



Genova li, 9 gennaio 2004

N rif.



Snamprogetti

**Determinazione della potenza sonora delle
sorgenti di rumore della Centrale
Termoelettrica a Ciclo Combinato
(ENIPOWER) di Ferrera Erbognone (PV)**

INDICE

1 INTRODUZIONE.....	3
2 LE SORGENTI.....	4
2.1 CAMINO (POSIZIONE 9):.....	4
2.2 CALDAIA (POSIZIONE 8):.....	4
2.3 TURBINA A GAS (POSIZIONE 7):.....	5
2.4 POMPE ALIMENTO ACQUA CALDAIA (POSIZIONI 11 E 12):.....	5
2.5 TURBINA A VAPORE (POSIZIONE 6):.....	5
2.6 CONDENSATORE E POMPE DEL CONDENSATO (POSIZIONE 19 E 20):.....	6
2.7 TRASFORMATORE ELEVATORE (POSIZIONE 4):.....	6
2.8 TORRE DI RAFFREDDAMENTO (POSIZIONE 16 E 17):.....	6
2.9 IMPIANTO ACQUA DEMINERALIZZATA (POSIZIONI 21 E 22):.....	6
3 MISURE.....	8
3.1 INTRODUZIONE.....	8
3.2 LA CAMPAGNA DI MISURE	9
3.3 CONDIZIONI METEOROLOGICHE	9
3.4 CATENE DI MISURA.....	9
3.5 LE POSIZIONI DI MISURA.....	11
3.6 TIPI DI RUMORE.....	11
3.7 DESCRITTORI DEL RUMORE MISURATI E REGISTRATI	11
3.8 RESOCONTO DEI RILIEVI FONOMETRICI	12
4 SPETTRI DEI LIVELLI DI POTENZA SONORA.....	18
4.1 INTRODUZIONE.....	18
4.2 DETERMINAZIONE DEI LIVELLI DI POTENZA SONORA	18
5 CONCLUSIONI.....	26
6 BIBLIOGRAFIA.....	27
APPENDICE 1 - BANDE DI TERZI D’OTTAVA E BANDE D’OTTAVA.....	28
APPENDICE 2 – RAPPORTI RELATIVI ALLE MISURE ESEGUITE.....	29

1 INTRODUZIONE

Questo documento tecnico riporta gli spettri in banda d'ottava dei livelli di potenza sonora dei macchinari principali, o parti di essi, della centrale termoelettrica a ciclo combinato di 1.200 MW di potenza installata sita a Ferrera Erbognone (PV). La centrale appartiene alla società ENIPOWER S.p.A.

Obiettivo dell'incarico è di fornire gli elementi necessari per caratterizzare tutte le sorgenti di rumore principali facenti parte di un singolo impianto a ciclo combinato. Le caratteristiche acustiche di ciascuna sorgente sono espresse in termini di spettro in frequenza in bande d'ottava del livello di potenza sonora; gli spettri possono essere utilizzati per la realizzazione di simulazioni numeriche con un adeguato programma.

La centrale termoelettrica presso la quale è stata condotta la campagna di misure fonometriche per la caratterizzazione acustica delle sorgenti, consta tre gruppi da circa 400 MW ciascuno; durante l'esecuzione delle misure fonometriche era in marcia con il Gruppo 1, detto anche Treno 1.

Gli spettri dei livelli di potenza sonora sono stati determinati a partire da una campagna di misure fonometriche eseguite sul posto e dalla loro successivo utilizzo, congiuntamente ai dati geometrici dell'impianto, forniti dal Committente o gentilmente forniti dai tecnici della Centrale, per il calcolo dei livelli di potenza sonora in banda d'ottava.

Oltre a riportare gli spettri dei livelli di potenza sonora, questo documento riporta la metodologia utilizzata sia per l'esecuzione dei rilievi fonometrici sul campo, sia per il calcolo dei livelli di potenza sonora a partire dalle misure di pressione sonora eseguite *in situ*.

2 LE SORGENTI

Premesso che la destinazione d'uso dei dati raccolti è quella di inserire in un software dedicato la potenza acustica delle emissioni che possono influire sui calcoli, le sorgenti sono state selezionate, sia in base alla loro importanza nell'impianto, sia in base a dei criteri acustici che tengono conto non solo del livello di emissione, ma anche delle loro dimensioni fisiche.

Un'ulteriore suddivisione è stata fatta classificando le sorgenti in due sottoclassi denominate ad "emissione diretta" e sorgenti ad "emissione indiretta". Alle prime appartengono le sorgenti costituite da strutture, apparecchiature ed organi meccanici e non, privi di qualsiasi protezione. Alle seconde appartengono tutti quei macchinari che hanno subito interventi di protezione tipo rivestimenti o cabinati, installati per qualsiasi motivo, vedi termico, di sicurezza, di protezione al fuoco, acustico, estetico, che di fatto modificano l'emissione della sorgente interessata. Il criterio di divisione è conseguenza della nostra esperienza nel trattare argomenti di questo tipo.

Sono stati determinate le seguenti sorgenti¹ raggruppate per unità funzionale.

2.1 Camino (Posizione 9):

Sorgenti dirette

2.1.1 Corpo camino,

2.1.2 Giunto di dilatazione tra caldaia e camino

2.1.3 Scarico camino

2.2 Caldaia (Posizione 8):

Sorgenti dirette

2.2.1 Corpo caldaia con divergente di raccordo,

2.2.2 Serbatoio acqua condensata

¹ Per la loro denominazione riportiamo i nomi indicati nella planimetria generale SNAM PROGETTI n. 01 GB B 62031 della commessa 2000.09:

2.2.3 sfiato degasatore

2.2.4 Tubazioni acqua fredda e vapore

2.2.5 Tubo uscita gas di scarico da Turbina a Gas

Sorgenti indirette

2.2.6 Schermatura del tubo di uscita gas scarico da turbina a gas

2.3 Turbina a gas (Posizione 7):

Sorgenti indirette

2.3.1 Aspirazione esterna con silenziatore,

2.3.2 Cabina con alternatore,

2.3.3 Cabina con la turbina,

2.3.4 Capannone contenente la cabina alternatore

2.3.5 Capannone contenente la cabina turbina

2.3.6 Condotto di collegamento tra silenziatore aspirazione e cabina turbina a gas;

2.4 Pompe alimento acqua caldaia (Posizioni 11 e 12):

Sorgenti indirette

2.4.1 Cabina pompa alimento acqua caldaia ad alta pressione,

2.4.2 Cabina pompa alimento acqua caldaia a media pressione;

2.5 Turbina a vapore (Posizione 6):

Sorgenti dirette

2.5.1 Cabinato dell'alternatore,

2.5.2 Cabinato della turbina a vapore,

2.5.3 Refrigerante alternatore,

2.5.4 Condensatore della turbina a vapore,

Sorgenti indirette

2.5.5 Capannone (parte superiore) contenente la cabina alternatore e la cabina turbina,

2.5.6 Capannone (parte inferiore) contenente il refrigerante alternatore e la tubazione di raccolta vapore dallo scarico turbina;

2.6 Condensatore e pompe del condensato (Posizione 19 e 20):

Sorgenti dirette

2.6.1 Tubazione vapore per alimentazione condensatore,

2.6.2 Ventilatore di raffreddamento a bassa velocità,

2.6.3 Ventilatore di raffreddamento ad alta velocità

2.6.4 Serbatoio del condensato,

2.6.5 Pompa di estrazione del condensato;

2.6.6 Pompa a vuoto;

2.7 Trasformatore elevatore (Posizione 4):

Sorgenti dirette

2.7.1 Gruppo di trasformazione con basso raffreddamento,

2.7.2 Gruppo di trasformazione con raffreddamento massimo;

2.8 Torre di raffreddamento (Posizione 16 e 17):

Sorgenti dirette

2.8.1 Ventilatore di raffreddamento,

2.8.2 Caduta dell'acqua di raffreddamento,

2.8.3 Pompa dell'acqua per la torre di raffreddamento,

2.9 Impianto acqua demineralizzata (Posizioni 21 e 22):

Sorgenti dirette

2.9.1 Pompa di reintegro dell'acqua demineralizzata

2.9.2 tubazione dell'acqua demineralizzata,

2.9.3 valvola della tubazione dell'acqua demineralizzata;

L'elenco precedente è completato con le seguenti considerazioni.

