentati nella successiva tabella:

| | **Livelli di Pressione Sonora in dB(A)** | | |
|---|---|---|---|
| **Distanza: 50 m dal centro del cantiere** | **Distanza: 100 m dal centro del cantiere** | **Distanza: 200 m dal centro del cantiere** | **Distanza: 300 m dal centro del cantiere** |
| 68,4 | 59,9 | 52,6 | 47,6 |

**Tabella 17: - Risultati delle simulazioni – Opere civili**

Ciò chiaramente, se da una parte non esclude che in alcuni periodi della giornata possano comunque essere effettuate lavorazioni ed operazioni che possono comportare momentanei superamenti dei valori limite di zona, dall'altra garantisce che non si dovrebbero comunque evidenziare superamenti dei valori limite relativi all'intero periodo di riferimento diurno (dalle ore 6.00 alle ore 22.00), se non per le aree poste nelle immediate vicinanze del cantiere stesso. Sono fatti salvi in ogni caso gli orari di lavoro giornaliero consentiti dalla Legge Regionale n. 3 del 12/02/2002 che per le emissioni sonore provenienti da cantieri edili sono fissati dalle 7.00 alle 12.00 e dalle 15.00 alle 19.00, fermo restando la conformità alla normativa della Unione Europea dei macchinari utilizzati e il ricorso a tutte le misure necessarie a ridurre il disturbo, salvo deroghe autorizzate dal Comune.

Il Comune interessato infatti, sentita la ASL competente, può concedere deroghe su richiesta scritta e motivata, prescrivendo comunque che siano adottate tutte le misure necessarie a ridurre il rumore emesso.

Durante la campagna di misura per la caratterizzazione del rumore residuo ante-operam, sebbene si sia ravvisata una certa uniformità si è preferito scegliere le postazioni fonometriche presso i recettori che potrebbero essere maggiormente esposti in fase di cantiere.

# 9. PROPOSTA DI VARIANTE AL PIANO DI ZONIZZAZIONE ACUSTICO

In base alle analisi effettuate l'impianto non impatta sui recettori individuati, ed è stato sottolineato che emissioni acustiche confrontabili con un residuo di zona si manifestano per velocità del vento superiore ai 5 m/s. Del resto la distanza degli abitati individuati è superiore ai 500 m in tutti i casi.

Si ritiene opportuno effettuare una variante alla zonizzazione acustica vigente inmaniera da individuare una fascia intorno all'impianto in cui dalla Zona 3 si passi alla Zona 4.

La fascia di delimitazione di tale variante può essere correttamente individuata dalla curva isolivello di immissione degli impianti esistente corrispondente ad un valore di 47 dB(A).

All'esterno di tale fascia anche in condizioni particolari in cui il residuo dovesse raggiungere i 47 dB(A) avremo un rumore ambientale (Residuo + Immissione impianto) minore o uguale ai 50 dB(A) che è il limite di immissione assoluta nella zona III vigente.

All'interno di tale fascia saranno applicati i limiti della zona 4 pari a 55 dB(A) per il periodo notturno e 65 dB(A) per il periodo diurno. Si ritiene superfluo individuare ulteriori zone ancora più prossime l'impianto in quanto la successiva zona 5 ha limiti già compatibili con le normali distanze di sicurezza dall'impianto dettate ad esempio dalla gittata.

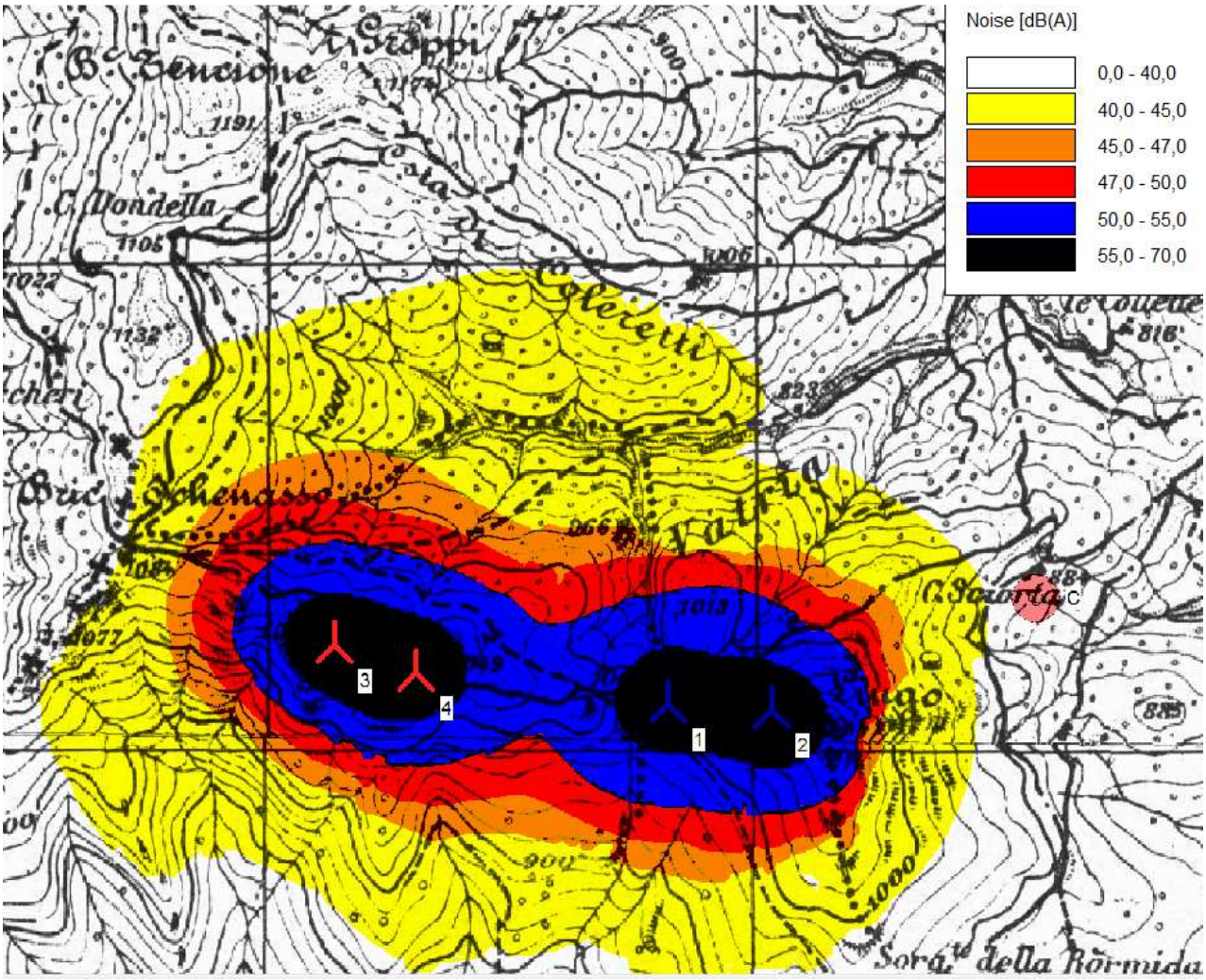



**Figura 13: Curve isolivello di immissione calcolate per la massima emissione in potenza sonora delle turbine esistenti e di progetto**

