

 T E R N A G R O U P	<b>RELAZIONE RUMORE</b>	Codifica <b>REL 03</b>	
		Rev. 00 del 30.11.2015	

***Elettrodotto a 150 kV in semplice terna  
Corato - Bari Industriale 2***

**VALUTAZIONE RUMORE PRODOTTO DAL VENTO SUI  
CONDUTTORI DELL'ELETTRODOTTO NEL COMUNE DI CORATO**



***Storia delle revisioni***

Rev. 0	del 30/11/2015	Modifica a seguito procedimento ID_VIP:2811
--------	----------------	---

*Uso Pubblico*

Elaborato		Verificato		Approvato
INSE S.r.l.	F. DI MASO	S. SAVINO	M. D'ANGIO'	A. LIMONE

**ELETTRODOTTO AEREO A 150 KV  
VALUTAZIONE DEL RUMORE PRODOTTO DAL VENTO SUI  
CONDUTTORI  
COMUNE DI CORATO (BA)**

## Relazione valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Ref. 1: Kiyoshi Shimojima, *Aerodynamic Noise generated by Overhead Transmission Line; Its Prediction and Control*, The Journal of the INCE of Japan Vol. 18 (1994) No. 1 P 19-22

Ref. 2 : V. Kolousek, P. Pirner et alii ; "Wind Effects on Civil Engineering Structures", Elsevier, 1984

## Relazione valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori

### SOMMARIO

1.	METODOLOGIA .....	5
2.	VALUTAZIONE NUMERICA DELL'INTENSITÀ DEL RUMORE.....	7
2.1	INTENSITA' DEL RUMORE SULL'ABITAZIONE A.....	10
2.2	INTENSITA' DEL RUMORE SULL'ABITAZIONE B.....	12

### INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Schema per la valutazione dell'intensità acustica generata da N conduttori investiti dal vento nel punto P .....	6
Figura 2: Distribuzione sperimentale di numeri di Strouhal al variare del numero di Reynolds della corrente e della superficie della sezione dei conduttori .....	6
Figura 3: Planimetria Elettrodotto .....	8
Figura 4: Profilo longitudinale elettrodotto .....	8
Figura 5 Schema sostegno tubolare H utile =36 metri	8
Figura 6 Distanze dei conduttori dall'abitazione A	9
Figura 7 Distanze dei conduttori dall'abitazione B	9

### INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Grandezze notevoli dei Conduttori abitazione A .....	10
Tabella 2: Intensità Acustiche dei Conduttori abitazione A .....	11
Tabella 3: Grandezze notevoli dei Conduttori abitazione B .....	12
Tabella 4: Intensità Acustiche dei Conduttori abitazione B .....	13

## Relazione valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori

### 1. METODOLOGIA

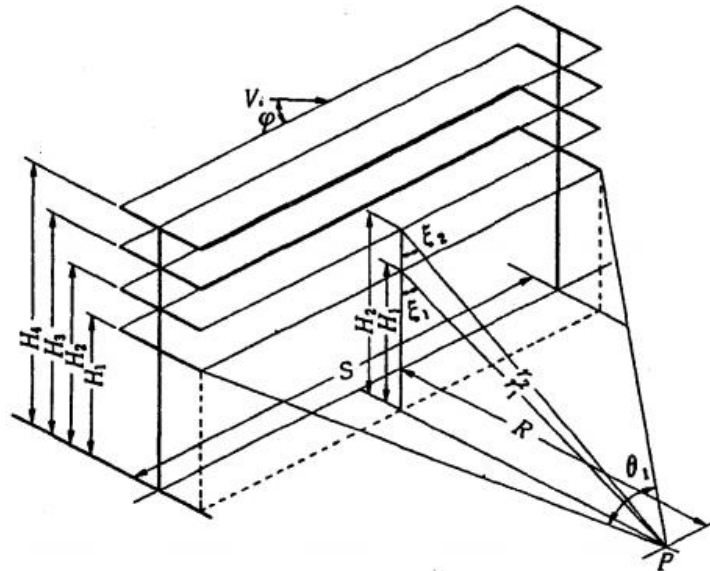
Per la valutazione numerica del rumore è stata seguita la procedura illustrata in Kiyoshi Shimojima, *Aerodynamic Noise generated by Overhead Transmission Line; Its Prediction and Control*, The Journal of the INCE of Japan Vol. 18 (1994) No. 1 P 19-22, per cui il livello di intensità acustica (o livello sonoro) misurata in dB e generata da  $N$  conduttori investiti dal vento a velocità di riferimento  $V_0$  è espresso come:

$$L = 10 \log \left\{ \sum_{i=1}^N \frac{K_0 \rho d_i S_t V_i^6}{a_0^3 I_0} (\sin^6 \varphi) \left( \frac{\sin \theta_i}{2} \right) \left( \frac{\cos^2 \xi_i}{r_i} \right) \right\} d$$

dove:

