

Procedura che prevede lo spegnimento degli aerogeneratori potenzialmente impattanti

1. Tempi di misura

Misurazione del Livello di rumore ambientale L_A in ambiente esterno

I tempi di misurazione utili all'analisi del rumore generato da impianti eolici devono essere abbastanza lunghi da coprire le situazioni di ventosità e direzione del vento a terra e in quota tipiche del sito oggetto di indagine. Gli impianti dovranno dunque essere in funzione.

I periodi di misura con precipitazioni, eventi anomali o durante i quali si siano verificate le condizioni di cui al punto 7 dell'Allegato B del D.M. 16/03/1998 devono essere scartati.

È richiesta l'acquisizione di almeno 1000 intervalli minimi di misurazione utili (pari a circa 7 giorni di rilevamenti in continuo), da pianificarsi tenendo conto dell'analisi anemologica del sito e delle previsioni meteorologiche relative allo specifico periodo individuato per la misurazione.

Misurazione del Livello di rumore residuo riferito alla sorgente eolica, L_R in ambiente esterno

Solo una volta terminate le rilevazioni del rumore ambientale, si procederà a contattare il Referente di impianto per la richiesta dei dati già specificati e contestualmente si richiederà di fermare gli aerogeneratori potenzialmente impattanti per 24 ore, nel corso delle quali la velocità del vento all'aerogeneratore dovrà risultare per almeno 12 ore compresa fra la velocità di *cut-in* (soglia di avvio del funzionamento degli aerogeneratori) e la velocità di *cut-off* (stop delle pale per motivi di sicurezza), ovvero condizioni di normale funzionamento degli aerogeneratori; qualora tale condizione non si realizzi, verrà adeguatamente prolungato l'intervallo di fermo dell'impianto. Durante questo intervallo di tempo si procederà alla rilevazione del rumore residuo con modalità identiche a quelle utilizzate per la misura del rumore ambientale.

2. Elaborazione dei dati

Il primo passaggio consiste nel depurare i dati rilevati al fine di ottenere i dati utili, sui quali si effettueranno le elaborazioni. Occorre dunque eliminare le rilevazioni afflitte da eventi anomali e/o accidentali, scartando tutti i periodi di misura in cui si sono verificate condizioni non conformi o comunque ritenute inidonee perché non riconducibili al rumore eolico, al rumore residuo tipico dell'area di indagine.

Per quanto concerne la validità dei dati rilevati in concomitanza ad eventi anomali, la misura nel periodo minimo di 10 minuti è considerata accettabile se la frazione del tempo per cui si hanno dati validi sia superiore al 50% del tempo complessivo.

Devono essere scartati anche i dati di $L_{Aeq,10min}$ sul cui corrispondente intervallo temporale di 10 minuti non risultano disponibili altri parametri necessari per le elaborazioni ed i raffronti (ad es. Velocità media del vento a terra; Velocità media del vento al mozzo, ecc...).

Livello di rumore ambientale, L_A

- Poiché il rumore ambientale deve includere anche il rumore della specifica sorgente disturbante, dovranno essere scartati tutti i dati di $L_{Aeq,10min}$ che corrispondono a condizioni di non funzionamento degli aerogeneratori potenzialmente impattanti, ovvero in cui la velocità del vento all'aerogeneratore è inferiore alla velocità di *cut-in* (soglia di avvio del funzionamento degli aerogeneratori) o superiore alla velocità di *cut-off* (stop delle pale per motivi di sicurezza), parametri caratteristici degli impianti.
- Per ogni postazione di misura e, separatamente, per periodo diurno e per periodo notturno,



si potranno riordinare i dati utili rimasti in una tabella nella quale ogni riga corrisponde ad un dato utile di 10 minuti, caratterizzato dalla data e dall'orario del rilevamento, e nelle colonne sono riportati, per ogni dato utile, i valori dei seguenti parametri:

- $L_{Aeq,10min}$;
- Velocità media del vento a terra, ossia al ricettore (v_r);
- Velocità media del vento al mozzo per ogni aerogeneratore potenzialmente impattante (V);
- Direzione prevalente del vento al mozzo per ogni aerogeneratore potenzialmente impattante (θ°).

Si arriverà dunque ad avere a disposizione, per ogni postazione di misura, per sette giorni di misura, una tabella con un numero massimo di $6*16*7= 672$ righe per il periodo diurno e di $6*8*7 = 336$ righe per il periodo notturno.

Nella tabella 1 si mostra, come esempio, uno stralcio di tabella relativa ad un determinato ricettore (R1) oggetto di misure, nel periodo diurno, nel caso di un solo¹ aerogeneratore potenzialmente impattante. Analoga tabella, per lo stesso ricettore, conterrà i dati relativi al periodo notturno.

