

Giorgio Campolongo Fabio Formenti

ISOLAMENTO ACUSTICO DELLA CENTRALE TERMICA

INDICE

<i>Introduzione</i>	pag.	9
1. Fonti di rumore e isolamento acustico all'origine		
1.1. La caldaia	»	11
1.1.1. Le fonti di rumore nella caldaia	»	11
1.1.2. L'isolamento del bruciatore	»	12
1.1.3. L'insonorizzazione del raccordo del camino	»	15
1.2. Le pompe e l'impianto di circolazione.....	»	17
1.2.1. La rumorosità delle pompe	»	17
1.2.2. L'isolamento delle pompe dalle strutture	»	18
1.2.3. L'isolamento delle pompe dalle tubature	»	18
1.2.4. Le fonti di rumore nelle tubature	»	19
1.2.4.1. La turbolenza	»	19
1.2.4.2. La cavitazione	»	20
1.2.4.3. La dilatazione termica	»	22
1.2.5. L'isolamento delle tubature.....	»	22
1.2.5.1. Isolamento delle vibrazioni	»	22
1.2.5.2. Soluzioni a problemi derivanti da dilatazione termica	»	25
1.3. Scelta dei componenti e ubicazione della centrale termica	»	25
1.3.1. Scelta dei componenti.....	»	25
1.3.2. Influenza della localizzazione sul rumore negli ambienti abitati.....	»	26
1.3.3. Il caso dell'installazione in terrazza	»	26
2. L'isolamento delle vibrazioni		
2.1. Nozioni fondamentali di isolamento delle vibrazioni	»	30
2.1.1. I sistemi a un grado di libertà non smorzato	»	30
2.1.2. Lo smorzamento	»	32
2.2. Metodo di calcolo dei supporti antivibranti	»	33
2.3. I tipi di supporti antivibranti.....	»	36

2.3.1. Le molle metalliche	»	36
2.3.2. Gli elastomeri	»	37
2.4. I basamenti e il bilanciamento del carico	»	37

3. Isolamento sul percorso di propagazione del rumore

3.1. Nozioni fondamentali di isolamento acustico	»	41
3.1.1. L'isolamento acustico (D).....	»	41
3.1.2. Il coefficiente di trasmissione sonora (τ)	»	42
3.1.3. Il potere fonoisolante (R)	»	42
3.1.4. La legge della massa.....	»	45
3.1.5. La risonanza	»	45
3.1.6. La coincidenza	»	45
3.2. I silenziatori	»	47
3.2.1. I silenziatori ad assorbimento	»	47
3.2.2. I silenziatori reattivi	»	49
3.2.3. I silenziatori misti	»	50
3.3. L'isolamento delle murature	»	50
3.3.1. Le pareti semplici	»	50
3.3.2. Le pareti doppie	»	51
3.4. L'isolamento delle porte	»	55
3.5. L'isolamento delle prese d'aria.....	»	57
3.6. I pavimenti galleggianti	»	59
3.6.1. Tecniche costruttive	»	59
3.6.2. Il massetto galleggiante	»	61
3.6.3. Il materiale resiliente	»	61
3.7. I controsoffitti fonoisolanti	»	62
3.8. Le barriere acustiche.....	»	65

4. Tre casi di centrali termiche problematiche

4.1. Normativa	»	69
4.1.1. L_{95}	»	69
4.1.2. Il criterio della "normale tollerabilità"	»	71
4.1.3. Il D.P.C.M. 05/12/1997	»	72
4.2. Caso n. 1	»	72
4.2.1. Caratteristiche delle apparecchiature installate nella centrale termica.....	»	73
4.2.2. Rilevamenti fonometrici	»	75
4.2.3. Impressioni soggettive degli abitanti	»	76
4.2.4. Conclusioni	»	76

4.3. Caso n. 2	»	78
4.3.1. Caratteristiche delle apparecchiature installate nella centrale termica.....	»	79
4.3.2. Rilevamenti fonometrici	»	80
4.3.3. Impressioni soggettive degli abitanti	»	81
4.3.4. Conclusioni	»	81
4.4. Caso n. 3	»	83
4.4.1. Caratteristiche delle apparecchiature installate nella centrale termica.....	»	84
4.4.2. Rilevamenti fonometrici	»	86
4.4.3. Impressioni soggettive degli abitanti	»	87
4.4.4. Conclusioni	»	87