- È evidente che in un impianto di questa complessità esistano delle sorgenti ausiliarie dirette o indirette le cui emissioni possono essere fastidiose, quali ventilatori di estrazione aria in alcuni locali tecnici, quali compressori d'aria ad uso manutenzione, piccoli impianti ad uso saltuario, pompe per recupero fluidi ad uso intermittente. Le loro emissioni, in termini di potenza acustica non sono state considerate significative nel contesto di un impianto di questo tipo.
- Le sorgenti di cui ai punti 2.8 e 2.9 sono relative ad impianti comuni a tutti i tre i gruppi di produzione di energia a ciclo combinato che costituiscono la centrale nel suo complesso.
- L'emissione dell'impianto di raffreddamento per il condizionamento dei locali non è stato misurato perché fermo, dato il periodo invernale.
- La turbina a gas e le apparecchiature necessarie per il normale funzionamento della macchina per tutte le condizioni operative, marciavano in condizioni di regime di carico nominale prescritto.
- Le fonti temporanee di rumore, come quelle dovute all'apparecchiatura di avviamento, alla portata d'aria di sfiato per l'avviamento del compressore, allo scarico di vapore, ecc.) non sono state misurate perché funzionanti per brevi periodi.
- Durante le misure, tutte le porte dei cabinati ed i pannelli di accesso erano chiusi.

3 MISURE

3.1 Introduzione

La grandezza più diffusamente impiegata nelle misure di rumore è la pressione sonora e, in termini più metrologici, il livello di pressione sonora. Tuttavia, quando occorre caratterizzare acusticamente, e in modo completo, una sorgente, il livello di pressione sonora non è il descrittore più conveniente.

Il valore che si ottiene dalla misura della pressione sonora dipende dalla distanza, dal tipo di propagazione sonora che si instaura tra la sorgente e il punto di ricezione e dalle condizioni del mezzo, l'aria. Il tipo di propagazione dipende dalle dimensioni fisiche della sorgente ed essa può essere di tipo sferico, cilindrica o piana; essa influenza il valore di pressione rilevato ad una certa distanza, in base alle leggi fisiche di propagazione.

A seconda che lo spazio dove avviene la propagazione sia all'aperto o al chiuso e, nel caso sia al chiuso, a seconda che esso sia più o meno riverberante, il livello di pressione sonora che si misura ad una certa distanza dalla sorgente è destinato a variare in modo sensibile. In particolare, se la propagazione avviene all'aperto, essa si definisce in "campo libero", se avviene al chiuso, essa si definisce in "campo semiriverberante o riverberante".

Il descrittore acustico cui si ricorre per eliminare la dipendenza dell'emissione sonora dall'ambiente (distanza e tipo di campo acustico) è la potenza sonora emessa ovvero l'energia sonora irradiata dalla sorgente nel mezzo circostante – l'aria – nell'unità di tempo. Nota la potenza sonora emessa da una sorgente, e quindi il corrispondente livello di potenza sonora² (L_w), è possibile ricavare con buona precisione il livello di pressione sonora in corrispondenza di un determinato punto, cioè ad una precisa distanza, in uno specifico ambiente, conoscendo le caratteristiche fisiche della sorgente, le caratteristiche acustiche e le dimensioni dell'ambiente.

3.2 La campagna di misure

Le misure fonometriche sul campo sono state eseguite in due sessioni il 19 ed il 22 dicembre 2003. Durante le due sessione sono stati realizzati 105 rilievi fonometrici.

3.3 Condizioni meteorologiche

Durante le due sessioni di misura le condizioni meteorologiche erano ottimali per l'esecuzione di rilievi fonometrici:

- assenza di vento,
- assenza di precipitazioni meteoriche,
- cielo coperto che favorisce l'instaurarsi di condizioni di atmosfera stabile atmosferica.

3.4 Catene di misura

I rilievi strumentali sono stati eseguiti utilizzando tre diverse catene di misura costituite sostanzialmente da un analizzatore in tempo reale, il microfono e il calibratore. Nel dettaglio le tre catene di misura sono quelle come descritte qui di seguito sinteticamente.

Catena di misura 1:

- fonometro integratore Brüel & Kjær Tipo 2260 di classe I secondo le norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994 (numero di serie 2027610),
- microfono da 1/2 pollice Brüel&Kjær Tipo 4189 (numero di serie 1939647),
- calibratore acustico a 1000 Hz da 94 dB e 114 dB Brüel&Kjær 4231 conforme alla norma CEI 29-4 (numero di serie: 2376492).

² La norma UNI EN ISO 12001:1998 [1] riporta: "Il rumore totale emesso da macchine o apparecchiature e irradiato in tutte le direzioni nello spazio circostante la macchina può essere caratterizzato dal livello di potenza sonora della macchina. Il livello di potenza sonora di una macchina è essenzialmente indipendente dall'ambiente in cui è installata la macchina."

Catena di misura 2:

- fonometro integratore Brüel&Kjær Tipo 2260 di classe I secondo le norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994 (numero di serie 2370520),
- microfono da 1/2 pollice Brüel&Kjær Tipo 4189 (numero di serie 2371128),
- calibratore acustico a 1000 Hz da 94 dB e 114 dB Brüel&Kjær 4231 conforme alla norma CEI 29-4 (numero di serie: 2039140).

Catena di misura 3:

- fonometro integratore Larson Davis tipo 824 di classe I secondo le norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994 (numero di serie 0993),
- microfono da 1/2 pollice Larson Davis tipo 2541 (numero di serie 6492),
- calibratore acustico a 1000 Hz da 94 dB e 114 dB Larson Davis CAL 200 (numero di serie 2492).

Gli analizzatori utilizzati sono equipaggiati permettono analisi spettrale in banda d'ottava e terzi di banda da *20 Hz* a *20 kHz*. In particolare gli analizzatori Brüel&Kjær sono equipaggiati con software BZ 7206 che prevede i filtri in banda di terzi d'ottava da *5 Hz* a *20 kHz*.

L'analisi dei rilievi fonometrici è stata condotta utilizzando i programmi Evaluator® per le misure realizzate con gli strumenti Brüel&Kjær e NoiseWork® per le misure eseguite con l'analizzatore Larson Davis 824.

All'inizio di ogni sessione di misure ed al termine della stessa si è proceduto alla calibrazione del fonometro; la stessa procedura si è applicata ogniqualvolta si è intervenuto sulla catena di misura interrompendola come accade quando, ad esempio, si inserisce o disinserisce il cavo di prolunga microfonic.

Gli strumenti sono tarati con frequenza almeno biennale presso un centro di taratura accreditato SIT come previsto dalla procedure di qualità aziendale certificato secondo la norma UNI EN ISO 9001. Copia dei certificati di taratura degli strumenti elencati sono allegati a questo documento; gli originali sono custoditi e reperibili presso l'Azienda.