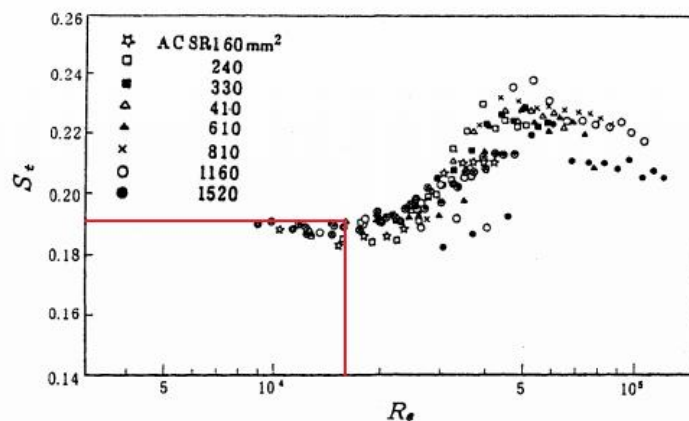
- $K_0 = \frac{\pi}{4}$  è un coefficiente legato al livello sonoro generato da un dipolo acustico isolato;
- $\rho = 1.225 \frac{kg}{m^3}$  è la densità dell'aria al livello medio del mare a 15°C per il modello di Atmosfera Standard;
- $a_0 = 340 \frac{m}{s}$  è la velocità del suono nelle stesse condizioni di temperatura e pressione;
- $d_i$  è il diametro della sezione del conduttore i-mo;
- $S_t$  è il numero di Strouhal del flusso d'aria;
- $V_i$  è la velocità del vento che investe il conduttore i-mo;
- $\varphi$  è l'angolo tra la direzione del vento e la direzione dei conduttori;
- $\theta_i$  è l'angolo di vista del conduttore i-mo (cfr. Figura 1);
- $\xi_i$  è l'angolo tra la verticale passante per il conduttore i-mo ed il raggio vettore  $r_i$  (cfr. Figura 1);
- $r_i$  è il raggio vettore che misura la distanza tra il punto P ed il conduttore i-mo (cfr. Figura 1);
- $I_0 = 1 \cdot \frac{10^{-11} W}{m^2}$  è l'intensità acustica della soglia dell'udibile.

## Relazione valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori



**Figura 1: Schema per la valutazione dell'intensità acustica generata da N conduttori investiti dal vento nel punto P**

La determinazione del numero di Strouhal è stata effettuata sulla base della distribuzione di dati sperimentali raccolti nel [Ref. 1] e di seguito riportati in Figura 2.



**Figura 2: Distribuzione sperimentale di numeri di Strouhal al variare del numero di Reynolds della corrente e della superficie della sezione dei conduttori**

Avendo calcolato il numero di Reynolds del flusso d'aria insistente sui conduttori in alluminio e acciaio con diametro di 31.5 mm come

$$Re = \frac{V_0 D_{Al-Ac}}{\nu} = \frac{\frac{8.5m}{s} \cdot 0.0315m}{1.45 \cdot \frac{10^{-5}m^2}{s}} = 1.85 \cdot 10^4 \quad (2)$$

dove:  $\nu$  è la viscosità cinematica dell'aria che a 15°C è pari a  $1.45 \cdot \frac{10^{-5}m^2}{s}$

## Relazione valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori

si è deciso di assumere per la seguente trattazione  $S_t = 0.19$  .

Il Numero di Reynolds calcolato corrisponde ad un regime denominato “subcritico” ( $< 3.5 \cdot 10^5$  ) [2], in cui nella scia si evidenziano i classici vortici di Von Karman che si staccano con regolarità dal conduttore ad una certa frequenza data da  $f = S_t \cdot V \cdot d$

Inoltre per quanto riguarda le velocità  $V_i$  che investono ciascun conduttore esse sono calcolate in accordo con [Ref. 1] come

$$V_i = \left( \frac{H_i}{H_0} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot V_0 \quad (3)$$

dove:

- $H_i$  è l'altezza dal suolo del conduttore i-mo;
- $H_0 = 25m$  è una altezza di riferimento dal suolo;
- $V_0 = \frac{10m}{s}$  è la velocità di riferimento del vento alla quota  $H_0$  ;
- $\frac{1}{n} = \frac{1}{4}$  è l'esponente che regola l'andamento della legge esponenziale (3).