Tab.1. Esempio 1: Livello di rumore ambientale - Ricettore R1 – Periodo diurno

Data	Ore (hh/mm)	L_A dB(A)	v_r (m/s)	V (m/s)	θ°
Lun 12/10/15	16,10	47,0	3,4	8,6	220,20
Lun 12/10/15	16,20	47,6	4,2	9,3	224,70
Lun 12/10/15	16,30	46,5	3,5	8,2	230,30
Lun 12/10/15	16,40	46,2	2,9	8,5	234,80
Mar 13/10/15	10,20	48,4	4,5	10,1	225,20
Mar 13/10/15	14,30	45,7	1,2	7,9	240,60

Livello di rumore residuo riferito alla sorgente eolica, L_R

- Per ogni postazione di misura e, separatamente, per periodo diurno e per periodo notturno, si potranno riordinare i dati utili rimasti in una tabella nella quale ogni riga corrisponde ad un dato utile di 10 minuti, caratterizzato dalla data e dall'orario del rilevamento, e nelle colonne sono riportati, per ogni dato utile, i valori dei seguenti parametri:
 - $L_{Aeq,10min}$;
 - Velocità media del vento a terra, ossia al ricettore (v_r);
 - Velocità media del vento al mozzo per ogni aerogeneratore potenzialmente impattante (V);
 - Direzione prevalente del vento al mozzo per ogni aerogeneratore potenzialmente impattante (θ°).

Si arriverà dunque ad avere a disposizione una tabella con un numero massimo di $6*16= 96$ righe per il periodo diurno e di $6*8 = 48$ righe per il periodo notturno.

Nella tabella 2 si mostra, come esempio, uno stralcio di tabella relativa ad un determinato ricettore (R1) oggetto di misure, nel periodo diurno, nel caso di un solo² aerogeneratore potenzialmente impattante, fermato appositamente per permettere la misura. Analoga tabella, per lo stesso ricettore, conterrà i dati relativi al periodo notturno.

¹ Nel caso in cui vi siano due, tre o più aerogeneratori, nulla cambia, ad eccezione del fatto che nelle tabelle riportate come esempio, le colonne V e θ° si duplicano, triplicano, ecc...

² Nel caso in cui vi siano due, tre o più aerogeneratori, nulla cambia, ad eccezione del fatto che nelle tabelle riportate come esempio, le colonne V e θ° si duplicano, triplicano, ecc...



Tab.2. Esempio 2: Livello di rumore residuo - Ricettore R1 – Periodo diurno

Data	Ore (hh/mm)	L_A dB(A)	v_r (m/s)	V (m/s)	θ°
Lun 28/10/15	17,30	40,6	3,6	7,9	230,20
Lun 28/10/15	17,40	42,4	4,0	8,6	226,50
Lun 28/10/15	17,50	41,8	3,8	8,9	235,20
Lun 28/10/15	18,00	37,9	2,8	9,4	236,90

Si procederà poi ad operare sui valori di $L_{Aeq,10min}$ una partizione in classi di velocità del vento al ricettore (v_r) di ampiezza 1 unità (da 0 a 1, da 1 a 2, da 2 a 3, da 3 a 4 e da 4 a 5 m/s).³ Ciò viene fatto in pratica operando un riordino dei dati della tabella precedente in senso crescente sulla colonna della v_r (si omettono da ora in poi, per semplicità, le colonne inessenziali).

Tab. 3. Esempio 3: Riordino Livello di rumore residuo - Ricettore R1 – Periodo diurno

Data	Ore [hh/mm]	L_R [dB(A)]	v_r [m/s]
Lun 28/10/15	9,10	36,6	0,4
Lun 28/10/15	20,20	37,1	0,6
Lun 28/10/15	11,50	38,7	0,8
Lun 28/10/15	12,10	38,3	1,1
Lun 28/10/15	6,30	39,0	1,7
Lun 28/10/15	7,40	39,0	2,4
Lun 28/10/15	16,10	39,0	2,4
Lun 28/10/15	18,00	37,9	2,8
Lun 28/10/15	17,30	40,6	3,6
Lun 28/10/15	17,50	41,8	3,8
Lun 28/10/15	17,40	42,4	4,0
Lun 28/10/15	21,10	42,0	4,7

Quindi per ognuna delle 5 classi di velocità media del vento al ricettore si effettuerà la media aritmetica dei valori di $L_{Aeq,10min}$.

Al termine dell'elaborazione, per ogni periodo di riferimento, per ciascuna classe di velocità del vento rilevata al ricettore durante il fermo obbligato degli aerogeneratori, si avrà quindi un valore di $L_{Aeq,10min}$ medio ($\langle L_R \rangle$), rappresentante del Rumore Residuo per quella classe di velocità.

Tab.4. Esempio 4: Calcolo del Livello di rumore residuo medio per classi di velocità - Ricettore R1 – Periodo diurno

Data	$\langle L_R \rangle$ dB(A)	Classe di v_r (m/s)
Lun 28/10/15	37,5	0,0 + 1,0
Lun 28/10/15	38,7	1,0 + 2,0
Lun 28/10/15	38,6	2,0 + 3,0
Lun 28/10/15	41,6	3,0 + 4,0
Lun 28/10/15	42,0	4,0 + 5,0

³ All'interno di ogni classe è possibile analizzare eventuali valori di $L_{Aeq,10min}$ cui corrispondano valori di livello sonoro decisamente più elevati rispetto agli altri, per escludere la eventuale presenza di eventi anomali sfuggiti all'analisi precedente.