3.5 Le posizioni di misura

In base alla nostra esperienza, per ogni gruppo di sorgenti, sono state scelte le posizioni di misura che meglio caratterizzano acusticamente le singole sorgenti. La presenza contemporanea di tanti macchinari ha reso difficoltosa la scelta delle posizioni, poiché l'emissione di una sorgente, influenza la misura dell'altra. In genere, le posizioni scelte come indicative sono state prese ad una distanza che corrisponde al campo diretto della sorgente e quindi meno influenzate dalle emissioni dovute ad altre parti dell'impianto non in esame. Per alcune posizioni assunte all'interno delle cabine e dei capannoni, si terrà conto, utilizzando considerazioni teoriche sperimentali, di un fattore di correzione da inserire nel calcolo della potenza acustica della sorgente esaminata. Sono state scelte anche posizioni, relativamente distanti dalle parti d'impianto esaminato, i cui valori sono utili per alcuni calcoli di verifica sulla potenza acustica totale della parte esaminata.

Nelle planimetrie dell'impianto a disposizione, sono state indicate, ove è stato possibile, le posizioni di misura individuata, accompagnate da foto illustrative dell'area.

3.6 Tipi di rumore

Il carattere di un rumore può essere descritto dal suo spettro di frequenza e dalle variazioni di livello sonoro nel tempo. La maggior parte delle sorgenti presentano uno spettro continuo; in alcuni casi sono stati rilevati dei toni puri. Dal punto di vista della rappresentazione temporale delle emissioni sonore misurate, tutte le sorgenti considerate emettevano un rumore di tipo stazionario. Si definisce [1] **rumore stazionario** una emissione sonora con fluttuazioni di livello trascurabili nel corso del periodo di osservazione.

3.7 Descrittori del rumore misurati e registrati

Per ciascuna misura sono stati registrati :

- Il livello di pressione sonora lineare a banda larga: L_p ; esso è espresso in *dB*.
- Il livello di pressione sonora lineare in banda di terzi d'ottava: L_{pi} , espresso in *dB*, dove l'apice *i* indica la banda di terzi d'ottava come mostrato in Tabella 3 dell'Appendice 1.
- Il livello di pressione sonora pesato "A" a banda larga: L_{pA} espresso in *dB(A)*.

3.8 Resoconto dei rilievi fonometrici

In questo paragrafo riportiamo in maniera sintetica i risultati della campagna di misure fonometriche che è stata realizzata nei giorni 19 e 22 dicembre 2003. Di tutti i rilievi strumentali eseguiti riportiamo i 105 ritenuti rappresentativi delle rumorosità prodotta dagli impianti.

Le misure sono riferite a sorgenti ben precise che a volte sono costituite da singole attrezzature, in altri casi si tratta di parti rumorose – poli di emissione – di impianti più grandi. Una sintetica descrizione della sorgente considerata contribuisce ad individuare la sorgente stessa.

Ogni rilievo è documentato con il livello equivalente lineare di pressione sonora della misura, il relativo 95° livello percentile che ci permette di verificare la componente dell'emissione considerata stazionaria ovvero di verificare se il livello misurato si riferisce alla sorgente indagata e lo spettro in banda di ottava. A tal proposito si sottolinea che le misure sono presentate, dopo la loro elaborazione numerica, in banda d'ottava dato che il rilievo strumentale fu eseguito in terzi di banda d'ottava.

MIS.	foto	FILE 2260 F1	FILE 2260 F2	FILE LD 824	GRUPPO	DESCRIZIONE	Leq	L95	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	pc150048	2004.S3D	--	--	CALDAIA	Esterno caldaia in corrispondenza del camino	72,3	71,6	77,4	72,9	68,0	68,3	65,6	67,4	59,7	50,3
2	"	2005.S3D	--	--	CALDAIA	Esterno caldaia presso raccordo divergente	73,2	72,4	79,2	75,1	67,2	68,0	65,8	68,6	63,3	53,8
3	pc160062	2013.s3d	--	--	CALDAIA	Pompa alimentazione caldaia alta e media pressione	85,5	84,8	92,9	85,8	76,6	79,0	78,2	82,2	70,4	60,8
4	-	2014.s3d	--	--	CALDAIA	Passerella IP caldaia	90,2	89,3	83,7	80,2	74,2	78,1	80,7	88,2	72,7	64,5
5	-	2016.s3d	--	--	CALDAIA	Serbatoio raccolta H2O in eccesso	93,7	92,8	81,2	79,2	80,3	87,7	91,8	85,6	76,4	65,3
6	-	2017.s3d	--	--	CALDAIA	Parete Caldaia II P	83,8	83,1	84,7	79,1	75,7	74,9	79,8	79,4	68,5	58,7
7	pc160071	2019.s3d	--	--	CALDAIA	Sfiato degasatore	87,6	86,8	79,5	72,9	78,0	80,7	81,8	78,2	82,8	74,4
8	"	--	1050.S3D	--	CALDAIA	Esterno caldaia presso baricentro facciata	72,8	72,0	83,0	71,9	68,0	69,3	65,3	68,2	61,5	48,3
9	pc160057	--	1059.s3d	--	CALDAIA	Tubo uscita gas di scarico turbina a gas	96,5	95,4	95,0	86,3	85,9	84,3	83,3	93,9	88,0	77,2
10	pc160058	--	1060.s3d	--	CALDAIA	Tubo uscita gas di scarico turbina a gas	95,4	94,4	96,4	86,7	88,4	82,9	80,8	93,3	84,3	72,4
11	pc160059	--	1061.s3d	--	CALDAIA	Tubo uscita gas di scarico turbina a gas	92,0	91,3	91,6	83,1	85,1	77,9	80,2	89,8	80,6	67,7
12	pc160063	--	1066.s3d	--	CALDAIA	Passerella IP caldaia	86,0	85,4	83,0	78,3	76,9	78,3	79,8	82,7	71,1	63,0
13	pc160064	--	1067.s3d	--	CALDAIA	Passerella IP caldaia	85,9	85,3	81,4	78,2	77,5	78,6	82,7	80,3	70,8	62,7
14	pc160066	--	1068.s3d	--	CALDAIA	Giunto espansione termica parete esterna caldaia - raccordo camino IIP	86,0	85,4	84,9	86,8	81,9	85,5	80,9	78,7	69,0	59,5
15	"	--	--	LD 07	CALDAIA	Esterno caldaia presso fine facciata	72,9	-	77,8	71,2	67,4	68,1	64,8	68,9	61,4	52,4
16	--	--	--	LD 13	CALDAIA	Parete cabina scarico gas combusti turbina a gas	86,8	-	96,1	76,7	78,2	74,0	78,3	82,8	78,0	76,4
17	pc160067	2015.s3d	--	--	CAMINO	Parete ciminiera	80,7	80,1	81,0	78,4	75,4	74,7	76,3	75,6	64,7	54,2
18	pc160068	2018.s3d	--	--	CAMINO	Parete Camino sul Tetto della Caldaia	80,4	79,8	80,4	80,7	77,4	74,1	74,9	73,5	72,6	67,2
19	pc160075	2023.S3D	--	--	CONDENSATORE	Ventilatore condensatori basso regime di giri	69,4	68,7	68,8	67,2	65,5	63,0	62,5	59,7	53,6	<46
20	"	2024.S3D	--	--	CONDENSATORE	Ventilatore condensatori alto regime di giri	82,0	81,5	82,7	78,1	76,1	73,7	75,1	74,0	68,8	55,5
21	pc160075	--	1001.S3D	--	CONDENSATORE	Ventilatore condensatori basso regime di giri	67,8	67,3	71,0	69,6	64,4	62,2	60,3	56,9	52,0	48,5
22	pc120001	--	1002.S3D	--	CONDENSATORE	Esterno griglia scambiatori condensatori basso regime di giri	63,9	62,2	66,0	63,9	60,6	57,7	54,3	50,5	45,2	<35
23	"	--	1003.S3D	--	CONDENSATORE	Corridoio esterno scambiatori condensatori basso regime di giri	63,8	63,2	64,6	64,2	59,6	57,1	56,1	54,4	49,4	40,9
24	pc120003	--	1004.S3D	--	CONDENSATORE	Pompa estrazione condensato lato lungo	88,1	87,5	75,0	74,7	78,3	74,8	78,3	81,3	78,3	75,0
25	"	--	1005.S3D	--	CONDENSATORE	Pompa estrazione condensato lato pompa	89,6	89,0	74,5	85,6	78,8	78,8	80,5	81,6	80,3	76,2
26	"	--	1006.S3D	--	CONDENSATORE	Pompa estrazione condensato lato mandata	85,3	84,8	80,0	88,6	79,7	76,2	76,4	77,2	73,2	68,5
27	pc130004	--	1007.S3D	--	CONDENSATORE	Pompa vuoto 1	88,0	87,5	77,0	76,8	90,4	77,8	80,4	75,7	73,5	72,6
28	"	--	1008.S3D	--	CONDENSATORE	Pompa vuoto 2	85,3	84,9	78,2	84,1	81,5	73,7	76,1	75,4	74,3	76,7

