

Mapa del profilo di rumore
Stabilimento ISE di Toranto

L'incarico ricevuto dal sottoscritto ing. **Ciro Gentile**, tecnico competente in acustica ambientale, giusta Determina Dirigenziale n. 19 del 15.02.2001 della Regione Puglia, consiste nell'effettuare la mappatura del profilo di rumore prodotto dal solo Stabilimento ISE di Taranto nell'ipotesi che, nell'area circostante, non vi fossero insediamenti industriali, individuando, sulla planimetria, le curve isolivello relative a 70 e 60 dB. Ciò per poter valutare l'influenza degli impianti ILVA nel determinare il livello di rumore ambientale.

Infatti non è possibile effettuare misurazioni dirette per i motivi illustrati nella relazione "Rilievi di Rumorosità" del 20.08.04 e che brevemente richiamiamo. La Centrale termoelettrica confina lungo tutto il suo perimetro con lo Stabilimento ILVA ad eccezione del breve tratto relativo alla portineria, tratto che confina con la via per Statte.

Gli impianti ILVA (Tubificio, Altoforno 5, Agglomerato ecc) distano pochi metri dal confine e, pertanto, con la loro rumorosità, influenzano, in maniera significativa, i livelli di rumore misurati al confine tra i due complessi industriali. D'altra parte entrambi gli stabilimento marciano a ciclo continuo e, comunque, le eventuali fermate di manutenzione, interessano solo singoli impianti e mai l'intero stabilimento.

Non potendo ricorrere a metodi drastici come l'interruzione totale di un complesso produttivo e dovendo limitare i rilievi diretti all'interno del perimetro aziendale, si è valutato il Rumore Ambientale prodotto dal solo stabilimento ISE, sulla base di algoritmi di calcolo supportati da alcune misure ritenute valide. Tali calcoli comportano il ricorso a schematizzazioni. Infatti, come è noto, le leggi della propagazione acustica in ambiente aperto, a causa della complessità dei fenomeni fisici ad essa connessa, seguono leggi molto complesse. Tuttavia, nella normale prassi ingegneristica, è ammissibile far ricorso a formulazioni semplificate tali tuttavia da fornire risultati vicino alla realtà.

La stima del rumore è, in genere, la valutazione dell'impatto causato da una specifica sorgente di rumore; per esempio, il rumore proveniente da un insediamento industriale. Questa non è un'operazione semplice. In pratica in ogni ambiente, un considerevole numero di sorgenti contribuiscono all'inquinamento acustico in un punto particolare.

Secondo le definizioni della Norma ISO 1996 .:

Il **rumore ambientale** è il rumore proveniente da tutte le sorgenti combinate insieme :rumore industriale, rumore da traffico, canto di uccelli, acqua corrente ecc.

Il **rumore specifico** è il rumore proveniente dalla sorgente sotto esame. Il rumore specifico è un componente del rumore ambientale e può essere identificato ed associato con una sorgente specifica.

Il **rumore residuo** è il rumore ambientale senza il rumore specifico. Il rumore residuo è il rumore restante in quel punto dove il rumore specifico è stato soppresso.

E' ben noto che il rumore residuo può essere trascurato quando la differenza tra il rumore specifico e quello residuo supera 10 dB. Nel caso inverso la sorgente specifica può essere considerata ininfluenza.

Nel caso specifico, il rumore ambientale, misurabile all'esterno del confine dello stabilimento ISE, è prodotto dagli impianti della centrale, per la componente "rumore specifico" e dagli impianti ILVA, per la parte "rumore residuo". Infatti, tali impianti, costituiscono le uniche sorgenti di disturbo presenti nell'area circostante la centrale termoelettrica, in una fascia di parecchie centinaia di metri. Per conoscere l'impatto acustico prodotto dai soli impianti ISE dovremmo poter sottrarre dal "rumore ambientale" misurato, il rumore residuo. Tale valore, come detto, non è noto né misurabile. Ne consegue che, nell'ipotesi allo studio, il rumore residuo deve essere considerato trascurabile.