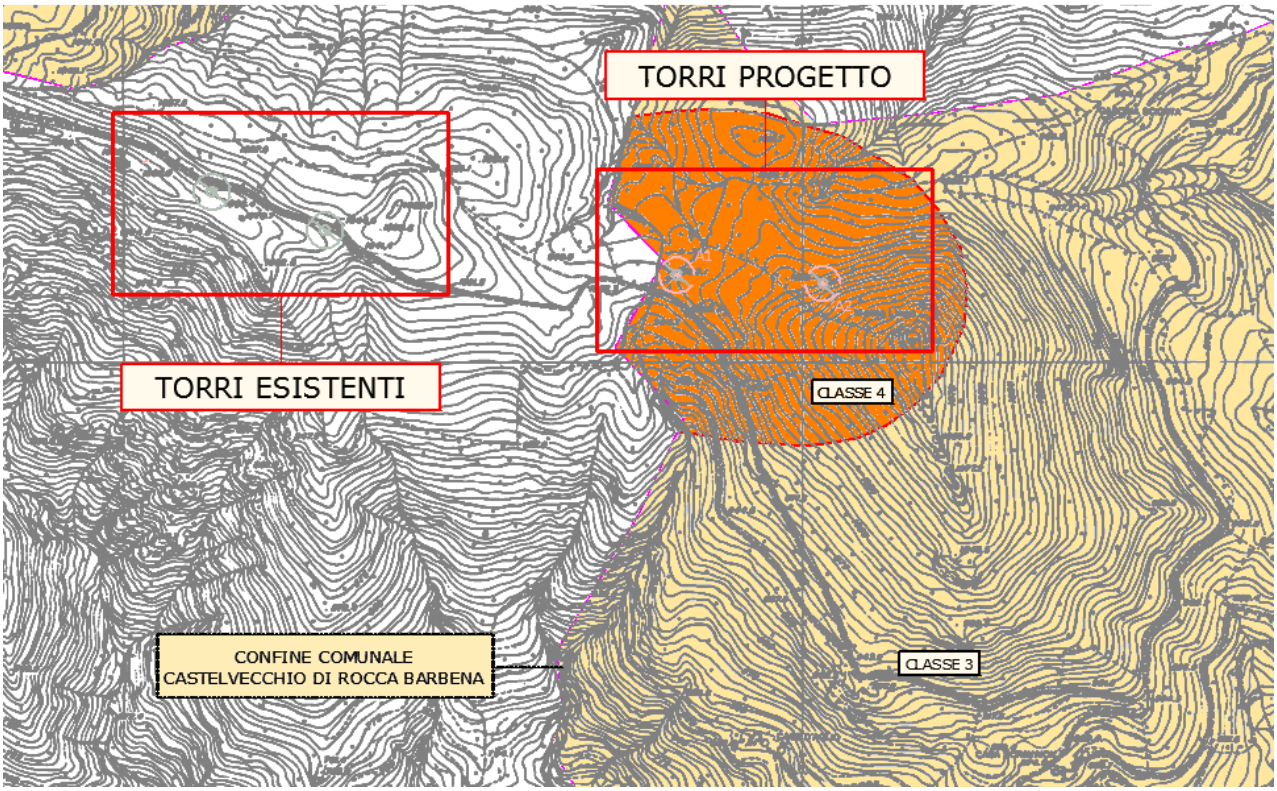



**Figura 14: Proposta di variante al piano di zonizzazione di Castelvecchio di Roccabarbena**

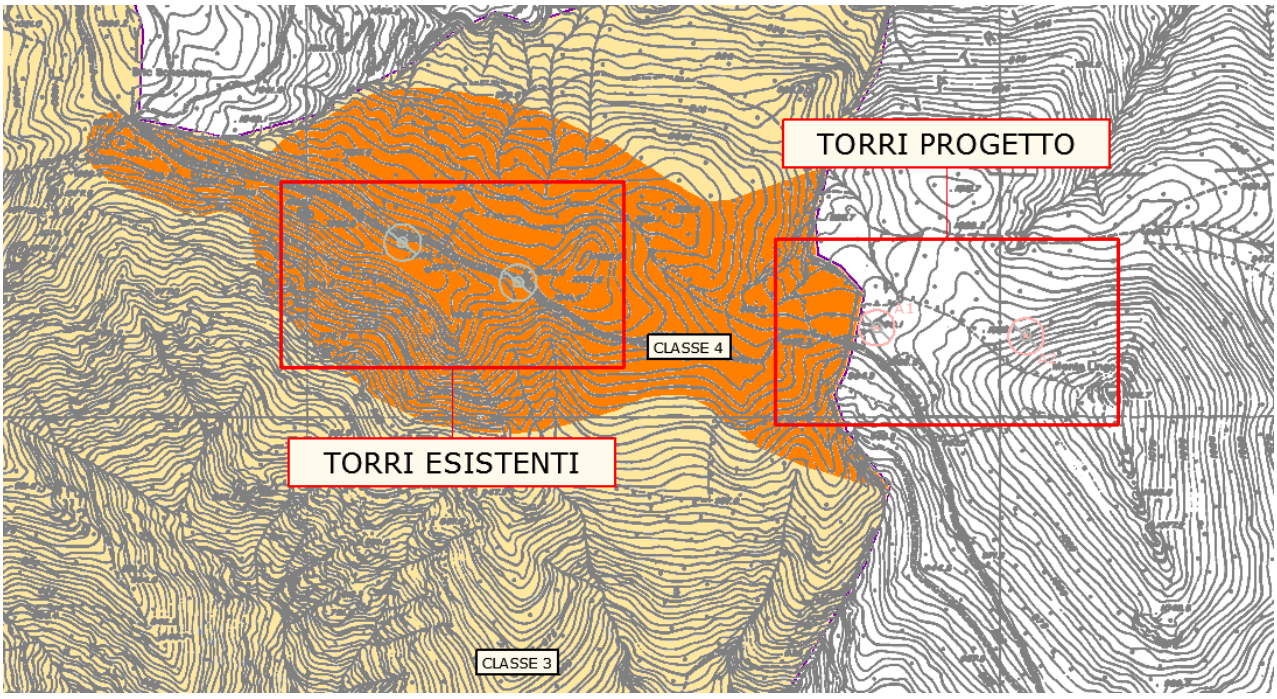



**Figura 15: Proposta di variante al piano di zonizzazione di Erli**

# 10. CONCLUSIONI

E' stato eseguito uno studio previsionale completo di indagine fonometrica al fine di ottenere una caratterizzazione del rumore residuo ante-operam, e quindi del rumore di fondo. Sono stati scelti punti di misura in prossimità di possibili recettori ed è stata eseguita una stima previsionale di impatto su questi recettori in termini di immissione assoluta e differenziale.

## 10.1 VERIFICA DEI LIMITI

In accordo al DPCM 14/11/97, avendo riscontrato come livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, i valori sinteticamente riportati in tabella , risultano verificati i limiti di immissione assoluta e differenziale. La verifica è effettuata sul valore misurato e simulato più cautelativo che rientra nelle condizioni di misura del DPCM corrispondente ad una velocità del vento pari a 5 m/s, tuttavia dai risultati ottenuti , anche in condizioni di vento forte non risultano superati i ilimiti (Cfr tabella n°13 cap 7)

| Periodo di riferimento | Valori di Leq previsti al recettore maggiormente esposto | Limiti di legge | Rispetto dei limiti di legge |
|---|---|---|---|
| Diurno | 43,0 dB(A) | 60 dB(A) | SI |
| Notturno | 43,0 dB(A) | 50 dB(A) | SI |

**Tabella 18verifica dei limiti di immissione assoluti**

| Periodo di riferimento | Valori di differenziale | Limiti di legge | Rispetto dei limiti di legge |
|---|---|---|---|
| Diurno | 0,7 dB(A) | 5 dB(A) | SI |
| Notturno | 0,7 dB(A) | 3 dB(A) | SI |

**Tabella 19: verifica dei limiti al differenziale**

Le verifiche previsionali rimangono valide anche considerando l'errore strumentale e di tutta la catena di misura.