MIS.	foto	FILE 2260 F1	FILE 2260 F2	FILE LD 824	GRUPPO	DESCRIZIONE	Leq	L95	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
29	pc130005	--	1009.S3D	--	CONDENSATORE	Serbatoio condensato	80,4	79,4	79,0	77,9	76,8	75,0	71,3	69,3	66,2	60,9
30	pc130006	--	1010.S3D	--	CONDENSATORE	Tubazione uscita vapore turbina (primi 20 metri)	79,6	78,9	82,2	85,0	77,3	74,7	69,6	65,0	58,8	52,4
31	pc130016	--	1025.S3D	--	CONDENSATORE	Mammella condensato tubazione uscita vapore turbina	89,4	88,5	81,1	78,4	75,4	76,5	83,4	81,3	74,0	64,9
32	pc130014	--	1020.S3D	--	IMPIANTO ACQUA DEMINERALIZZATA	Pompa acqua demineralizzata fronte	87,8	87,4	71,0	73,0	72,8	82,7	77,5	79,1	77,5	77,9
33	"	--	1021.S3D	--	IMPIANTO ACQUA DEMINERALIZZATA	Pompa acqua demineralizzata lato	87,1	86,8	74,8	73,9	76,5	79,7	78,0	79,3	76,7	79,6
34	--	--	1023.S3D	--	IMPIANTO ACQUA DEMINERALIZZATA	Tubazione acqua demineralizzata (lunga circa 30 metri)	93,0	91,9	67,4	67,2	64,8	71,6	81,3	86,0	85,0	77,8
35	pc130015	--	1024.S3D	--	IMPIANTO ACQUA DEMINERALIZZATA	Valvola tubazione acqua demineralizzata	96,0	95,3	66,7	64,3	68,8	72,7	85,9	88,8	88,1	80,3
36	pc130007	--	1011.S3D	--	TORRI RAFFREDDAMENTO	Cascata torri di raffreddamento (metà impianto in funzione)	78,7	78,4	72,6	67,6	66,6	66,3	68,1	70,3	71,5	71,4
37	--	--	1013.S3D	--	TORRI RAFFREDDAMENTO	Uscita Camino torri di raffreddamento (+ vento)	88,9	88,3	90,3	88,4	87,1	83,6	81,2	75,7	71,5	64,3
38	--	--	1014.S3D	--	TORRI RAFFREDDAMENTO	Uscita Camino torri di raffreddamento (- vento)	87,2	86,2	86,3	86,5	84,3	81,8	79,7	73,5	69,2	61,7
39	--	--	1015.S3D	--	TORRI RAFFREDDAMENTO	Pompa copertura torri di raffreddamento	82,8	82,2	81,3	78,7	73,7	76,9	76,9	71,1	63,9	<50
40	pc130008	--	1016.S3D	--	TORRI RAFFREDDAMENTO	Superficie laterale torri di raffreddamento	75,9	75,4	84,5	77,1	74,8	69,3	66,1	64,0	59,0	<50
41	pc130011	--	1017.S3D	--	TORRI RAFFREDDAMENTO	Tubazioni pompe mandata torri di raffreddamento	81,8	81,4	72,9	70,3	66,5	72,4	77,0	73,2	68,9	60,9
42	"	--	1018.S3D	--	TORRI RAFFREDDAMENTO	Tubazioni pompe mandata torri di raffreddamento presso valvola	84,8	84,3	69,2	66,2	67,1	72,4	78,8	76,3	74,3	66,1
43	pc130012	--	1019.S3D	--	TORRI RAFFREDDAMENTO	Pompa mandata torri di raffreddamento	84,7	84,4	72,0	72,2	69,4	75,5	78,1	77,4	74,1	68,9
44	"	--	--	LD 10	TRASFORMATORI	A 10 m dai trasformatori, funzionanti 4/6 della I batteria (tot 2 batterie)	74,5	-	81,6	83,0	72,7	74,4	68,6	63,3	57,7	52,3
45	"	2006.S3D	--	--	TURBINA A GAS	Esterno turbina a gas, centro capannone	69,2	68,1	78,9	77,2	67,2	62,7	65,1	60,9	57,3	49,1
46	"	2007.s3d	--	--	TURBINA A GAS	Esterno turbina a gas, centro capannone lato trasformatori	70,4	69,6	76,3	77,7	69,1	65,9	65,6	62,3	57,3	51,2