Si tratta, pertanto, di individuare e schematizzare una o più sorgenti "specifiche" di rumore, e di calcolare l'esposizione di ipotetici ricettori posti ad una certa distanza dalle sorgenti stesse, tenendo conto di tutti quei parametri che determinano e possono influenzare la propagazione dell'onda sonora lungo il suo percorso dalla sorgente verso il ricevitore.



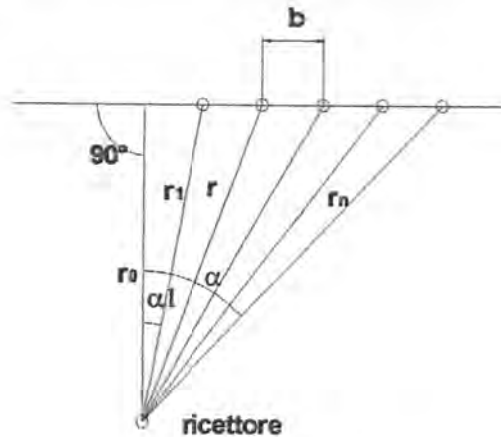
Le sorgenti sonore presenti nell'ambiente esterno sono di vario tipo; possono essere schematizzate (o, meglio, modellizzate) essenzialmente in due tipologie di forme:

- **Sorgenti puntiformi** : se le dimensioni di una sorgente sono piccole, in confronto alla distanza dell'ascoltatore, la stessa può essere definita puntiforme. In una sorgente ideale l'energia si propaga in modo sferico, cosicché il livello di pressione è lo stesso per tutti i punti posti alla stessa distanza dalla sorgente e diminuisce di 6 dB ad ogni raddoppio della distanza. Se il ricettore si avvicina sempre più alla sorgente, si troverà in condizioni di prossimità tali per cui l'emissione sonora non sarà più concentrata in un punto, ma sarà invece distribuita su superfici di varie forme; in tali condizioni (campo vicino) non sarà più possibile considerare la sorgente puntiforme.
- **Sorgenti lineari** : se la distribuzione dell'energia sonora presenta una dimensione decisamente predominante rispetto alle altre rispetto alla posizione del ricevente la sorgente può essere definita lineare. Essa può essere una unica sorgente quale, ad esempio, una tubazione che trasporta un fluido turbolento, ma anche essere costituita da tante sorgenti puntiformi adiacenti che funzionano simultaneamente. In una sorgente ideale il livello sonoro si propaga

in modo cilindrico ed il livello di pressione sonora è lo stesso in punti posti alla stessa distanza dalla linea e diminuisce di 3 dB al raddoppio della distanza.

Poiché il concetto di tipo di sorgente dipende oltre che dalla forma intrinseca della sorgente stessa, anche dalla reciproca posizione di sorgente e ricevitore, per caratterizzare una sorgente, si deve far riferimento ai seguenti parametri :

- tipo di emissione (puntiforme, lineare)
 - intensità di emissione (espressa in termini di potenza sonora)
 - direttività di emissione (espressa in termini di fattore di direttività)
- **Tipo di emissione :** il criterio per identificare " quando " una sorgente possa essere considerata puntiforme piuttosto che lineare è basato sul concetto di geometria della sorgente e di distanza fra sorgente e ricevitore. Secondo la teoria di Rathe è possibile considerare una serie di punti distribuiti su di una linea, sorgente lineare qualora la distanza (perpendicolare) del ricevitore dalla linea stessa si superiore a $1/3$ della distanza tra due punti-sorgente sulla linea, ossia, con riferimento alla figura, quando :



$$r_0 / (b \cos \alpha_1) \geq (1 / \pi)$$

Volendo riassumere, quando la distanza di un ricevitore da una sorgente lineare risulta inferiore a circa $1/3$ ($1 / \pi$) volte la distanza fra ciascuna sorgente distribuite sulla stessa linea, la sorgente dovrà essere considerata puntiforme. Viceversa, dovrà essere considerata lineare. Ciò è fisicamente evidente: quando si è in prossimità di una sorgente concentrata (puntiforme) distante da altre sorgenti, non se ne sente l'influenza. Invece, quando la distanza supera il valore critico $b/3$, cominciano a farne sentire l'influenza.