# ALLEGATO 0: DICHIARAZIONE DI ASSEVERAZIONE

Il sottoscritto Massimo ing. Lepore, nato il **27/11/1971** a San Giorgio del Sannio (BN) e residente in V**ia Barone Nisco n° 61 –** San Giorgio del Sannio (BN), in qualità di Tecnico Competente in Acustica (DDR n° 1396 del 19 /12/2007), consapevole delle sanzioni penali, nel caso di dichiarazioni non veritiere e falsità negli atti, richiamate dall'art.76 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445 e consapevole che qualora dal controllo emerga la non veridicità del contenuto della dichiarazione, si decade dai benefici eventualmente conseguiti al provvedimento, come stabilito dall'art. 75 del medesimo D.P.R.

DICHIARA

Di aver redatto per conto della società TEN PROJECT SRL. P.IVA: 01465940623, N°REA: BN – 122670 con sede legale in Via De Gasperi n° 61 San Giorgio del Sannio – 82018 – (BN), la presente relazione di impatto acustico previsionale per la realizzazione, nel rispetto della normativa vigente, di un impianto eolico nel comune di Castelvecchio Roccabarbena

San Giorgio del Sannio, 18 Febbraio 2012

In Fede




.

# ALLEGATO 1: DDR N°1396 GIUNTA REGIONALE CAMPANIA: RICONOSCIMENTO FIGURA TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA

AREA 06 - SETTORE 02

*Giunta Regionale della Campania*
*Area Generale di Coordinamento*
*Ecologia, Tutela dell'Ambiente*
*C. I. A. Protezione Civile*
*Il Coordinatore*

REGIONE CAMPANIA
**Prot. 2007. 1084262** del 19/12/2007 ore 14,28
Dest.: LEPORE MASSIMO
Fascicolo : 2007.XXXVI/1/1.19

Egr. Ing. LEPORE Massimo
Via Barone Nisco, 61

**SAN GIORGIO DEL SANNIO** (BN)

**OGGETTO**: Riconoscimento della figura professionale di tecnico competente in acustica ambientale, ai sensi della legge 26/10/95, n. 447, art. 2, commi 6 e 7.

| N° Riferimento |
|---|
| 653/07 |

Con Decreto Dirigenziale n° 1396 del 19 dicembre 2007 si è provveduto ad approvare le determinazioni assunte dalla Commissione Regionale Interna preposta all'esame delle istanze di riconoscimento della figura professionale di «Tecnico Competente» in acustica ambientale.

Poichè il Suo nominativo risulta inserito nell'elenco dei professionisti in regola con i requisiti richiesti, Ella è autorizzato ad operare professionalmente nel campo dell'acustica ambientale, ai sensi della legge 26/10/95, n° 447 - art. 2, commi 6 e 7 - e dal DPCM 31/3/98.

LV/

Avv. Mario Lupacchini

# ALLEGATO 2: CERTIFICATI DELLA STRUMENTAZIONE

PCB PIEZOTRONICS
A PCB GROUP COMPANY

## Certificate of Calibration and Conformance

Certificate Number 2010-127682

Instrument Model 831, Serial Number 0002183, was calibrated on 17MAR2010. The instrument meets factory specifications per Procedure D0001.8310, ANSI S1.4-1983 (R 2006) Type 1; S1.4A-1985 ; S1.43-1997 Type 1; S1.11-2004 Octave Band Class 0; S1.25-1991; IEC 61672-2002 Class 1; 60651-2001 Type 1; 60804-2000 Type 1; 61260-2001 Class 0; 61252-2002.

**New Instrument**
**Date Calibrated: 17MAR2010**
**Calibration due:**

### Calibration Standards Used

| MANUFACTURER | MODEL | SERIAL NUMBER | INTERVAL | CAL. DUE | TRACEABILITY NO. |
|---|---|---|---|---|---|
| Stanford Research Systems | DS3R0 | 61746 | 12 Months | 07JUL2010 | 61746-060909 |

Reference Standards are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST)

### Calibration Environmental Conditions

Temperature: 22 ° Centigrade

Relative Humidity: 30 %

Affirmations

This Certificate attests that this instrument has been calibrated under the stated conditions with Measurement and Test Equipment (M&TE) Standards traceable to the U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST). All of the Measurement Standards have been calibrated to their manufacturers' specified accuracy / uncertainty. Evidence of traceability and accuracy is on file at Provo Engineering & Manufacturing Center. An acceptable accuracy ratio between the Standard(s) and the item calibrated has been maintained. This instrument meets or exceeds the manufacturer's published specification unless noted.

This calibration complies with the requirements of ISO 17025 and ANSI Z540. The collective uncertainty of the Measurement Standard used does not exceed 25% of the applicable tolerance for each characteristic calibrated unless otherwise noted.

The results documented in this certificate relate only to the item(s) calibrated or tested. A one year calibration is recommended, however calibration interval assignment and adjustment are the responsibility of the end user. This certificate may not be reproduced, except in full, without the written approval of the issuer.

Tested with PRM831-016508

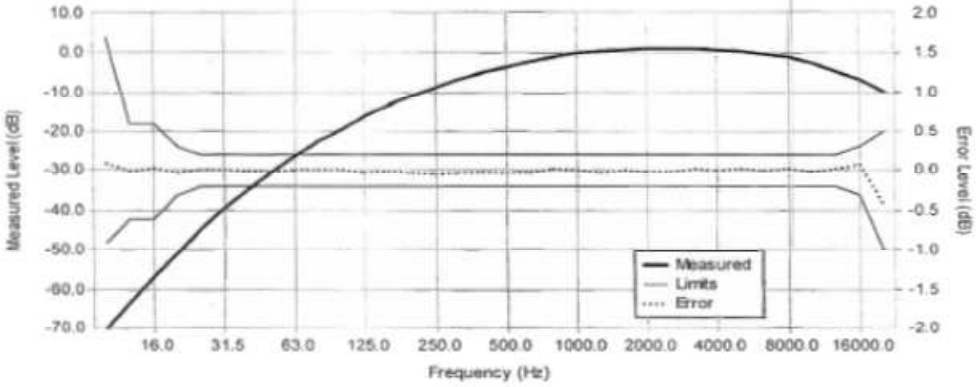
Signed: Ron Harris

Technician: Ron Harris

Provo Engineering and Manufacturing Center, 1681 West 820 North, Provo, Utah 84601
Toll Free: 888.258.3222 Telephone: 716.926.8243 Fax: 716.926.8215
ISO 9001-2000 Certified

## Sound Level Meter Model: 831 Serial Number: 0002183 Firmware: 1.600
## A -Weight Electrical Test Results

This Sound Level Meter (including attached PRM831 preamplifier and ADP090 12pF input adapter) was calibrated with a reference 1kHz sine wave at a level of 137.0dBµV. The instrument's A -weighted response was then electrically tested using a sinewave at exact frequencies as specified in IEC 61672-1:2002 Table 2 note b. Instrument has 0dB gain.