## 2. VALUTAZIONE NUMERICA DELL'INTENSITÀ DEL RUMORE

Per la valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori sono state prese in considerazione due costruzioni adibite ad abitazione che si trovano ubicate nel Comune di Corato ad una piccola distanza dal tratto di elettrodotto compreso tra i sostegni P3 e P5 (per problemi tecnici non esiste il sostegno P4) della linea in progetto “Corato-Bari Ind.le 2” a 150 kV.

Con riferimento alla esposizione di persone al rumore provocato dal vento sui conduttori questa condizione, come si può rilevare dalle planimetrie catastali allegare al progetto, lungo l'intero tracciato è quella più significativa al fine della valutazione dell'intensità del rumore.

Il Comune di Corato non ha il piano di zonizzazione acustica. L'area in esame è classificata nel PRG come zona agricola.

In Figura 3 è riportata la planimetria dell'elettrodotto nel tratto compreso tra i sostegni P3 e P5 La nostra valutazione sarà relativa al livello di intensità acustica generato dal vento proveniente dal quadrante Est a 10 m/s nel punto delle abitazioni A e B (poligono verde) vicino all'elettrodotto stesso e quindi dove la sollecitazione acustica sarà più intensa. La velocità del vento è stata assunta pari al doppio della velocità riportata dall'Atlante Eolico pubblicato

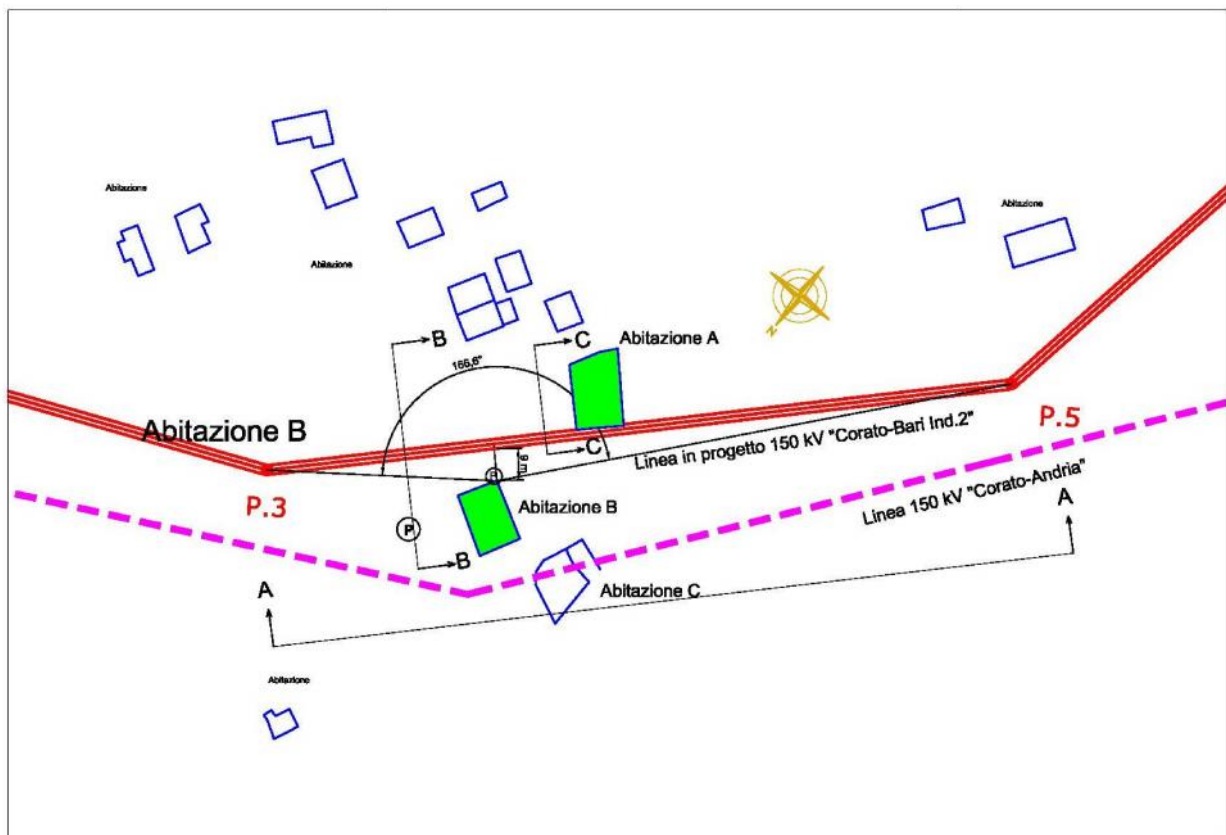
### Relazione valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori

dall'ENEA; infatti, nell'area in esame è indicato un valore medio di  $4 \div 5$  m/s ad un'altezza dal suolo di 25 metri.

La parete dell'abitazione A più vicina all'elettrodotto in progetto è a circa 1,5 metri; mentre quella dell'abitazione B è a circa 10,5 metri dall'asse dell'elettrodotto. Pertanto, i punti "P<sub>A</sub>" e "P<sub>B</sub>" presi in esame per il calcolo dell'intensità acustica sono stati considerati a 2 metri dal suolo per l'abitazione A ed a 5 metri dal suolo per l'abitazione B.

L'altezza dal suolo di dette costruzioni sono di 4,5 metri (Abitazione A) e 6,8 metri (Abitazione B) distanti dal sostegno P3 rispettivamente 108 e 72,5 metri.

La distanza tra i due sostegni è di 235 metri.



**Figura 3: Planimetria Elettrodotto**

Come si può vedere in Figura ed in Figura l'elettrodotto è costituito da 3 conduttori Alluminio-Acciaio disposti a triangolo con diametri di sezione  $D_1 = D_2 = D_3 = 31.5mm$  e da una fune di guardia che collega le sommità dei tralicci con diametro di sezione  $D_4 = 17.9mm$ .

In Figura 6 ed in Figura 7 sono riportate le distanze rispettivamente delle abitazioni A e B dai conduttori, ricavate dal profilo delle catenarie tra i sostegni P3 e P5 avendo stabilito, come da progetto, il tiro  $T_0=3300$  Kg e parametro  $p=1463$  metri.