MIS.	foto	FILE 2260 F1	FILE 2260 F2	FILE LD 824	GRUPPO	DESCRIZIONE	Leq	L95	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
47	pc160055	2008.s3d	--	--	TURBINA A GAS	Presso parete interna capannone turbina gas lato interno (zona alternatore)	93,9	92,3	91,4	87,9	83,9	82,1	91,9	86,3	79,9	71,8
48	pc160056	2009.s3d	--	--	TURBINA A GAS	Parete esterna cabina turbina a gas (zona testa turbina)	95,2	93,3	93,7	81,8	79,0	81,0	92,5	88,4	83,2	79,5
49	"	2010.s3d	--	--	TURBINA A GAS	ripetizione 2009.s3d	95,2	93,8	90,0	77,6	79,1	81,3	91,9	89,5	83,8	79,3
50	-	2020.s3d	--	--	TURBINA A GAS	Interno cabina turbina a gas	105,2	104,3	101,7	89,4	90,9	85,7	97,2	98,9	100,5	95,2
51	-	2021.s3d	--	--	TURBINA A GAS	Interno cabina turbina a gas	104,2	103,6	103,9	84,3	85,1	83,6	94,6	97,7	100,0	94,4
52	-	2022.s3d	--	--	TURBINA A GAS	Interno cabina turbina a gas - passerella a 4 m	103,4	102,6	101,4	85,2	86,9	83,9	97,0	95,3	99,3	90,4
53	pc150049	--	1051.S3D	--	TURBINA A GAS	Esterno turbina a gas, fine capannone	68,8	67,8	76,6	68,3	66,4	63,2	64,9	61,0	57,7	51,1
54	pc150050	--	1052.S3D	--	TURBINA A GAS	Esterno turbina a gas, bordo capannone lato trasformatori	67,7	67,1	75,5	75,9	66,4	64,0	61,7	60,3	57,0	51,1
55	pc160052	--	1053.s3d	--	TURBINA A GAS	Parete cabina alternatore turbina a gas lato ingresso	91,6	89,9	92,0	92,6	82,4	79,4	89,5	83,3	78,0	69,1
56	"	--	1054.s3d	--	TURBINA A GAS	Parete cabina alternatore turbina a gas baricentro	91,9	90,9	95,4	88,6	87,8	81,5	88,9	84,9	80,7	71,8
57	"	--	1055.s3d	--	TURBINA A GAS	Parete cabina alternatore turbina a gas lato turbina	95,4	94,3	96,6	86,9	90,6	85,8	92,3	88,3	85,1	76,4
58	pc160053	--	1056.S3D	--	TURBINA A GAS	Presso albero trasmissione alternatore (parete collettore aria aspirazione)	105,3	104,0	100,6	93,9	100,3	95,1	102,8	97,8	93,3	85,2
59	pc160054	--	1057.S3D	--	TURBINA A GAS	Testa alternatore	84,5	83,1	84,3	90,7	82,3	76,0	81,7	76,5	70,8	61,5
60	"	--	1058.S3D	--	TURBINA A GAS	Parete esterna cabina turbina a gas (zona scarico turbina)	90,4	89,3	87,2	77,1	81,3	75,6	84,9	85,8	81,0	78,4
61	pc160060	--	1062.s3d	--	TURBINA A GAS	Aspirazione turbina a gas	83,7	82,6	96,3	85,3	73,3	72,7	77,1	76,7	77,1	75,7
62	pc160061	--	1063.s3d	--	TURBINA A GAS	parete laterale aspirazione turbina a gas	89,1	85,9	93,3	80,4	75,5	68,0	87,4	81,2	72,4	62,6
63	-	--	1064.s3d	--	TURBINA A GAS	Parete capannone locale turbina - lato interno	94,0	90,9	95,5	87,2	89,0	79,0	91,9	86,2	80,1	72,7
64	-	--	1065.s3d	--	TURBINA A GAS	Parete capannone locale turbina - lato esterno	79,5	78,0	88,5	73,7	75,0	67,4	76,5	73,5	65,7	54,8
65	-	--	1069.s3d	--	TURBINA A GAS	Interno cabina turbina a gas	101,7	100,5	104,2	90,0	89,3	80,9	89,2	96,0	98,0	90,7
66	-	--	1070.s3d	--	TURBINA A GAS	Interno cabina turbina a gas	100,0	99,0	91,2	88,1	88,1	81,5	86,4	94,7	95,9	89,3
67	"	--	--	LD 08	TURBINA A GAS	Esterno turbina a gas, inizio capannone	70,8	-	83,7	70,9	62,2	64,7	63,8	65,4	62,9	55,7
68	"	--	--	LD 09	TURBINA A GAS	Esterno turbina a gas, lato trasformatori	67,8	-	77,1	71,7	65,8	62,7	63,6	59,7	57,0	52,1
69	--	--	--	LD 11	TURBINA A GAS	Presso parete interna capannone turbina gas lato esterno (zona alternatore)	75,9	-	81,8	76,5	71,1	68,5	72,4	69,5	61,3	50,8

MIS.	foto	FILE 2260 F1	FILE 2260 F2	FILE LD 824	GRUPPO	DESCRIZIONE	Leq	L95	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
70	--	--	--	LD 12	TURBINA A GAS	Parete esterna cabina turbina a gas (zona scarico turbina)	89,0	-	80,3	79,9	77,1	74,5	81,7	85,1	79,7	77,6
71	pc150042	2001.S3D	--	--	TURBINA A VAPORE	Int. Cap. TV q=12m - turbina alta pressione 1	87,7	87,2	94,7	82,0	80,3	78,7	78,3	81,4	74,4	72,8
72	"	2002.S3D	--	--	TURBINA A VAPORE	Int. Cap. TV q=12m - turbina alta pressione 2	88,2	87,7	95,4	82,4	79,9	79,0	78,8	82,1	74,4	73,3
73	pc150047	2003.S3D	--	--	TURBINA A VAPORE	Interno parete capannone turbina a vapore - I Piano	85,2	84,7	87,7	86,0	82,3	82,6	77,7	79,6	74,6	67,9
74	pc130017	--	1026.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Interno capannone turbina a vapore - collettore vapore lato entrata 1	93,0	92,2	89,4	88,5	81,1	78,4	80,1	88,1	77,6	77,4
75	pc130018	--	1027.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Interno capannone turbina a vapore - collettore vapore lato entrata 2	91,5	91,0	87,9	86,7	82,6	79,3	80,0	85,8	76,9	74,7
76	pc130019	--	1028.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Interno capannone turbina a vapore - collettore vapore lato uscita 1	86,7	86,1	89,3	88,0	82,7	78,6	77,4	78,2	72,4	66,8
77	pc130020	--	1029.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Interno capannone turbina a vapore - collettore vapore lato uscita 2	87,0	86,6	89,4	88,4	83,1	79,9	78,4	78,7	72,4	65,0
78	pc130021	--	1030.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Interno capannone turbina a vapore - collettore vapore testata	88,7	88,3	86,5	92,0	83,0	77,2	76,6	82,1	76,7	78,6
79	pc130022	--	1031.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Parete interna capannone turbina a vapore lato entrata	85,0	84,3	86,0	84,5	72,0	70,3	72,4	80,1	71,0	69,7
80	pc130023	--	1032.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Parete interna capannone turbina a vapore lato uscita	83,5	83,1	89,8	91,9	78,9	76,5	75,5	75,2	70,4	60,2
81	pc130024	--	1033.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Parete interna capannone turbina a vapore lato testata	86,8	86,4	93,1	86,3	77,4	75,6	75,0	80,5	75,7	77,5
82	pc130025	--	1034.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Interno capannone TV q=6m - collettore vapore lato entrata	93,6	92,8	97,4	83,7	79,3	77,2	79,9	88,4	79,5	80,4
83	--	--	1035.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Interno capannone TV q=6m - collettore vapore lato uscita	91,9	90,5	89,0	92,0	85,7	85,1	80,9	82,4	79,1	74,2
84	--	--	1036.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Interno capannone TV q=6m - collettore vapore lato testata	89,2	88,8	98,2	85,1	82,6	80,8	78,4	82,7	77,3	77,8
85	pc130026	--	1037.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Interno capannone TV q=6m - flangia/giuntura tubi	97,0	96,7	82,6	84,6	78,5	80,9	84,1	90,6	87,4	90,8
86	pc130028	--	1038.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Interno capannone TV q=6m - tubazione vapore "freddo"	95,7	94,9	83,2	80,9	77,0	75,7	82,9	91,4	79,9	80,4
87	pc130029	--	1039.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Int. Cap. TV q=6m - refrigeratore alternatore lato opposto testata	92,9	92,6	84,9	96,8	89,1	85,0	85,4	84,6	83,3	72,2
88		--	1040.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Int. Cap. TV q=6m - refrigeratore alternatore lato testata	93,5	93,2	85,1	95,4	92,9	86,4	84,3	85,0	83,8	74,7
89		--	1041.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Int. Cap. TV q=6m - refrigeratore alternatore lato uscita	95,2	94,8	86,6	96,4	94,5	83,5	87,4	87,6	82,9	71,2