| Freq. (Hz) | Meas. (dB) | Theor. (dB) | Error (dB) | Uncert. (dB) | Limits (dB) | Freq. (Hz) | Meas. (dB) | Theor. (dB) | Error (dB) | Uncert. (dB) | Limits (dB) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10.00 | -70.33 | -70.43 | 0.10 | 0.35 | 1.70,-0.90 | 501.19 | -3.26 | -3.23 | -0.02 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 12.59 | -63.38 | -63.37 | -0.01 | 0.22 | 0.60,-0.60 | 630.96 | -1.93 | -1.90 | -0.03 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 15.85 | -56.66 | -56.69 | 0.02 | 0.15 | 0.60,-0.60 | 794.33 | -0.79 | -0.82 | 0.03 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 19.95 | -50.47 | -50.45 | -0.02 | 0.10 | 0.30,-0.30 | 1000.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 25.12 | -44.69 | -44.70 | 0.01 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 1258.93 | 0.57 | 0.59 | -0.02 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 31.62 | -39.43 | -39.44 | 0.01 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 1584.89 | 0.99 | 0.98 | 0.01 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 39.81 | -34.65 | -34.63 | -0.02 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 1995.26 | 1.19 | 1.20 | -0.01 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 50.12 | -30.24 | -30.23 | -0.01 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 2511.89 | 1.26 | 1.27 | -0.01 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 63.10 | -26.18 | -26.19 | 0.01 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 3162.28 | 1.22 | 1.20 | 0.02 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 79.43 | -22.49 | -22.50 | 0.01 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 3981.07 | 0.98 | 0.97 | 0.01 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 100.00 | -19.14 | -19.14 | 0.01 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 5011.87 | 0.57 | 0.55 | 0.02 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 125.89 | -16.13 | -16.10 | -0.03 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 6309.57 | -0.11 | -0.12 | 0.02 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 158.49 | -13.36 | -13.35 | -0.01 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 7943.28 | -1.09 | -1.11 | 0.02 | 0.10 | 0.20,-0.20 |
| 199.53 | -10.90 | -10.87 | -0.03 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 10000.00 | -2.50 | -2.49 | -0.01 | 0.12 | 0.20,-0.20 |
| 251.19 | -8.67 | -8.63 | -0.04 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 12589.25 | -4.29 | -4.32 | 0.03 | 0.12 | 0.20,-0.20 |
| 316.23 | -6.63 | -6.61 | -0.02 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 15848.93 | -6.51 | -6.60 | 0.09 | 0.12 | 0.30,-0.30 |
| 398.11 | -4.84 | -4.81 | -0.03 | 0.10 | 0.20,-0.20 | 19952.62 | -9.74 | -9.32 | -0.42 | 0.12 | 0.50,-1.00 |

Uncertainties are given as expanded uncertainty at ~95% confidence level (k=2).

This A -Weight frequency response is in compliance with IEC 61672-1:2002 5.4 Class 1, IEC 60651-2001 6.1 and 9.2.2, ANSI S1.4-1983 (R2006) 5.1 and 8.2.1, and IEC 60804-2000 5.1 for Type 1 sound level meters when used with a PCB precision microphone.

Technician: Ron Harris  Test Date: 17 Mar 2010 11:05:20

# ~ Certificate of Calibration and Compliance ~

Microphone Model: 377B02 Serial Number: 115718 Manufacturer: PCB

## Calibration Environmental Conditions

Environmental test conditions as printed on microphone calibration chart.

## Reference Equipment

| Manufacturer | Model # | Serial # | PCB Control # | Cal Date | Due Date |
|---|---|---|---|---|---|
| Hewlett Packard | 34401A | MY41045214 | LD-001 | 3/10/09 | 3/10/10 |
| Bruel & Kjaer | 4192 | 2657834 | CA-1270 | 5/7/09 | 5/7/10 |
| Fisher Scientific | S40802 | 51253176 | CA897 | 9/10/08 | 9/10/10 |
| Larson Davis | PRM915 | 123 | CA-866 | not required | not required |
| Larson Davis | PRM902 | 4163 | CA-1089 | not required | not required |
| Larson Davis | PRM902 | 4306 | CA-1202 | not required | not required |
| Larson Davis | PRM902 | 3766 | CA-885 | not required | not required |
| Larson Davis | 2559LF | 3236 | CA-883 | not required | not required |
| Larson Davis | ADP005 | 1 | LD-017 | not required | not required |
| Larson Davis | PRM916 | 130 | CA-1161 | not required | not required |
| Larson Davis | CAL250 | 5026 | CA1278 | not required | not required |
| Larson Davis | 2201 | 113 | CA-890 | not required | not required |
| Larson Davis | 2900 | 664 | CA-520 | not required | not required |
| Larson Davis | PRA951-4 | 234 | CA1154 | not required | not required |

Frequency sweep performed with B&K UA0033 electrostatic actuator.

## Condition of Unit

As Found: N/A

As Left: New unit in tolerance

## Notes

1. Calibration of reference microphone is traceable through PTB.
2. This certificate shall not be reproduced, except in full, without written approval from PCB Piezotronics, Inc.
3. Calibration is performed in compliance with ISO 9001, ISO 10012-1, ANSI/NCSL Z540-1-1994 and ISO 17025.
4. See Manufacturer's Specification Sheet for a detailed listing of performance specifications.
5. Open circuit sensitivity is measured using the insertion voltage method following procedure AT603-5.
6. Measurement uncertainty (95% confidence level with coverage factor of 2) for sensitivity is +/-0.20 dB.
7. Unit calibrated per ACS-20.

Technician: Howard Brave Date: March 1, 2010

PCB PIEZOTRONICS
VIBRATION DIVISION

3425 Walden Avenue, Depew, New York, 14043

TEL: 888-684-0013 FAX: 716-685-3886 www.pcb.com

Page 1 of 2

# ~ Calibration Report ~

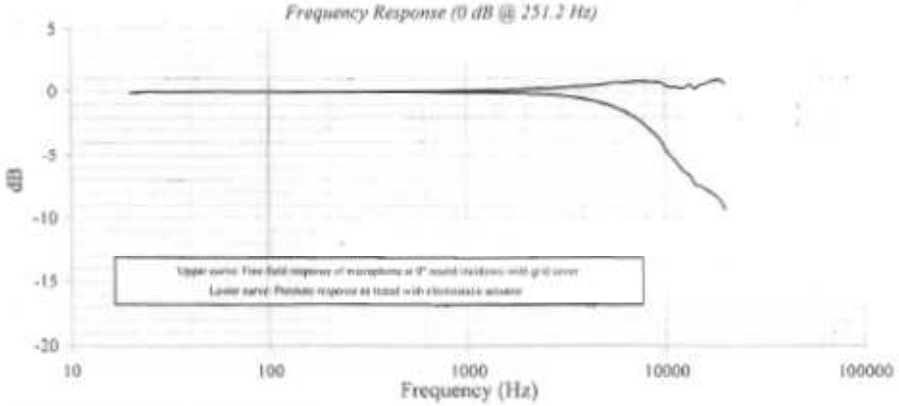
Microphone Model: 377B02 Serial Number: 115718 Description: 1/2" Free-Field Microphone

**Calibration Data**

Open Circuit Sensitivity @ 251.2 Hz: 51.23 mV/Pa
-25.81 dB re 1V/Pa
Polarization Voltage, External: 0 V
Capacitance: 11.5 pF