## Relazione valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori

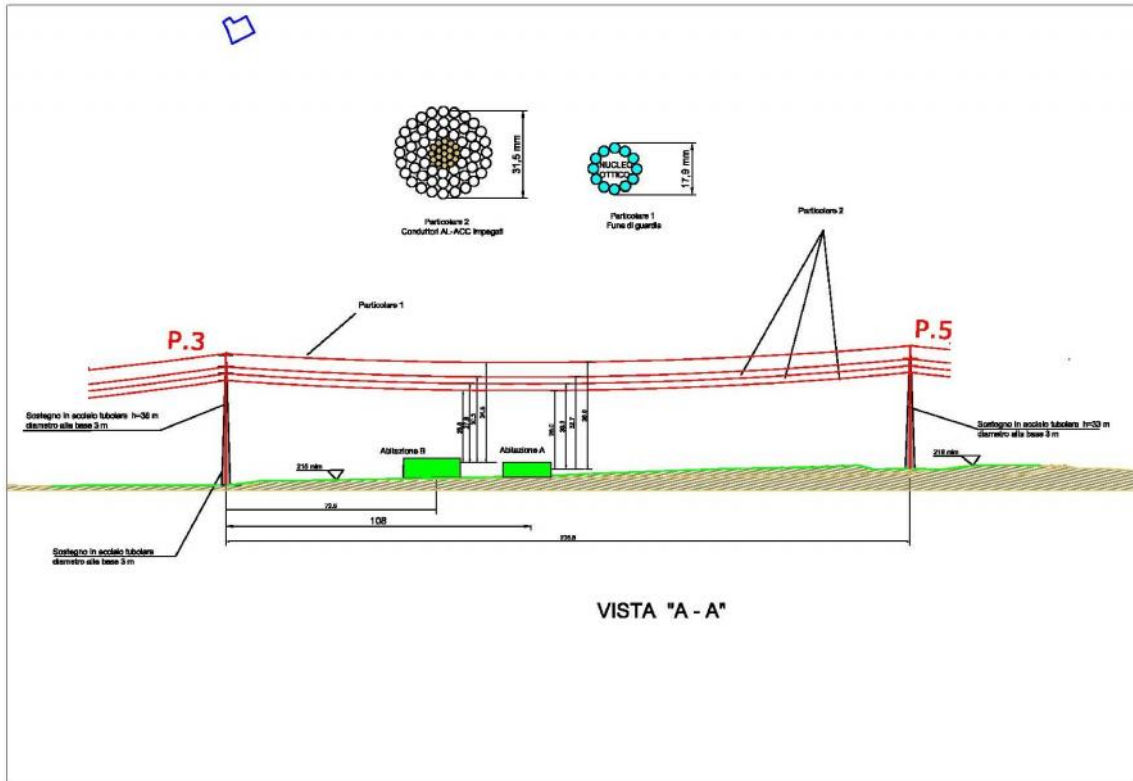


Figura 4: Profilo longitudinale elettrodotto

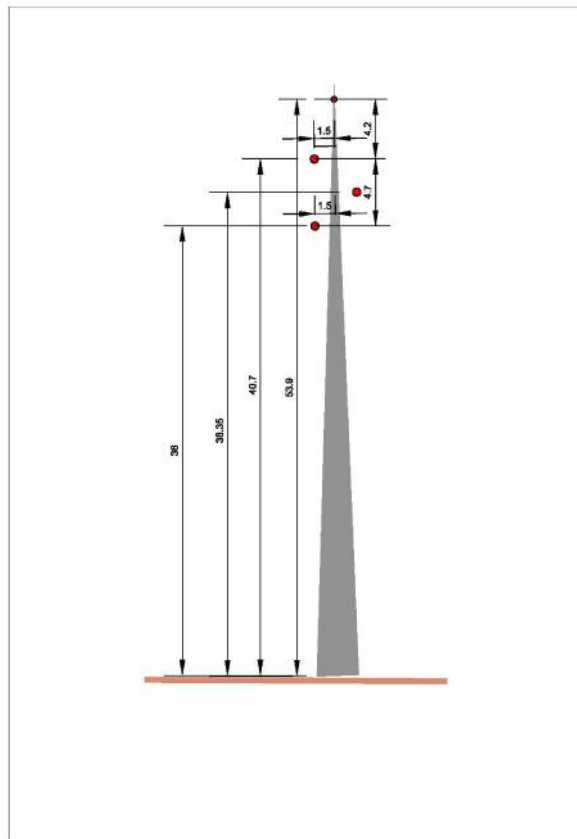
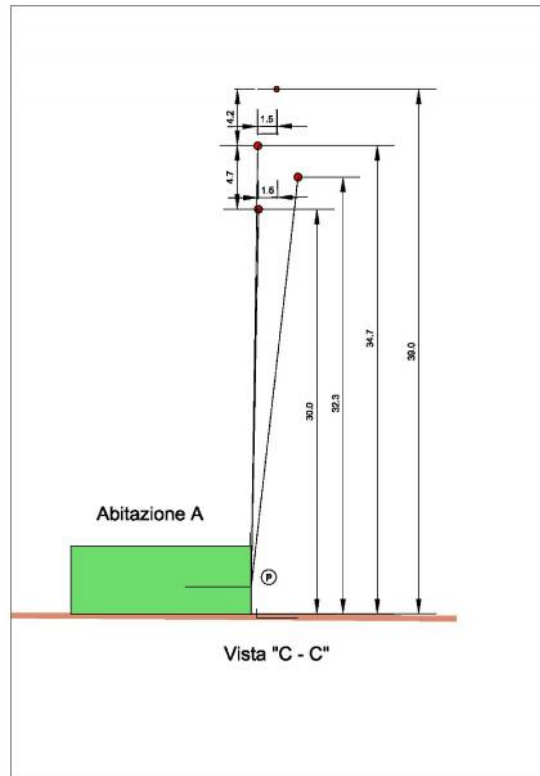
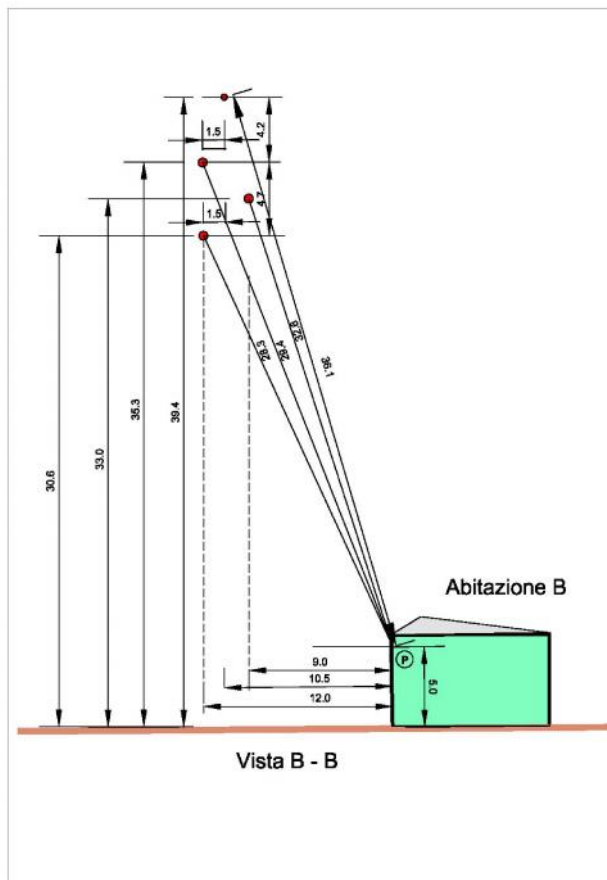