MIS.	foto	FILE 2260 F1	FILE 2260 F2	FILE LD 824	GRUPPO	DESCRIZIONE	Leq	L95	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
90	pc130030	--	1042.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Int. Cap. TV q=6m - refrigeratore alternatore lato uscita zona tubazioni	91,5	91,2	84,9	97,2	80,9	78,5	80,5	80,7	75,3	63,7
91	pc150039	--	1043.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Int. Cap. TV q=6m - refrigeratore alternatore lato uscita zona tubazioni	88,9	88,1	89,8	85,2	87,4	78,0	79,9	79,1	74,0	62,5
92	pc150040	--	1044.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Int. Cap. TV q=12m - turbina bassa pressione	90,7	90,2	93,0	85,1	83,7	83,1	81,7	83,4	78,4	78,7
93	pc150041	--	1045.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Int. Cap. TV q=12m - turbina media pressione	89,1	88,6	100,6	85,2	84,1	81,0	79,6	82,0	76,3	76,2
94	pc150044	--	1046.S3D	--	TURBINA A VAPORE	silenziatore cabina turbina	81,3	80,8	84,8	84,9	79,8	71,6	71,4	73,8	67,7	59,8
95	pc150045	--	1047.S3D	--	TURBINA A VAPORE	parete alternatore turbina a vapore	80,0	79,6	94,2	92,7	78,6	75,1	73,8	71,7	66,3	61,0
96	pc150046	--	1048.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Turbina a Vapore esterno cabinato testa alternatore	81,3	80,9	85,4	93,1	82,1	73,9	76,3	73,1	66,9	55,2
97		--	1049.S3D	--	TURBINA A VAPORE	Esterno parete capannone turbina a vapore - I Piano	78,7	78,0	87,5	82,7	76,6	71,9	73,2	73,7	64,7	54,7
98	"	--	--	LD 04	TURBINA A VAPORE	Turbina a vapore esterno cabinato alternatore	81,7	-	86,1	97,5	77,2	73,7	73,7	73,4	66,6	58,6
99	"	--	--	LD 05	TURBINA A VAPORE	Turbina a vapore esterno cabinato alternatore	80,7	-	91,1	89,7	80,1	76,7	74,9	73,7	67,8	56,9
100	--	--	--	LD 06	TURBINA A VAPORE	Turbina a Vapore esterno cabinato testa alternatore	79,3	-	85,5	87,9	78,4	72,5	73,8	72,9	67,4	56,5
101	"	--	--	LD 01	TURBINA A VAPORE	Turbina a vapore lungo asse turbina, esterno cabinato	76,7	-	81,1	80,0	73,0	69,5	68,3	72,8	65,5	63,0
102	"	--	--	LD 02	TURBINA A VAPORE	Turbina a vapore presso silenziatori areazione interna, esterno cabinato	79,9	-	88,2	77,7	75,1	71,5	73,6	76,1	67,7	61,6
103	"	--	--	LD 03	TURBINA A VAPORE	Turbina a vapore esterno cabinato tra i silenziatori	81,2	-	86,7	84,2	77,6	73,9	75,8	76,4	69,7	61,9
104	-	2011.s3d	--	--	Esterno impianto	Presso gli uffici, vicino al serbatoio H2O demineralizzata	63,6	62,7	68,0	65,7	59,3	57,3	58,5	58,2	52,2	40,0
105	-	2012.s3d	--	--	Esterno impianto	Presso gli uffici, in linea con il confine della torre di raffreddamento	62,2	61,3	68,1	59,7	56,8	56,4	56,6	56,7	52,9	40,8

Tabella 1 – Elenco riassuntivo dei rilievi fonometri eseguiti presso la centrale termoelettrica

4 SPETTRI DEI LIVELLI DI POTENZA SONORA

4.1 Introduzione

Questo capitolo riporta gli spettri dei livelli di potenza sonora determinati. Ogni spettro è riferito a ogni specifica sorgente descritta sinteticamente più sopra. Le singole sorgenti sono raggruppate per impianto a cui sono riferite o di cui fanno parte.

Nel caso in cui un impianto presenti più esemplari della stessa sorgente, lo spettro si riferisce alla sorgente tipo. Ad esempio, lo spettro dei ventilatori dell'impianto di condensazione si riferisce ad un unico ventilatore e non al complesso dei 24 esistenti.

Lo spettro dei livelli di potenza sonora è descritto utilizzando le 8 tipiche bande d'ottava: 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz e 8000 Hz. A tal riguardo si ricorda che le bande inferiori a 63 Hz subiscono una forte riduzione dalla curva di ponderazione "A" e quindi non ha senso considerarle.

4.2 Determinazione dei livelli di potenza sonora

Per la determinazione dello spettro di potenza sonora per ciascuna sorgente considerata si è proceduto come descritto qui di seguito.

1. Trasformazione degli spettri in terzi d'ottava dei livelli di pressione sonora misurati in spettri d'ottava. In Tabella 3 è riportata la corrispondenza tra le bande in terzi d'ottava e quelle in ottava.
2. Determinazione delle superfici emissive di riferimento di ogni sorgente o parte di essa.
3. Determinazione dello spettro lineare di potenza in banda di terzi d'ottava e del livello di potenza.

Si sottolinea che l'espressione "superficie emissiva" non deve essere intesa come la superficie fisica di emissione del rumore ma come la **superficie virtuale**, tangente la microfono della catena di misura, che ha un ruolo equivalente alla superficie di involuppo di cui parlano le norme tecniche.

4.2.1 Trasformazione degli spettri in terzi d'ottava in spettri d'ottava

Le misure sono state eseguite con l'analisi spettrale in bande di terzi d'ottava; quindi, preliminarmente si è provveduto alla trasformazione degli spettri misurati nei corrispondenti spettri in banda d'ottava.

Al passaggio dalla rappresentazione delle spettro dalle bande a terzi di ottava alle bande corrisponde, dal punto di vista fisico, la somma delle energie relative alle tre bande di partenza (le bande di terzi d'ottava) in una sola (la banda d'ottava). Matematicamente questa somma di energie si scrive:

$$L_{pj} = 10 \text{Log} \left(\sum_{k=1}^{k=1} 10^{\frac{L_{p(i+k)}}{10}} \right) \quad \text{Eq. 1}$$

dove:

- L_{pi} è il livello di pressione sonora relativo alla i -esima banda di frequenza di terzi d'ottava; quindi i numerava le bande di terzi d'ottava: $i=2+3\hat{A}$ con $\hat{A}=0, \dots, 8$;
- L_{pj} è il livello di pressione sonora relativo alla j -esima banda di frequenza d'ottava, quindi j numerava le bande di ottava: $j = \frac{1}{3}(i+1)$.

Nella Tabella 3 è riportata la corrispondenza tra le bande in terzi d'ottave e quelle in banda di ottava.

4.2.2 Determinazione delle superfici emissive

Il secondo passo è consistito nella determinazione delle superfici emissive utilizzando i disegni tecnici forniti dal Committente e recuperati presso la centrale termoelettrica.

4.2.3 Determinazione dello spettro del livello di potenza

Una volta determinato la superficie emissiva, cui corrisponde una o più misure di pressione sonora si è determinato lo spettro del livello di potenza sonora utilizzando la una delle seguenti relazioni generali, a seconda dei casi.