Temperature: 73 °F (23 °C) Ambient Pressure: 987 mbar Relative Humidity: 26 %

*Frequency Response (0 dB @ 251.2 Hz)*




| Freq (Hz) | Lower (dB) | Upper (dB) | Freq (Hz) | Lower (dB) | Upper (dB) | Freq (Hz) | Lower (dB) | Upper (dB) | Freq (Hz) | Lower (dB) | Upper (dB) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20.0 | -0.08 | -0.08 | 1584.9 | -0.09 | 0.12 | 6683.4 | -1.78 | 0.74 | - | - | - |
| 25.1 | 0.00 | 0.00 | 1678.8 | -0.10 | 0.13 | 7079.5 | -2.00 | 0.78 | - | - | - |
| 31.6 | -0.01 | -0.01 | 1778.3 | -0.11 | 0.14 | 7498.9 | -2.27 | 0.80 | - | - | - |
| 39.8 | -0.01 | -0.01 | 1883.7 | -0.13 | 0.15 | 7943.3 | -2.63 | 0.76 | - | - | - |
| 50.1 | 0.01 | 0.01 | 1995.3 | -0.14 | 0.17 | 8414.0 | -2.98 | 0.75 | - | - | - |
| 63.1 | 0.00 | 0.00 | 2113.5 | -0.16 | 0.18 | 8912.5 | -3.37 | 0.74 | - | - | - |
| 79.4 | 0.00 | 0.00 | 2238.7 | -0.17 | 0.20 | 9440.6 | -3.81 | 0.71 | - | - | - |
| 100.0 | 0.00 | 0.00 | 2371.4 | -0.20 | 0.21 | 10000.0 | -4.48 | 0.47 | - | - | - |
| 125.9 | 0.00 | 0.00 | 2511.9 | -0.22 | 0.24 | 10592.5 | -5.07 | 0.33 | - | - | - |
| 158.5 | 0.00 | 0.00 | 2660.7 | -0.25 | 0.26 | 11220.2 | -5.50 | 0.36 | - | - | - |
| 199.5 | 0.00 | 0.00 | 2818.4 | -0.28 | 0.28 | 11885.0 | -6.04 | 0.28 | - | - | - |
| 251.2 | 0.00 | 0.00 | 2985.4 | -0.31 | 0.31 | 12589.3 | -6.45 | 0.32 | - | - | - |
| 316.2 | 0.01 | 0.02 | 3162.3 | -0.36 | 0.32 | 13335.2 | -6.66 | 0.53 | - | - | - |
| 398.1 | 0.00 | 0.00 | 3349.7 | -0.40 | 0.34 | 14125.4 | -7.37 | 0.22 | - | - | - |
| 501.2 | -0.01 | 0.03 | 3548.1 | -0.46 | 0.36 | 14962.4 | -7.45 | 0.52 | - | - | - |
| 631.0 | -0.02 | 0.02 | 3758.4 | -0.51 | 0.39 | 15848.9 | -7.74 | 0.61 | - | - | - |
| 794.3 | -0.03 | 0.06 | 3981.1 | -0.57 | 0.43 | 16788.0 | -7.94 | 0.78 | - | - | - |
| 1000.0 | -0.04 | 0.08 | 4217.0 | -0.66 | 0.45 | 17782.8 | -8.23 | 0.88 | - | - | - |
| 1059.3 | -0.04 | 0.09 | 4466.8 | -0.74 | 0.49 | 18836.5 | -8.63 | 0.80 | - | - | - |
| 1122.0 | -0.05 | 0.09 | 4731.5 | -0.84 | 0.53 | 19952.6 | -9.32 | 0.61 | - | - | - |
| 1188.5 | -0.05 | 0.10 | 5011.9 | -0.95 | 0.58 | - | - | - | - | - | - |
| 1258.9 | -0.06 | 0.10 | 5308.8 | -1.07 | 0.63 | - | - | - | - | - | - |
| 1333.5 | -0.07 | 0.11 | 5623.4 | -1.22 | 0.66 | - | - | - | - | - | - |
| 1412.5 | -0.08 | 0.11 | 5956.6 | -1.40 | 0.67 | - | - | - | - | - | - |
| 1496.2 | -0.08 | 0.12 | 6309.6 | -1.58 | 0.71 | - | - | - | - | - | - |

Technician: Howard Brave Date: March 1, 2010

PCB PIEZOTRONICS
VIBRATION DIVISION
3425 Walden Avenue, Depew, New York, 14043
TEL: 888-684-0013 FAX: 716-685-3886 www.pcb.com

PCB PIEZOTRONICS
A PCB GROUP COMPANY

# Certificate of Calibration and Conformance

Certificate Number 2010-128558

Instrument Model CAL200, Serial Number 7629, was calibrated on 13APR2010. The instrument meets factory specifications per Procedure D0001.8190.

**New Instrument**
**Date Calibrated: 13APR2010**
**Calibration due:**

## Calibration Standards Used

| MANUFACTURER | MODEL | SERIAL NUMBER | INTERVAL | CAL. DUE | TRACEABILITY NO. |
|---|---|---|---|---|---|
| Hewlett Packard | 34401A | US36033460 | 12 Months | 16JUN2010 | 4382218 |
| Hewlett Packard | 34401A | 3146A10352 | 12 Months | 13JUL2010 | 4413817 |
| Larson Davis | 2559 | 2506 | 12 Months | 03SEP2010 | 16868-1 |
| Larson Davis | PRM915 | 0112 | 12 Months | 09SEP2010 | 2009-121809 |
| Larson Davis | PRM902 | 0480 | 12 Months | 09SEP2010 | 2009-121820 |
| Larson Davis | MTS1000/2201 | 0111 | 12 Months | 09SEP2010 | SM090909-1 |
| PCB | 1502B02FJ15PSIA | 1342 | 12 Months | 23NOV2010 | 334184506? |
| Larson Davis | 2900 | 0661 | 12 Months | 02APR2011 | 2010-128279 |

Reference Standards are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST)

## Calibration Environmental Conditions

Environmental test conditions as shown on calibration report.

### Affirmations

This Certificate attests that this instrument has been calibrated under the stated conditions with Measurement and Test Equipment (M&TE) Standards traceable to the U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST). All of the Measurement Standards have been calibrated to their manufacturers' specified accuracy / uncertainty. Evidence of traceability and accuracy is on file at Provo Engineering & Manufacturing Center. An acceptable accuracy ratio between the Standard(s) and the item calibrated has been maintained. This instrument meets or exceeds the manufacturer's published specification unless noted.

This calibration complies with the requirements of ISO 17025 and ANSI Z540. The collective uncertainty of the Measurement Standard used does not exceed 25% of the applicable tolerance for each characteristic calibrated unless otherwise noted.

The results documented in this certificate relate only to the item(s) calibrated or tested. A one year calibration is recommended, however calibration interval assignment and adjustment are the responsibility of the end user. This certificate may not be reproduced, except in full, without the written approval of the issuer.