Nello stabilimento le "sorgenti" di rumore sono legate ai numerosi impianti presenti, più o meno complessi e distribuiti sull'intera area aziendale.

Schematicamente possono individuare tre macro aree :

Impianto CET2

L'impianto è costituito da tre unità monoblocco simili tra loro, che producono energia elettrica e vapore utilizzando, come combustibili, i gas (Coke, AFO,

LDG) prodotti dai processi siderurgici dello stabilimento ILVA e integrando le necessità caloriche con olio combustibile e metano.

Ogni gruppo termico è costituito dalle seguenti unità:

- Caldaia da 480 t/h, 140 atc, 540 °C;
- Turbina a vapore da 160 MW;
- Condensatore ad acqua di mare;
- Degasatore;
- Alternatore da 187,5 MVA a 15kV;
- Trasformatore elevatore 15/66kV;
- Ausiliari;

Impianto CET3

L'impianto è costituito da 3 moduli di produzione, fra loro identici, e dai relativi servizi comuni.

L'impianto è concepito per utilizzare i gas siderurgici, prodotti dallo stabilimento siderurgico ILVA, (AFO, Coke, LDG), e integrando con metano sino al raggiungimento del valore di potere calorifico necessario alla marcia della turbina a gas.

La potenza elettrica netta complessiva dell'impianto è di circa 520 MWc con una contemporanea produzione di vapore di processo per lo stabilimento pari a 140 t/h alla pressione di 20 bar.

Ciascun modulo è costituito da:

- un elettrofiltro finale gas siderurgico;
- sistema compressione gas siderurgici;
- turbina a gas a basso potere calorifico e annesso generatore;
- caldaia a recupero con postcombustione;
- turbina a vapore, annesso generatore e ciclo termico;
- sistema di automazione.

Impianti ausiliari

- Compressori, pompe, ventole ecc.
- servizi comuni;
- sistema filtrazione e miscelazione gas siderurgici (parte comune ai tre moduli).

La distribuzione geometrica di tali impianti è tale che la distanza reciproca varia dai 10 a 20 m. e, pertanto a distanza di 5-10 m le relative sorgenti si possono considerare lineari. La validità di far riferimento al modello "puntiforme" nei primi metri e, successivamente, a quello lineare ha trovato conforto nei rilievi effettuati. Infatti si è riscontrato, dove è stato possibile fare delle misure, una diversa variazione di livello rumore dopo detta distanze dalle sorgenti. Inoltre, in tale fascia, per tratti significativi, il valore misurato in punti equidistanti dall'asse della sorgente erano praticamente costanti. Ciò a conferma che la sorgente poteva essere considerata lineare di intensità costante. ...

- **Intensità di emissione:** dipende dalla potenza sonora della sorgente (o equivalentemente livello di potenza sonora $L_w = 10 \log WW_0$) e rappresenta una caratteristica intrinseca della sorgente di rumore e non è legata in alcun

modo all'ambiente in cui l'energia sonora si propaga. Tuttavia è un dato difficilmente disponibile e, nella pratica, si fa riferimento al livello di pressione sonora L_P che ne misura l'effetto. Il livello di pressione, a differenza della potenza, dipende dall'ambiente e dalla distanza. Potenza e pressione sono legati dalla relazione: $L_W = L_P + 10 \log (S/S_0)$. S rappresenta la superficie di inviluppo della sorgente e vale $4 \pi r^2$ e $2 \pi r^2$ rispettivamente per sorgenti puntiformi o lineari ideali. La relazione diventa

