

## TITOLO: VALUTAZIONE PREVISIONALE DEL RUMORE ALLE BASSE FREQUENZE GENERATO DALLE WTG

Costantino Carlo Mastino, Andrea Frattolillo, Roberto Ricciu, Roberto Baccoli

- 1) Università di Cagliari DICAAR, Cagliari, mastino@unica.it
- 2) Università di Cagliari DICAAR, Cagliari, andrea.frattolillo@unica.it
- 3) Università di Cagliari DICAAR, Cagliari, ricciu@unica.it
- 4) Università di Cagliari DICAAR, Cagliari, rbaccoli@unica.it

### SOMMARIO

Con il PNRR sono stati finanziati numerosi progetti che prevedono l'installazione di turbine eoliche. Negli ultimi anni un particolare interesse è stato rivolto al rumore emesso dalle WTG alle basse frequenze. In alcuni paesi europei sono state emanate delle apposite leggi che impongono limiti e metodologie di valutazione del rumore alle L.F. In altri paesi sprovvisti di norme, durante l'iter autorizzativo, tale valutazione è richiesta dagli enti preposti in fase di progetto solo per i grossi impianti. Scopo del presente lavoro è quello di fare un'analisi dello stato dell'arte in Italia, mostrando e confrontando alcune procedure di calcolo previsionale adoperabili tra cui quelle adottate in Danimarca.

### 1. introduzione

Il vento è una delle fonti di energia rinnovabile il cui incremento di sfruttamento grazie anche ai fondi del PNRR non solo è auspicabile in un prossimo futuro ma è una realtà attuale. Un parco eolico non produce in generale emissioni inquinanti, ma ha comunque un impatto sul territorio che va valutato attentamente già in fase di progettazione: in particolare è necessario stimarne attentamente l'impatto acustico. Quando si parla di LFN ci si riferisce in alcuni casi a un campo di frequenze compreso fra i 10Hz e 200Hz, più frequentemente a frequenze fra 10Hz e 160Hz (caso legislazione Danese). Nel presente lavoro sarà analizzata la procedura di calcolo riportata nella ISO 9613 parte 2 adattandola all'intervallo di frequenze considerato. Sarà contestualmente analizzata la recente procedura di calcolo previsionale riportata nella legislazione danese sul tema e sarà presentato un confronto tra le procedure di previsione dell'impatto acustico alle basse frequenze generato dalle WTG

### 2. Soglia di udibilità umana alle LFN

Le onde sonore di frequenza inferiore a 20 Hz vengono comunemente indicate con il termine infrasuoni.

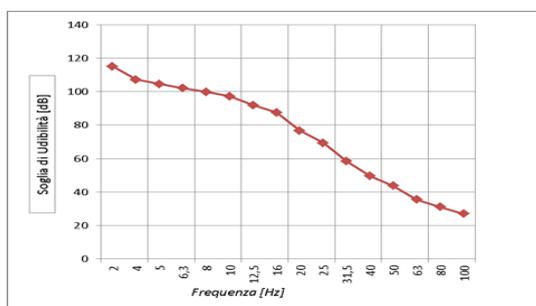


Figura 1 - fonte: Allegato n°9 Guida all'esposizione ad infrasuoni, ISPESL 2005..

Al contrario di quanto avviene per gli ultrasuoni, non necessariamente gli infrasuoni risultano non udibili, in quanto l'apparato uditivo è perfettamente in grado di percepire onde di bassa

frequenza se di livello opportunamente elevato. La soglia di udibilità è infatti di circa 77 dB a 20 Hz, sale a 92 dB a 12,5 Hz e raggiunge 102 dB a 6,3 Hz. La Figura 1 riassume in forma grafica, le più recenti determinazioni della soglia uditiva a frequenze inferiori a 100 Hz.