Figura 5: Schema sostegno tubolare H utile=36 metri

**Relazione valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori**



**Figura 6: - Distanze dei conduttori dall'abitazione A**



**Figura 7: Distanze dei conduttori dall'abitazione B**

## Relazione valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori

### 2.1 INTENSITA' DEL RUMORE SULL'ABITAZIONE A

Per il conduttore 1 (quello a quota più bassa) utilizzando le misure espresse in Figura otteniamo

$$H_1 = 30.0m - 2m = 28.0m \quad (4)$$

Applicando la (3) calcoliamo la velocità del vento sul conduttore 1 come

$$V_1 = \left(\frac{H_1}{H_0}\right)^{0.25} \cdot V_0 = \left(\frac{28.0m}{25m}\right)^{0.25} \cdot \frac{10.0m}{s} = 10.32 \frac{m}{s} \quad (5)$$

L'angolo di vista  $\theta_1$  per semplicità è stato assunto uguale per tutti e 4 i conduttori e misurato dalla planimetria in Figura 3 come  $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = 180^\circ$ .

L'angolo  $\xi_1$  è stato calcolato come

$$\xi_1 = \text{atan}\left(\frac{R_1}{H_1}\right) = \text{atan}\left(\frac{0m}{28m}\right) = 0^\circ \quad (6)$$

dove  $R_1$  è la componente nel piano orizzontale del raggio vettore  $r_1$  che in questo caso è pari a

$$r_1 = \frac{H_1}{\cos \xi_1} = \frac{28.0m}{\cos(0^\circ)} = 28.0m \quad (7)$$

Ripetendo tale procedura per ogni conduttore otteniamo i risultati schematicamente riassunti in Tabella 1

	Diametro Sezione	Quota	Velocità Vento	Angolo Raggio Vettore - Conduttore	Raggio Vettore
Conduttore 1	$d_1 = 31.5mm$	$H_1 = 28.0m$	$V_1 = \frac{10.32m}{s}$	$\xi_1 = 0^\circ$	$r_1 = 28m$
Conduttore 2	$d_2 = 31.5mm$	$H_2 = 30.35m$	$V_2 = \frac{10.55m}{s}$	$\xi_2 = 5.64^\circ$	$r_2 = 30.49m$
Conduttore 3	$d_3 = 31.5mm$	$H_3 = 32.70m$	$V_3 = \frac{10.78m}{s}$	$\xi_3 = 0^\circ$	$r_3 = 32.70m$
Conduttore 4	$d_4 = 17.9mm$	$H_4 = 35.0m$	$V_4 = \frac{11.15m}{s}$	$\xi_4 = 2.33^\circ$	$r_4 = 36.93m$

**Tabella 1: Grandezze notevoli dei Conduttori Abitazione A**

## Relazione valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori

Pertanto è ora possibile calcolare i singoli rapporti tra le intensità acustiche per ogni conduttore