$$L_W = L_P + 20 \log (r) + 11 \text{ dB} \quad (\text{sorgenti puntiformi})$$

$$L_W = L_P + 10 \log (r) + 8 \text{ dB} \quad (\text{sorgenti lineari})$$

ed nella situazione più reale di campo emisferico:

$$L_W = L_P + 20 \log (r) + 8 \text{ dB} \quad (\text{sorgenti puntiformi})$$

$$L_W = L_P + 10 \log (r) + 5 \text{ dB} \quad (\text{sorgenti lineari})$$

Tali relazioni permettono inoltre di conoscere, quando la potenza sonora non è nota, il livello di pressione sonora in un punto a distanza r_2 quando si conosce il livello a distanza r_1 mediante le espressioni:

$$L_{P1} - L_{P2} = 20 \log r_2 - 20 \log r_1$$

$$L_{P1} - L_{P2} = 10 \log r_2 - 10 \log r_1$$

L'intensità di emissione è stata stabilita sulla base di numerosi rilievi fonometrici effettuati a varie distanze dalle sorgenti, in punti non influenzati dalla presenza degli impianti ILVA. Dove ciò non era possibile (CET 3) è stata assegnata alla sorgente un valore desunto dal corrispondente valore di un impianto simile.

- **direttività di emissione**: la direttività (D) è una caratteristica legata all'emissione sonora che si traduce in diversificazione dell'intensità sonora di emissione in funzione della direzione di propagazione. Tipiche sorgente direttive sono, ad esempio, gli altoparlanti. La direttività è quasi sempre funzione oltre che della direzione (ossia dell'angolo solido di emissione) anche e, soprattutto, della frequenza. Una sorgente può essere isotropica (ossia omnidirezionale) sino ad una certa frequenza, per poi assumere caratteristiche di direttività da una certa frequenza in poi. Tipicamente la direttività si presenta a partire da 500-1000 Hz in poi. Per la complessità delle operazioni la direttività viene tratta, nei casi pratici, facendo riferimento alla seguente tabella:

| Collocazione della sorgente | Direttività D (dB) |
|--|----------------------|
| In campo libero, lontano da superfici riflettenti | 0 |
| In prossimità ad una superficie riflettente | 0 |
| In prossimità ad una due superficie riflettente perpendicolari | 3 |
| In prossimità ad una tre superficie riflettente perpendicolari | 6 |

Nel nostro caso, considerato che lo spettro delle frequenze è spostato verso le basse frequenze, ed in situazione di campo libero, lontano da superfici riflettenti, si è adottato il valore $D=0$ dB.

- **Percorso - Propagazione acustica:** l'equazione fondamentale della propagazione sonora, nella forma semplificata comunemente adottata, è la seguente:

$$L_p = L_w + D_c - A$$

Dove:

L_w = Livello di potenza sonora espresso in dB. Il calcolo di L_p , come precedentemente illustrato si è basato sulle relazioni riepilogate in tabella:

| Propagazione | Campo sonoro | Equazione di propagazione |
|--------------|---------------|-----------------------------------|
| Sferica | Libero | $L_p = L_w - 20 \log r - 11$ (dB) |
| Sferica | Semi - Libero | $L_p = L_w - 20 \log r - 8$ (dB) |
| Cilindrica | Libero | $L_p = L_w - 10 \log r - 8$ (dB) |
| Cilindrica | Semi - Libero | $L_p = L_w - 10 \log r - 5$ (dB) |

Nel nostro caso si è fatto riferimento al campo semi - libero

D_c = Correzione per la direttività della sorgente. Per le motivazioni espresse in precedenza è stato assunto $D_c = 0$

A = Termine che rappresenta l'attenuazione del suono durante il percorso di propagazione, dato da tutti i fattori che vi possono contribuire tra questi:

- Assorbimento acustico atmosferico
- Vento
- Temperatura e gradiente termico
- Umidità
- Precipitazioni
- Assorbimento del suolo
- Ostacoli come barriere o fabbricati
- Riflessioni

Questi fattori incidono significativamente sulla propagazione del rumore, tuttavia sono legati a situazioni puntuali e contingenti, come si evince dalle seguenti considerazioni

L'assorbimento atmosferico è dovuto essenzialmente a due fenomeni distinti:

- perdite dovute ad attriti viscosi e conduzione del calore nell'aria; questo meccanismo è significativo solo a temperature molto basse ed è proporzionale al quadrato della frequenza dell'onda sonora. L'attenuazione è quindi poco rilevante per le basse frequenze.
- Movimenti di tipo rotazionale e vibrazionale delle molecole d'aria: dipende essenzialmente dall'umidità relativa e dalla temperatura..