### 3. Caso studio e procedura di calcolo previsionale usata

Una fattoria eolica è composta da un certo numero di turbine (WTG) ciascuno dei quali è assimilabile ad una sorgente puntiforme di emissioni acustiche, posta all'altezza del mozzo della macchina (l'altezza è variabile da 10 metri o nella nostra ipotesi di circa 110 m). Il principale meccanismo di emissione acustica da parte di un aerogeneratore è il cosiddetto rumore aerodinamico causato dallo scorrimento dell'aria sul profilo delle pale. Tale rumore è di tipo a banda larga e varia con l'incidenza della corrente relativa sulle pale, con il loro profilo aerodinamico ed in ultima analisi con la velocità del vento. Il riduttore di velocità, posto tra il mozzo del rotore e il generatore elettrico, è anch'esso fonte di rumore meccanico ma è di tipo tonale, cioè limitato ad alcune specifiche frequenze. Negli attuali aerogeneratori le navicelle che contengono il generatore elettrico ed i rotismi sono molto ben schermati ed il rumore emesso è praticamente irrilevante rispetto al rumore aerodinamico. Il trasformatore elettrico (alloggiato all'interno della torre) produce un rumore tipico degli impianti elettrici, e può essere facilmente schermato e quindi trascurato. La tabella 2 mostra i valori di potenza sonora di emissione alle diverse velocità del vento per le turbine ipotizzate nel caso studio (non avendo dati per turbine di piccola taglia 10-60Kw si sono usati i dati delle turbine VESTAS V112 2.5 MW PLATFORM). Sulla base di quanto argomentato in precedenza non avendo a disposizione dati sperimentali sui livelli di potenza sonora emessi alle basse frequenze si procederà in via cautelativa considerando come livello di potenza sonora di emissione 110 [dB]. Il calcolo è stato eseguito considerando ed inserendo nella procedura i dati tridimensionali relativi a turbine e recettori. Il modello implementa al suo interno la procedura basata sulla norma ISO 9613-2, che rappresenta lo standard Internazionale. Oltre a questo standard, applicato all'intervallo di frequenze

10Hz-160Hz, è stata implementata sul GEAR la procedura prevista dalla normativa Danese onde consentire un confronto fra i risultati ottenibili con le due metodologie.

- Procedure Della Norma Danese
- Ipotesi di procedura secondo UNI EN ISO 9613

### 3.1 Calcoli

Le figure 2-3 mostrano i risultati ottenuti dalle due metodologie nel calcolo previsionale dei livelli di rumore all'interno degli edifici identificati come recettori



Figura 2 - ISO dB con il modello ISO 9613 nelle frequenze da 10 Hz a 160Hz.

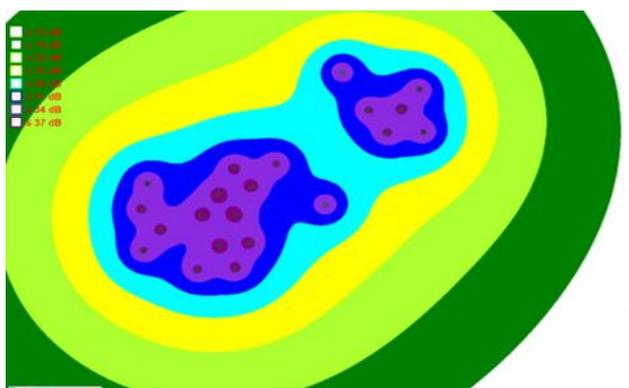


Figura 3 - ISO dB con il modello Danese nelle frequenze da 10 Hz a 160Hz.

Le due metodologie utilizzate, portano a risultati diversi che sono mostrati nelle figure da 2 a 3. Il modello che è stato implementato secondo lo standard ISO 9613, considerando che tale standard non sia stato sviluppato per questo intervallo di frequenza, conduce a livelli acustici inferiori rispetto al modello danese.

### 4. Conclusioni

Il presente lavoro è stato svolto nell'ambito della convenzione tra il DICAAR dell'università di Cagliari e l'unione dei comuni dell'alta Marmilla a seguito del finanziamento di un progetto su fondi PNRR che prevede l'installazione di turbine eoliche per la ricarica della mobilità elettrica all'interno dell'unione dei comuni. L'area considerata ha una dimensione approssimativa di 400 ettari, sulla quale è prevista l'installazione di 21 WTG. Il risultato della simulazione è riportato tramite grafici in curva A. Dalla simulazione si evince che nessuna turbina eolica genera livelli di pressione sonora superiori 115 dB, livello minimo necessario affinché gli infrasuoni siano percettibili dal corpo umano alle frequenze a cui emettono le WTG.