1. Propagazione sferica o ad essa riconducibile e per ambienti chiusi.

$$L_{Wj} = \bar{L}_{pj} + 10 \text{Log} \left[\frac{Q}{4pr^2} + \frac{4 \cdot (a_j S)}{1 - a_j} \right] \quad \text{Eq. 2}$$

dove:

- L_{Wj} è il livello di potenza sonora relativo alla j -esima banda di frequenza d'ottava attribuibile alla n -esima sorgente considerata;
- \bar{L}_{pj} è il livello medio di pressione sonora relativo alla j -esima banda di frequenza d'ottava determinata con l'Eq. 1;
- r è la distanza tra la posizione di misura e la sorgente;
- Q è il coefficiente di direttività della sorgente (ad esempio: sorgente sul piano $Q=2$);
- S è la superficie del locale dove è installata la sorgente;
- a_j è il coefficiente medio di assorbimento alla j -esima banda di frequenza d'ottava

2. Propagazione sferica o ad essa riconducibile ed in campo libero.

$$L_{Wj} = \bar{L}_{pj} + 10 \text{Log} \left(\frac{Q}{4pr^2} \right) \quad \text{Eq. 3}$$

dove:

- L_{Wj} è il livello di potenza sonora relativo alla j -esima banda di frequenza d'ottava attribuibile alla n -esima sorgente considerata;
- \bar{L}_{pj} è il livello medio di pressione sonora relativo alla j -esima banda di frequenza d'ottava determinata con l'Eq. 1;
- r è la distanza tra la posizione di misura e la sorgente;
- Q è il coefficiente di direttività della sorgente (ad esempio: sorgente sul piano $Q=2$)

3. Propagazione piana o a lei riconducibile.

$$L_{wj} = \bar{L}_{pj} + 10 \text{Log} \left(\frac{S_n}{S_0} \right) \quad \text{Eq. 4}$$

dove:

- L_{wj} è il livello di potenza sonora relativo alla j -esima banda di frequenza d'ottava attribuibile alla n -esima sorgente considerata di superficie S_n ;
- S_0 è la superficie di riferimento; essa vale 1 m^2 .
- \bar{L}_{pj} è il livello medio di pressione sonora relativo alla j -esima banda di frequenza d'ottava determinata con l'Eq. 1. Tale livello di pressione media, in banda, è stato calcolato utilizzando la relazione

$$\bar{L}_{pj} = 10 \text{Log} \left(\frac{1}{M} \sum_{m=1}^{m=M} 10^{\frac{L_{pj,m}}{10}} \right) \quad \text{Eq. 5}$$

Va precisato che in generale per ogni superficie emissiva è stata eseguita una misura di pressione sonora ma in alcuni casi, quando l'astensione della superficie lo esigeva, si è provveduto a più misure di pressione sonora che, in seguito, hanno concorso a definire un livello di pressione sonora medio riferito alla superficie considerata.

4.2.4 **Determinazione della potenza sonora della bocca del camino.**

A causa delle condizioni ambientali non è stato possibile realizzare alcuna misura relativa alla bocca del camino. Ciò nonostante, in base ai dati costruttivi del camino ed alle misure di rumore rilevate lungo il corpo del camino, si è stimato un livello di potenza sonora in banda per l'emissione. Il calcolo per la stima della potenza sonora dell'emissione si basa sulla legge di massa per l'acustica.

Per una lamiera in acciaio avente una massa di 7600 kg/m^3 ; poiché lo spessore del camino nella posizione dove è stata eseguita la misura di riferimento è pari a 20 mm risulta che la lamiera del camino ha una massa pari a 152 kg/m^3

In base al diagramma e tenuto conto che la frequenza di coincidenza del materiale in questione è pari a 650 Hz si ottiene il Potere fonoisolante in banda di ottava riportato nella seguente tabella:

Potere fonoisolante in banda di ottava							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
26	31	34,5	37	40	43,5	47	51

Lo spettro esterno (in banda di ottava) relativo al camino è il seguente:

Spettro esterno camino in banda di ottava							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
73,6	75,1	73,1	69,9	72,3	71,7	71,1	65,8

Lo spettro interno (in banda di ottava) relativo al camino è pari alla somma banda per banda dei valori riportati nelle precedenti tabelle ovvero:

Spettro interno camino (q=30m) in banda di ottava							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
99,6	106,1	107,6	106,9	112,3	115,2	118,1	116,8

Il rilievo è stato eseguito ad una quota dal suolo pari a 30 metri; l'apertura del camino si trova a 80 metri dal suolo, il rumore all'interno del camino è soggetto ad un abbattimento per metro che sperimentalmente assume i valori riportati nella tabella seguente:

Abbattimento per metro							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6

Il livello di pressione sonora stimato all'apertura del camino risulta, in banda, pari a

Spettro apertura camino in banda di ottava							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
79,6	81,1	82,6	81,9	87,3	85,2	88,1	86,8

La superficie dell'apertura del camino è pari a 32 m² la potenza acustica di detta sorgente risulta pari a 109 dBAW.

4.2.5 Determinazione della potenza sonora delle singole sorgenti

Nella tabella successiva sono riportati i livelli di potenza sonora delle singole sorgenti che compongono i vari gruppi, così come sono stati definiti al paragrafo 2. In particolare sono riportate sia la potenza sonora globale corretta con la ponderazione A, sia la potenza sonora in banda di ottava. Sono inoltre indicate il numero di sorgenti a ciascuna delle quali assegnare il valore di potenza corrispondente per ogni tipologia. Per alcune sorgenti è riportato sia il valore di potenza della sorgente diretta che di quella indiretta costituita, ad esempio, dal capannone che la contiene. Sarà compito di chi elabora la simulazione scegliere la sorgente che ritiene più opportuna.

Nella tabella è inoltre indicato il tipo di sorgente, vale a dire come distribuire, a nostro parere, la potenza sonora riportata.

N°	Gruppo	Nome Sorgente	Disegno	N° ₃	Tipo	LWA	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
2.01.01	CAMINO	Corpo Camino	041126/03.MO	1	Lineare	113	113	112	109	107	108	107	102	97
2.01.02	CAMINO	Giunto di dilatazione tra Caldaia e camino	041126/03.MO	1	Lineare	100	97	101	96	99	95	93	83	73
2.01.03	CAMINO	Scarico Camino	041126/03.MO	1	Punto	109	95	96	98	97	102	100	103	102
2.02.01	CALDAIA	Corpo Caldaia con divergente di raccordo	041126/03.MO	1	Area	117	118	112	109	108	113	112	102	92
2.02.02	CALDAIA	Serbatoio acqua condensata	041126/03.MO	1	Punto	103	90	88	89	97	101	95	85	74
2.02.03	CALDAIA	Sfiato degasatore	041126/03.MO	1	Punto	113	104	98	103	106	107	103	108	99
2.02.04	CALDAIA	Tubazioni acqua fredda e vapore	041126/03.MO	2	Lineare	108	104	100	99	101	104	104	93	85
2.02.05	CALDAIA	Tubo uscita gas di scarico turbina a gas	041126/03.MO	1	Lineare	118	118	109	110	106	105	116	109	97
2.02.06	CALDAIA	Schermatura Tubazione uscita gas di scarico	041126/03.MO	1	Pannello	108	117	98	100	95	100	104	100	98
2.03.01	TURBINA A GAS	Aspirazione esterna con silenziatore	041126/02/MO	1	Pannello	104	117	106	94	93	98	97	98	96
2.03.02	TURBINA A GAS	Cabina con alternatore	041126/02/MO	1	Pannello	124	121	116	119	114	122	117	112	104
2.03.03	TURBINA A GAS	Cabina con turbina	041126/02/MO	1	Pannello	119	116	105	105	105	116	113	108	105
2.03.04	TURBINA A GAS	Capannone contenente la cabina alternatore	041126/02/MO	1	Area	116	128	118	118	109	113	104	96	85
2.03.05	TURBINA A GAS	Capannone contenente la cabina turbina	041126/02/MO	1	Area	106	123	107	103	97	103	97	87	80
2.03.06	TURBINA A GAS	Condotto di collegamento tra silenziatore aspirazione e turbina a gas	041126/02/MO	1	Pannello	106	115	100	101	94	103	100	92	81
2.04.01	POMPE ALIMENTO ACQUA CALDAIA (AP)	Cabina pompa alimento acqua caldaia	041126/03.MO	1	Pannello	104	112	105	95	98	97	101	89	80
2.04.02	POMPE ALIMENTO ACQUA CALDAIA (MP)	Cabina pompa alimento acqua caldaia	041126/03.MO	1	Pannello	104	112	105	95	98	97	101	89	80
2.05.01	TURBINA A VAPORE	Cabinato alternatore	041126/04.MO	1	Pannello	101	111	114	100	95	95	94	88	79
2.05.02	TURBINA A VAPORE	Cabinato turbina a vapore	041126/04.MO	1	Pannello	103	109	105	100	95	96	98	91	85
2.05.03	TURBINA A VAPORE	Refrigerante alternatore	041126/04.MO	1	Punto	112	104	115	110	102	104	104	101	90
2.05.04	TURBINA A VAPORE	Condensatore della Turbina a Vapore	041126/04.MO	1	Punto	114	116	112	107	103	103	108	100	98
2.05.05	TURBINA A VAPORE	Capannone (parte superiore) contenente la cabina alternatore e la cabina turbina	041126/04.MO	1	Area	102	118	114	105	95	91	89	79	71
2.05.06	TURBINA A VAPORE	Capannone (parte inferiore) contenente il refrigerante alternatore e il condensatore	041126/04.MO	1	Area	100	117	114	98	89	85	82	71	60
2.06.01	CONDENSATORE E POMPE DEL	Tubazione vapore da scarico turbina	041126/05.MO	1	Lineare	107	110	112	105	102	97	92	86	80