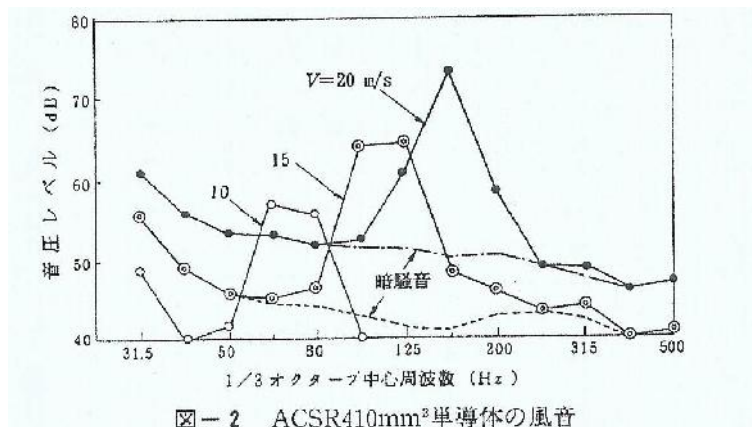
	Rapporto tra Intensità Acustica sul conduttore e Intensità Acustica dell'Udibile
Conduttore 1	$\frac{I_1}{I_0} = 6.29 \cdot 10^5$
Conduttore 2	$\frac{I_2}{I_0} = 6.54 \cdot 10^5$
Conduttore 3	$\frac{I_3}{I_0} = 6.29 \cdot 10^5$
Conduttore 4	$\frac{I_4}{I_0} = 4.30 \cdot 10^5$

**Tabella 2: Intensità Acustiche dei Conduttori Abitazione A**

che infine applicando la sommatoria (1) ci portano alla determinazione del livello di intensità acustica cercato pari a:

$$L = 63.8 \text{ dB} \quad (8)$$

Tale valore è il livello di pressione acustica lineare che va riportato ai valori di normativa in dBA applicando il Filtro Pesato A. Dal diagramma seguente (Rif. [1],) che riporta l'andamento di L in funzione della frequenza a diverse velocità del vento si può valutare, dalla curva a 10 m/s, che la frequenza è di circa 60 Hz alla quale corrisponde una attenuazione di circa 28 dB, ottenendo quindi un valore in **dBA pari a 35,8**.



**Relazione valutazione del rumore prodotto dal vento sui conduttori**

**2.2 INTENSITA' DEL RUMORE SULL'ABITAZIONE B**

Con lo stesso procedimento si può calcolare il livello di pressione acustica sull'abitazione "B", ottenendo i risultati schematicamente riassunti in Tabella 1 e Tabella 4.

	Diametro Sezione	Quota	Velocità Vento	Angolo Raggio Vettore - Conduttore	Raggio Vettore
Conduttore 1	$d_1 = 31.5mm$	$H_1 = 25.62$	$V_1 = \frac{10.07m}{s}$	$\xi_1 = 25.11^\circ$	$r_1 = 28.91m$
Conduttore 2	$d_2 = 31.5mm$	$H_2 = 27.97m$	$V_2 = \frac{10.32m}{s}$	$\xi_2 = 17.84^\circ$	$r_2 = 29.38m$
Conduttore 3	$d_3 = 31.5mm$	$H_3 = 30.32m$	$V_3 = \frac{10.55m}{s}$	$\xi_3 = 21.60^\circ$	$r_3 = 32.60m$
Conduttore 4	$d_4 = 17.9mm$	$H_4 = 34.52m$	$V_4 = \frac{10.94m}{s}$	$\xi_4 = 16.92^\circ$	$r_4 = 36.08m$

**Tabella 3: Grandezze notevoli dei Conduttori Abitazione B**

	Rapporto tra Intensità Acustica sul conduttore e Intensità Acustica dell'Udibile
Conduttore 1	$\frac{I_1}{I_0} = 4.36 \cdot 10^5$
Conduttore 2	$\frac{I_2}{I_0} = 5.38 \cdot 10^5$
Conduttore 3	$\frac{I_3}{I_0} = 5.30 \cdot 10^5$
Conduttore 4	$\frac{I_4}{I_0} = 3.58 \cdot 10^5$

**Tabella 4: Intensità Acustiche dei Conduttori Abitazione B**

che ci portano alla determinazione del livello di intensità acustica cercato pari a

$$L = 62.7 \text{ dB} \tag{8}$$

Dal diagramma (Rif. [1],) che riporta l'andamento di L in funzione della frequenza a diverse velocità si può valutare, dalla curva a 10 m/s, che la frequenza è di circa 60 Hz alla quale corrisponde una attenuazione di circa 28 dB, ottenendo quindi un valore in **dba pari a 34,7**.