Signed: Scott Montgomery
Technician: Scott Montgomery

# ALLEGATO 3: REPORTS DI MISURA

Nome misura: GE_CRB01_F1

Località: MONTE LINGO

Strumentazione: 831 0002183

Condizioni meteo : Cielo Sereno

Calibratore: CAL 200 n° serie 7629

Velocità del vento : 2 m/s

Data, ora misura: 06/09/2011 13:37:13

Temperatura esterna : 14 °C

Ora fine misura [s]: 13:47:13

Coordinate piane WGS 84 32T: E 428746 N 4890926

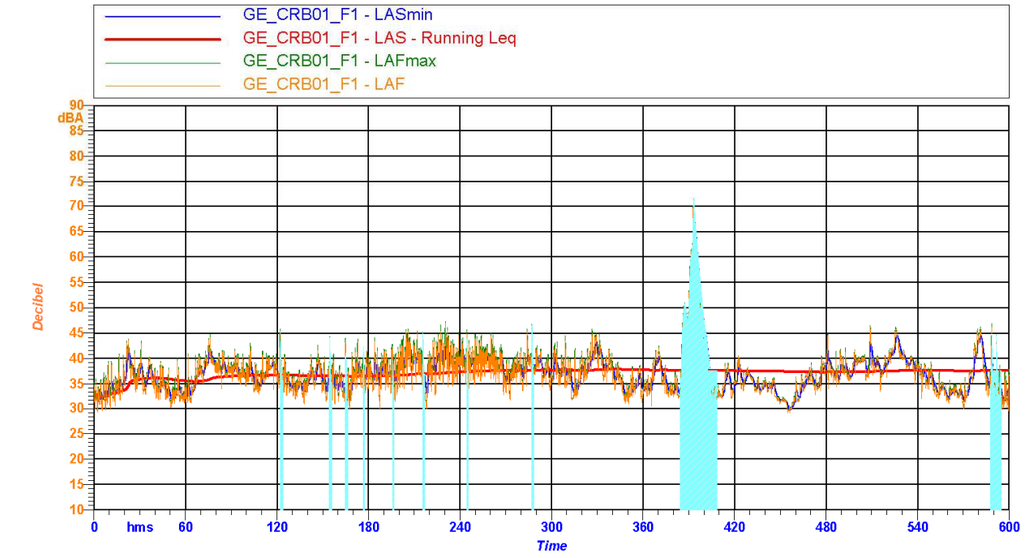


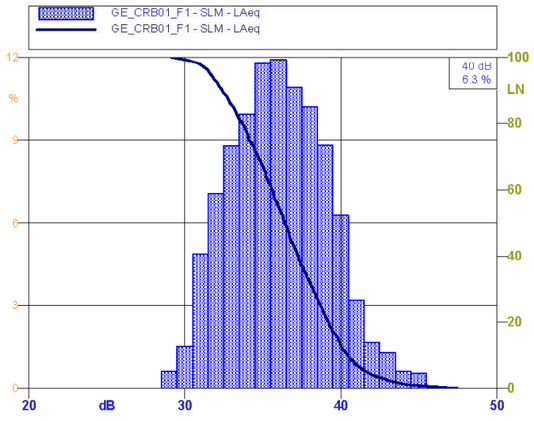




$L_{Aeq}$ = 37.6 dB

## TIME HISTORY




**PERCENTILI**

LN01 : 44.2

LN05 : 41.6

LN10 : 40.4

LN50 : 36.4

LN75 : 34.1

LN90 : 32.4

LN95 : 31.6

***F831.107 1/3 OTTAVE ALL MIN-LINEARE***

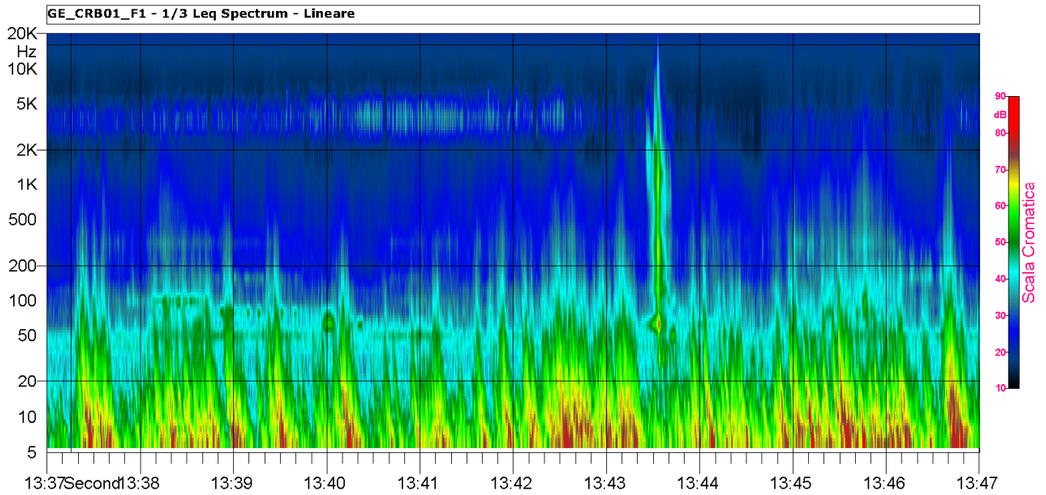
| Hz | dB | Hz | dB | Hz | dB |
|---|---|---|---|---|---|
| 6.3 Hz | 58.4 dB | 8 Hz | 54.0 dB | 10 Hz | 37.9 dB |
| 12.5 Hz | 44.9 dB | 16 Hz | 43.2 dB | 20 Hz | 43.3 dB |
| 25 Hz | 36.3 dB | 31.5 Hz | 41.4 dB | 40 Hz | 39.0 dB |
| 50 Hz | 40.8 dB | 63 Hz | 34.3 dB | 80 Hz | 30.0 dB |
| 100 Hz | 27.8 dB | 125 Hz | 27.6 dB | 160 Hz | 22.6 dB |
| 200 Hz | 21.3 dB | 250 Hz | 21.8 dB | 315 Hz | 23.6 dB |
| 400 Hz | 22.5 dB | 500 Hz | 20.8 dB | 630 Hz | 21.2 dB |
| 800 Hz | 20.5 dB | 1000 Hz | 20.8 dB | 1250 Hz | 18.9 dB |
| 1600 Hz | 16.5 dB | 2000 Hz | 16.0 dB | 2500 Hz | 16.1 dB |
| 3150 Hz | 21.5 dB | 4000 Hz | 23.3 dB | 5000 Hz | 17.7 dB |
| 6300 Hz | 15.2 dB | 8000 Hz | 15.8 dB | 10000 Hz | 16.6 dB |
| 12500 Hz | 17.6 dB | 16000 Hz | 18.9 dB | 20000 Hz | 20.2 dB |

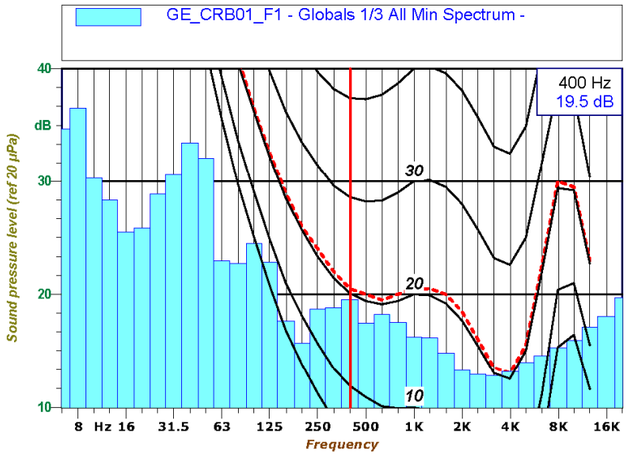
LASmax = 37.9 dB(A)

LASmin = 29.8 dB(A)

COMPONENTI TONALI : ASSENTI

## SONOGRAMMA




IL TECNICO:

*Dott.Ing. Massimo Lepore*

Tecnico competente in Acustica Ambientale ai sensi della legge 447/95 e DPCM 31/3/98, riconosciuto con Decreto Dirigenziale della Regione Campania n° 1396 del 19/12/2007, n° Rif. 653/07