³ Questa colonna indica il numero di sorgenti che devono essere considerate per ogni tipologia

N°	Gruppo	Nome Sorgente	Disegno	N° ₃	Tipo	LWA	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	CONDENSATO													
2.06.02	CONDENSATORE E POMPE DEL CONDENSATO	Ventilatore di raffreddamento a bassa velocità	041126/05.MO	24	Punto	88	88	86	84	82	82	79	73	65
2.06.03	CONDENSATORE E POMPE DEL CONDENSATO	Ventilatore di raffreddamento ad alta velocità	041126/05.MO	24	Punto	101	102	97	95	93	94	93	88	74
2.06.04	CONDENSATORE E POMPE DEL CONDENSATO	Serbatoio del condensato	041126/05.MO	1	Punto	100	99	98	96	95	91	89	86	81
2.06.05	CONDENSATORE E POMPE DEL CONDENSATO	Pompa di estrazione del condensato	041126/05.MO	2	Punto	102	91	100	93	91	92	94	92	88
2.06.06	CONDENSATORE E POMPE DEL CONDENSATO	Pompa a vuoto	041126/05.MO	1	Punto	101	92	96	102	91	93	90	88	89
2.07.01	TRASFORMATORE ELEVATORE	Gruppo di trasformazione con basso raffreddamento	041126/01.MO	3	Punto	96	104	105	95	96	91	85	80	74
2.07.02	TRASFORMATORE ELEVATORE	Gruppo di trasformazione con raffreddamento massimo	041126/01.MO	3	Punto	100	106	107	98	99	94	89	84	78
2.08.01	TORRI DI RAFFREDDAMENTO	Ventilatore di raffreddamento	041126/06.MO	4	Punto	103	104	103	101	98	96	90	86	78
2.08.02	TORRI DI RAFFREDDAMENTO	Caduta dell'acqua di raffreddamento	041126/06.MO	8	Area	93	87	82	81	81	82	85	86	86
2.08.03	TORRI DI RAFFREDDAMENTO	Pompa dell'acqua per la torre di raffreddamento	041126/06.MO	4	Punto	93	80	81	78	84	87	86	83	77
2.09.01	IMPIANTO ACQUA DEMINERALIZZATA	Pompa di reintegro dell'acqua demineralizzata	041126/01.MO	3	Punto	97	83	83	85	91	87	89	87	88
2.09.02	IMPIANTO ACQUA DEMINERALIZZATA	Tubazione dell'acqua demineralizzata	041126/01.MO	1	Lineare	107	81	81	79	85	95	100	99	92
2.09.03	IMPIANTO ACQUA DEMINERALIZZATA	Valvola tubazione acqua demineralizzata	041126/01.MO	1	Punto	103	74	71	76	80	93	96	95	87

Tabella 2 – Spettri dei livelli di potenza sonora riferiti alle sorgenti di rumore determinate.

5 CONCLUSIONI

L'esame degli elaborati permette di fare alcune considerazioni che potranno anche essere utili in fase di simulazione.

- la potenza totale, corrispondente all'impianto esaminato al massimo funzionamento, risulta pari a $L_{WA} = 123.5 \text{ dBAW}$
- la potenza totale, corrispondente all'impianto esaminato al massimo funzionamento, eliminando il contributo di attenuazione dei capannoni, risulta pari a $L_{WA} = 128 \text{ dBAW}$
- la sorgente del corpo camino è da confidarsi come lineare su 360° .
- la sorgente dovuta alla bocca di scarico del camino deve essere considerata con emissione emisferica. Il valore di pressione sonora è stato calcolato e non misurato.
- le superfici laterali del corpo caldaia lati nord e sud sono da considerarsi come sorgenti area, date le loro dimensioni.
- Altre superfici come le cabine delle pompe alimento, degli alternatori, delle turbine a gas e a vapore, l'aspirazione della turbina a gas, possono essere considerate come sorgenti pannello.

La ripartizione della potenza deve essere ottenuta in proporzione alla lunghezza se trattasi di sorgente lineare, alla superficie se trattasi di sorgente area, al numero di pannelli se trattasi di sorgenti pannello, con la precisazione che la superficie di ciascun pannello sia dello stesso ordine di grandezza.

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA SIGE S.r.l.

Alla realizzazione di questo documento hanno preso parte:

Dott. Andrea Drago	Tecnico Competente in Acustica Ambientale (D. dirigenziale n. 583 del 22 marzo 2000)
Dott. Federico Gaggero	Tecnico Competente in Acustica Ambientale (D. dirigenziale n. 388 del 26 febbraio 2001)
Ing. Giacomo Moro	Tecnico Competente in Acustica Ambientale (D.G.R. n.3653 del 31 ottobre 1996)
Dott. Alfonso Pavone	Tecnico Competente in Acustica Ambientale (D.G.R. n.3653 del 31 ottobre 1996)

I Tecnici elencati sono iscritti all'albo dei Tecnici Competenti in Acustica Ambientale della Regione Liguria.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] UNI EN ISO 12001:1998, *Rumore emesso da macchine ed apparecchiature. Regole per la stesura e la presentazione di una procedura per prove di rumorosità.*
- [2] UNI 8959:1988, *Misura del rumore aereo emesso da impianti a turbina a gas. Prescrizioni e metodo di rilevamento.*
- [3] UNI EN ISO 3740:2002, *Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore. Linee guida per l'uso delle norme di base.*
- [4] Spagnolo R., *Manuale di Acustica*, UTET, Torino, 2001.

APPENDICE 1 - Bande di terzi d'ottava e bande d'ottava

La tabella seguente riporta la corrispondenza tra le bande a terzi d'ottava e le bande di ottava.

<i>i</i>	Terzi di banda d'ottava	Banda d'ottava	<i>j</i>
1	50	63	1
2	63		
3	80		
4	100	125	2
5	125		
6	160		
7	200	250	3
8	250		
9	315		
10	400	500	4
11	500		
12	630		
13	800	1.000	5
14	1.000		
15	1.250		
16	1.600	2.000	6
17	2.000		
18	2.500		
19	3.150	4.000	7
20	4.000		
21	5.000		
22	6.300	8.000	8
23	8.000		
24	10.000		

Tabella 3 – Corrispondenza tra le bande di terzi d'ottave e le bande d'ottava.

APPENDICE 2 – Rapporti relativi alle misure eseguite









































































