L'attenuazione è fortemente influenzata dalle disomogeneità meteorologiche quali vento, turbolenze, gradienti di temperatura e umidità in particolare per distanze superiori ad alcune centinaia di metri. Fenomeni come nebbia e neve (per altro rari per il nostro clima) favoriscono l'attenuazione; con la pioggia il suono si propaga meglio. Da un punto di vista fisico i gradienti di vento e temperatura provocano la "curvatura" dei raggi sonori, che si traduce in un effetto di rifrazione a causa della variazione della densità del mezzo di propagazione. In condizioni favorevoli, ossia di " sottovento " i raggi vengono

piegati verso il basso, provocando un incremento del livello sonoro verso il ricevitore, anche consistente (fino a 7 dB). La presenza di gradienti di temperatura provoca un effetto di incurvamento simile al vento, ma molto più contenuto. Di giorno, essendo la temperatura al suolo maggiore di quella in quota, i raggi si incurvano verso l'alto e, quindi si ha una attenuazione; il fenomeno inverso avviene di notte : la curvatura è verso il basso.

L'attenuazione dovuta al suolo è dovuta essenzialmente al tipo di terreno, ma dipende anche dall'altezza di sorgente e ricevitore e dalla frequenza di emissione della sorgente. Un ricevitore posto vicino al suolo è fortemente influenzato dalla presenza del terreno, mentre un ricevitore posto in alto rispetto al piano di campagna riceverà il suono dalla sorgente secondo un meccanismo propagativo molto più vicino a quello teorico (senza attenuazione). Nei calcoli ingegneristici si fa riferimento solo a due tipi : terreno " duro " e "soffice " Alla prima categoria appartengono: asfalto, terra battuta, cemento, superfici acquatiche e, più in generale, superfici riflettenti sulle quali il suono si propaga conservando la propria fase. I terreni soffici sono quelli ricoperti di erba o vegetazione fitta o terreno agricolo. Un terreno duro favorisce la propagazione del suono e può causare significativi incrementi (dell'ordine di 1-3 dB), mentre un terreno soffice ha un effetto contrario. Verifiche sperimentali hanno evidenziato che fino a distanze di circa 70 m (come nel nostro caso), l'effetto del terreno può essere trascurato. A distanze di circa 250 m si sono rilevate attenuazioni anche di 5-10 dB.

L'effetto della presenza di fabbricati e, in generale, di ostacoli naturali o artificiali, che costituiscono una barriera alla propagazione del rumore è stato molto studiato nell'acustica ambientale e possono significativamente attenuare la propagazione stessa. Nel caso in esame, le uniche strutture presenti nella fascia intorno al confine ISE sono quelle industriali ILVA che, in ipotesi, non sono state considerate presenti.

Per quanto esposto nel presente studio, considerando la notevole indeterminatezza e variabilità di tali parametri, è stato assunto, a favore della sicurezza, $A = 0$

- **Ricettori** Non potendo individuare la posizione di potenziali ricettori sensibili nel raggio di molte centinaia di metri, essendo la centrale completamente circondata dall'area industriale ILVA, si è adottato il criterio di calcolare la distanza alla quale un ipotetico ricevitore percepirebbe il livello di rumore di 70dB e a quale quello di 60 dB.

I risultati di questo studio sono riportati nella TAV F2 allegata alla presente relazione.

Taranto 20,08.2004

All. Tav F2