Le approssimazioni introdotte nel metodo di simulazione basato sulla UNI ISO 9613-2 sono particolarmente cautelative pertanto si desume che i livelli reali, dopo realizzazione del progetto, saranno sensibilmente inferiori ai valori sopra indicate e per i quali ci si auspica un futuro rilievo strumentale.

La procedura di calcolo descritta dalla norma Danese porta ad ottenere valori dei livelli di pressione equivalenti previsionali alle base frequenze, mediamente più bassi rispetto a quelli ottenibili con l'applicazione della procedura basata sulla ISO 9613 anche se non facilmente paragonabili. Tali valori, risultano infatti ottenuti considerando dei coefficienti di attenuazione dovuti all'isolamento acustico alle basse frequenze offerto dall'involucro edilizio dei recettori considerati, di cui a oggi, per la tipologia costruttiva italiana e per l'intervallo di frequenze considerato (10Hz-160Hz) non vi sono delle curve di riferimento standardizzate. Sulla base delle principali pubblicazioni scientifiche internazionali, riguardanti ricerche ingegneristiche e ricerche in campo medico, sulla propagazione delle onde di pressione sonora a bassa frequenza "Low frequency" e sugli effetti di queste sulla salute umana, dalle quali si evincono pareri e teorie contrastanti sull'argomento; Si conclude considerato in ogni caso che tutti gli studi concludono affermando che attualmente non esistono prove certe e documentate che il fenomeno fisico delle "Low Frequency Noise" prodotto dalle turbine eoliche crei danni alla salute umana;

### 5. Bibliografia

- [1] R. Lazzarin, M. Strada: Elementi di acustica tecnica (in Italian), CLEUP publisher, Italy 2001.
- [2] M Marini, R. Baccoli, C.C. Mastino, A. Di Bella, C. Bernardini, M. Masullo: Assessment of the Noise Generated by Wind Turbines at Low Frequencies, Journal of Energy Resources Technology - Transactions of the ASME, 139(5), 2017. DOI: 10.1115/1.4037088.
- [3] Low Frequency Noise and Wind Turbines, BWEA Briefing Sheet, The British Wind Energy.
- [4] A. N. Salt, T. E. Hullar: Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines, Hearing Research, 2010. doi:10.1016/j.heares.2010.06.007
- [5] E. Pedersen, P. Larsman: The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbines, Journal of Environmental Psychology 2008.
- [6] P Lindkvist and M Almgren: Low frequency indoor sound from wind turbines, in Proc. 4th Int. Meeting on Wind Turbine Noise, Rome April 11-14th, 2011.
- [7] K. D. Madsen and T.H. Pedersen: Noise from large wind turbines - an update on low frequency noise, in Proc. 4th Int. Meeting on Wind Turbine Noise, Rome April 11-14th, 2011.
- [8] W. Richarz, H. Richarz, T. Gambino: Correlating very low frequency sound pulses to audible wind turbine sound, in Proc. 4th Int. Meeting on Wind Turbine Noise, Rome April 11-14th, 2011.
- [9] Allegato n°9 Guida all'esposizione ad infrasuoni, linee guida per la valutazione del rischio rumore negli ambienti di lavoro (in Italian), ISPESL (Institute for prevention and workplace safety) 2005.
- [10] ISO 226, Acoustics - Normal equal-loudness-level contours, 2003.
- [11] ISO 9613-1, Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere, 1993.
- [12] ISO 9613-2, Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation, 1996.
- [13] ISO 10140 series, Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements.
- [14] ISO 12354-1, Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 1: Airborne sound insulation between rooms, 2017.
- [15] ISO 12354-3, Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound, 2017.
- [16] DIN 45680, Measurement and evaluation of low-frequency environmental noise, 1997.
- [17] ISO 16283-3, Acoustics - Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 3: Façade sound insulation, 2016.
- [18] T. Evans, J Cooper and V. Lenchine: Infrasound levels near windfarms and in other environments, Environment Protection Authority, Adelaide SA 5001, January 2013.
- [19] D. Siponen: The assessment of low frequency noise and amplitude modulation of wind turbines, in Proc. 4th Int. Meeting on Wind Turbine Noise, Rome, April 11-14th, 2011.