Nome misura: GE.CRB01_F2

Località: MONTE LINGO

Strumentazione: 831 0002183

Condizioni meteo : Cielo Sereno

Calibratore: CAL 200 n° serie 7629

Velocità del vento : 2

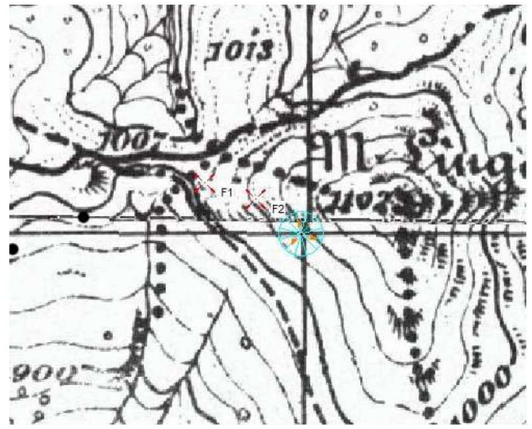
Data, ora misura: 06/09/2011 14:07:57

Temperatura esterna : 14 °C

Ora fine misura [s]: 14:18:37

Coordinate piane WGS 84 : E 428830 N 4890894

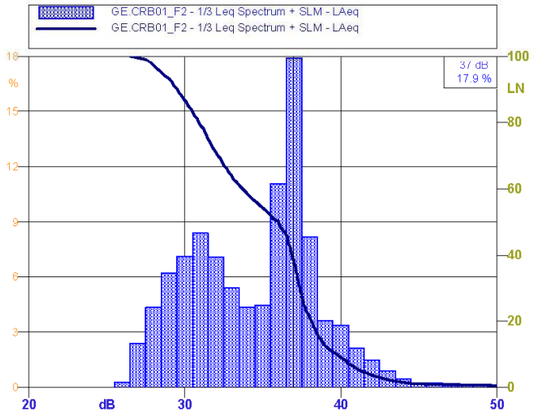



$L_{Aeq}$ = 37.1 dB

## TIME HISTORY




**PERCENTILI**

LN01 : 44.6

LN05 : 41.2

LN10 : 39.7

LN50 : 36.0

LN75 : 31.5

LN90 : 29.5

LN95 : 28.5

*F831.107 1/3 OTTAVE ALL MIN-LINEARE*

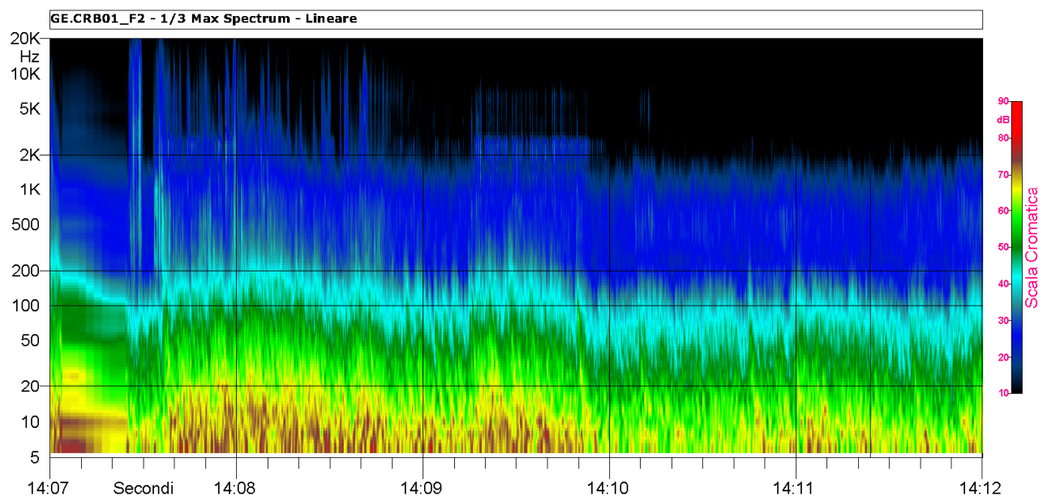
| Hz | dB | Hz | dB | Hz | dB |
|---|---|---|---|---|---|
| 6.3 Hz | 61.5 dB | 8 Hz | 64.5 dB | 10 Hz | 72.0 dB |
| 12.5 Hz | 66.6 dB | 16 Hz | 68.4 dB | 20 Hz | 66.0 dB |
| 25 Hz | 61.7 dB | 31.5 Hz | 64.7 dB | 40 Hz | 58.5 dB |
| 50 Hz | 53.4 dB | 63 Hz | 56.1 dB | 80 Hz | 43.6 dB |
| 100 Hz | 46.5 dB | 125 Hz | 46.7 dB | 160 Hz | 47.2 dB |
| 200 Hz | 45.4 dB | 250 Hz | 38.6 dB | 315 Hz | 38.0 dB |
| 400 Hz | 36.6 dB | 500 Hz | 34.2 dB | 630 Hz | 32.8 dB |
| 800 Hz | 34.5 dB | 1000 Hz | 31.5 dB | 1250 Hz | 30.4 dB |
| 1600 Hz | 28.8 dB | 2000 Hz | 29.4 dB | 2500 Hz | 25.5 dB |
| 3150 Hz | 23.9 dB | 4000 Hz | 23.4 dB | 5000 Hz | 23.0 dB |
| 6300 Hz | 21.2 dB | 8000 Hz | 22.5 dB | 10000 Hz | 20.0 dB |
| 12500 Hz | 17.0 dB | 16000 Hz | 16.5 dB | 20000 Hz | 16.3 dB |

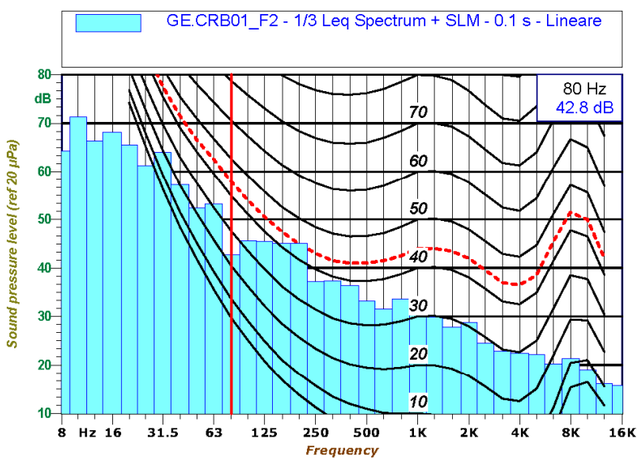
LASmax = 43.7 dB(A)

LASmin = 27.4 dB(A)

COMPONENTI TONALI : ASSENTI

## SONOGRAMMA




IL TECNICO:

*Dott.Ing. Massimo Lepore*

Tecnico competente in Acustica Ambientale ai sensi della legge 447/95 e DPCM 31/3/98, riconosciuto con Decreto Dirigenziale della Regione Campania n° 1396 del 19/12/2007, n° Rif. 653/07