Livello di immissione specifico dell'impianto eolico, L_E

Per le stesse classi di velocità che compaiono nella tabella del rumore residuo ed in modo separato fra periodo diurno e notturno, occorrerà effettuare la differenza energetica (antilogaritmica) fra i singoli valori $L_{Aeq,10min}$ che popolano la tabella del Rumore Ambientale (Tab. Esempio 1) e la media aritmetica della corrispondente classe di velocità della tabella del Rumore Residuo (Tab.4. Esempio 4); la differenza energetica $L_E = 10 \cdot \log[10^{(L_A/10)} - 10^{(\langle L_R \rangle/10)}]$ non può essere calcolata qualora la differenza aritmetica $L_A - \langle L_R \rangle$ risulti minore di 1.

In tale modo si ottiene, per ogni ricettore, separatamente per il periodo diurno e notturno, una tabella che contiene, per le sole classi di velocità del vento al ricettore riscontrate nella misura del residuo, i diversi valori di $L_{Aeq,10min}$ che rappresentano il valore del livello L_E caratteristico della sorgente.

Tab. 5. Esempio 5: Livello prodotto dall'impianto eolico (L_E) - Ricettore R1 – Periodo diurno

Data	Ore (hh/mm)	L_A dB(A)	v_r (m/s)	Classe di v_r	$\langle L_R \rangle$ dB(A)	L_E dB(A)
Lun 12/10/15	16,10	47,0	3,4	3,0 ÷ 4,0	41,6	45,5
Lun 12/10/15	16,20	47,6	4,2	4,0 ÷ 5,0	42,0	46,2
Lun 12/10/15	16,30	46,5	3,5	3,0 ÷ 4,0	41,6	44,8
Lun 12/10/15	16,40	46,2	2,9	2,0 ÷ 3,0	38,6	45,4
Mar 13/10/15	10,20	48,4	4,5	4,0 ÷ 5,0	42,0	47,3
Mar 13/10/15	14,30	45,7	1,2	1,0 ÷ 2,0	38,7	44,7

3. Espressione dei risultati

Partendo dalla tabella del rumore prodotto dall'impianto eolico (vedi Tab.5. Esempio 5), tabella che, si ricorda, è limitata alle sole classi di velocità del vento al ricettore risultanti dalla misurazione del residuo, è necessario ricostruire, sulla base del dato temporale a cui ogni valore si riferisce, i vari periodi di riferimento diurni e notturni.

Tenuto conto che ogni periodo di riferimento da ricostruire potrebbe avere dei dati di $L_{Aeq,10min}$ mancanti, si ritiene valida la ricostruzione nel caso in cui siano presenti almeno il 70% di dati validi. Vale a dire $96 \times 70\% = 67$ dati validi di $L_{Aeq,10min}$ per ogni periodo diurno e 34 dati validi di $L_{Aeq,10min}$ per ogni periodo notturno.

Una volta ottenuti i vari L_{Aeq} sui periodi di riferimento diurni $L_{ED,i}$ e notturni $L_{EN,j}$, dove le lettere i e j indicano la variabilità su più giorni, occorre scegliere tra di essi il valore massimo, ossia $\text{Max}\langle L_{ED,i} \rangle$ e $\text{Max}\langle L_{EN,j} \rangle$.

I valori anzidetti sono quelli da utilizzare per la verifica dei limiti normativi di cui allo specifico Regolamento di cui all'art. 11 della Legge n. 447/95.

4. Riferimenti normativi e bibliografici

- ISPRA, "Linee guida per la valutazione e il monitoraggio dell'impatto acustico degli impianti eolici", 103/2013;
- UNI/TS 11143-7:2013 "Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 7: Rumore degli aerogeneratori";
- Serie di norme CEI EN IEC 61400 "Sistemi di generazione da fonte eolica";
- Rapporto CESI sul rumore eolico, 2008;
- DELTA, "A procedure for evaluation of the audibility for low frequency sound and a literature study", EFP06 Low Frequency Noise from Large Wind Turbines - Project Report, 2008;



- C. Novak, A. Sjöström, H. Ule, D. Bard; G. Sandberg, “An investigation of different secondary noise wind screen designs for wind turbine noise applications”, atti del convegno Inter.Noise 2014 – Melbourne, Australia, 2014;
- G. Iannace, U. Berardi, A. Trematerra “Proposte per la disciplina del rumore eolico”, atti del seminario dell’Associazione Italiana di Acustica, “La revisione della normativa sull’inquinamento acustico: modifiche introdotte e sviluppi futuri”, Torino, 2017;
- M. Poli, A. Callegari “Gli impianti eolici: idee e proposte per regolamentarne l’impatto acustico”, atti del convegno nazionale dell’Associazione Italiana di Acustica, Pavia, 2017.