Nome misura: GE.CRB01.F3

Località: CRAVAION

Strumentazione: 831 0002183

Condizioni meteo : Cielo Sereno

Calibratore: CAL 200 n° serie 7629

Velocità del vento : 2 m/s

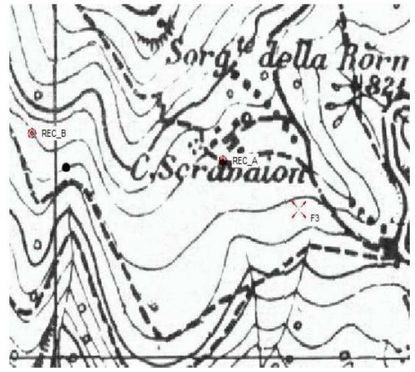
Data, ora misura: 06/09/2011 14:49:38

Temperatura esterna : 14 °C

Ora fine misura [s]: 15:04:38

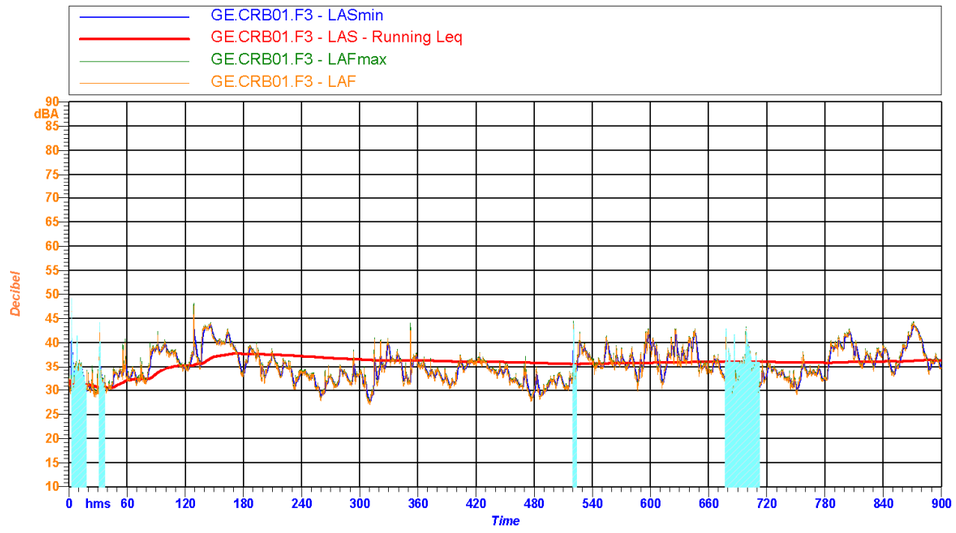
Coordinate piane WGS 84 : E 429452 N 4890113

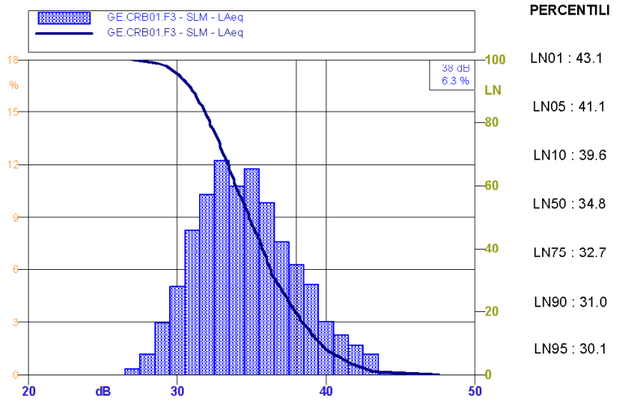





$L_{Aeq}$ = 36.4 dB

## TIME HISTORY




PERCENTILI

LN01 : 43.1

LN05 : 41.1

LN10 : 39.6

LN50 : 34.8

LN75 : 32.7

LN90 : 31.0

LN95 : 30.1

*F831.107 1/3 OTTAVE ALL MIN-LINEARE*

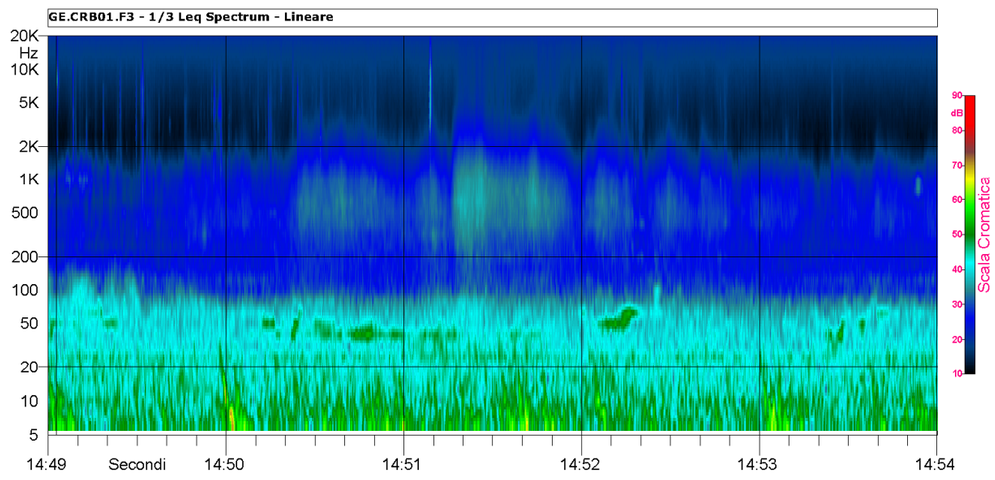
| Hz | dB | Hz | dB | Hz | dB |
|---|---|---|---|---|---|
| 6.3 Hz | 45.7 dB | 8 Hz | 47.3 dB | 10 Hz | 42.1 dB |
| 12.5 Hz | 45.7 dB | 16 Hz | 44.7 dB | 20 Hz | 47.5 dB |
| 25 Hz | 44.0 dB | 31.5 Hz | 44.6 dB | 40 Hz | 46.0 dB |
| 50 Hz | 39.3 dB | 63 Hz | 38.8 dB | 80 Hz | 38.4 dB |
| 100 Hz | 36.1 dB | 125 Hz | 35.7 dB | 160 Hz | 30.6 dB |
| 200 Hz | 24.1 dB | 250 Hz | 26.7 dB | 315 Hz | 26.9 dB |
| 400 Hz | 26.7 dB | 500 Hz | 23.0 dB | 630 Hz | 20.9 dB |
| 800 Hz | 27.0 dB | 1000 Hz | 21.3 dB | 1250 Hz | 17.8 dB |
| 1600 Hz | 15.3 dB | 2000 Hz | 12.4 dB | 2500 Hz | 11.4 dB |
| 3150 Hz | 12.6 dB | 4000 Hz | 12.9 dB | 5000 Hz | 14.4 dB |
| 6300 Hz | 15.3 dB | 8000 Hz | 16.2 dB | 10000 Hz | 16.9 dB |
| 12500 Hz | 18.4 dB | 16000 Hz | 19.0 dB | 20000 Hz | 20.4 dB |

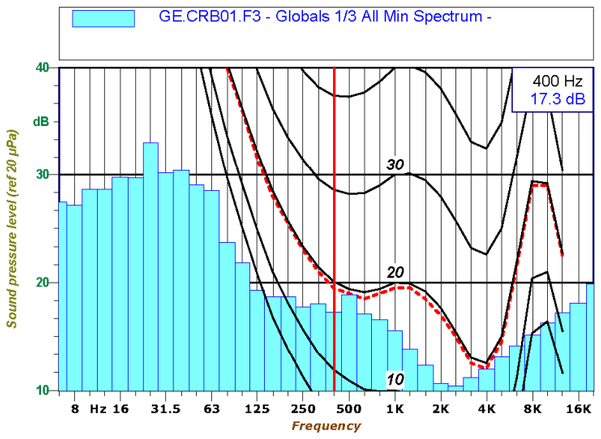
LASmax = 37.8 dB(A)

LASmin = 27.5 dB(A)

COMPONENTI TONALI : ASSENTI

## SONOGRAMMA




IL TECNICO:

*Dott.Ing. Massimo Lepore*

Tecnico competente in Acustica Ambientale ai sensi della legge 447/95 e DPCM 31/3/98, riconosciuto con Decreto Dirigenziale della Regione Campania n° 1396 del 19/12/2007, n° Rif. 653/07



TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.:+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it