5. Progetti di insonorizzazione di centrali termiche

5.1. Caso n. 4: un intervento globale di insonorizzazione	»	89
5.1.1. La vicenda e il contesto	»	89
5.1.2. Riduzione della rumorosità prodotta alla sorgente	»	91
5.1.2.1. Cuffie ai bruciatori.....	»	91
5.1.2.2. Rifacimento della canalizzazione del camino	»	92
5.1.3. Attenuazione del rumore propagato per via aerea dalle aperture di ventilazione.....	»	93
5.1.3.1. Eliminazione delle aperture superflue	»	94
5.1.3.2. I silenziatori per le prese d'aria	»	94
5.1.4. Isolamento delle vibrazioni.....	»	99
5.1.4.1. Isolamento delle caldaie	»	99
5.1.4.2. Isolamento delle pompe.....	»	102
5.1.5. Rivestimento delle superfici interne della centrale termica.....	»	105
5.1.6. Il collaudo di fine lavori	»	106
5.1.6.1. Strumentazione e condizioni delle misure.....	»	106
5.1.6.2. Risultati delle misurazioni	»	107
5.1.7. Verifica rispetto ai limiti di legge	»	108
5.1.8. Conclusioni	»	108
5.2. Caso n. 5: i “colpi” delle dilatazioni termiche delle tubazioni ..	»	109
5.2.1. La vicenda e il contesto	»	109
5.2.2. Il sopralluogo	»	109
5.2.3. L'intervento.....	»	110

Bibliografia.....	»	115
-------------------	---	-----

INTRODUZIONE

Il rumore prodotto dalle centrali termiche costituisce un problema molto diffuso e di particolare interesse negli ambiti di comunità, come condomini e complessi residenziali.

Questo testo affronta la questione attraverso una panoramica su tutti i possibili accorgimenti tecnici da applicare nella progettazione della centrale termica, dalla riduzione del rumore dei macchinari fino all'isolamento delle vibrazioni e del suono lungo il percorso di propagazione.

Il fine è quello di fornire un supporto pratico e immediato per la soluzione dei problemi di rumorosità degli impianti: ci si è limitati nella trattazione degli aspetti teorici per dedicare massimo spazio alle applicazioni pratiche.

La trattazione è strutturata partendo dall'analisi di tutte le componenti rumorose degli impianti di riscaldamento (principalmente caldaie, pompe e tubature). Per ognuno di questi elementi vengono presentati tutti gli accorgimenti da applicare per ridurre al minimo la rumorosità.

L'isolamento delle vibrazioni viene affrontato, data la sua specificità e la sua grande importanza, in un capitolo a parte. Ad esso segue la pratica dell'isolamento del rumore lungo il cammino di propagazione fino agli ambienti abitati.

Alcuni cenni sulle fonti normative in materia di immissioni di rumore (primo fra tutti il D.P.C.M. 05/12/1997, che stabilisce i requisiti acustici degli impianti tecnologici) introducono la trattazione di tre casi critici di altrettante centrali termiche "rumorose": attraverso quattro passaggi metodologicamente fondamentali (descrizione delle caratteristiche delle apparecchiature installate nella centrale termica, rilevamenti fonometrici, registrazione delle impressioni soggettive degli abitanti, conclusioni) viene fornita una "diagnosi" esatta del caso, presupposto di qualsiasi intervento di risoluzione dei problemi di rumorosità.

Infine, il Capitolo 5 riporta puntualmente due interventi di insonorizzazione di centrali termiche. Vengono analizzati vicenda e contesto, per pas-

sare alle tecniche di attenuazione e riduzione delle vibrazioni e del rumore, e pervenire al collaudo finale e alla verifica empirica del rispetto dei limiti di legge.

Questo libro è rivolto al personale tecnico delle ditte che costruiscono, installano ed effettuano la manutenzione delle centrali termiche, nonché agli architetti e a tutti i progettisti che vogliono acquisire le competenze necessarie alla progettazione di centrali termiche non-disturbanti.

1. FONTI DI RUMORE E ISOLAMENTO ACUSTICO ALL'ORIGINE

1.1. LA CALDAIA

La rumorosità di una caldaia dipende da diversi fattori, quali la sua potenza, il tipo di combustibile usato, la tecnologia costruttiva del bruciatore, la qualità del prodotto nonché la sua epoca di costruzione. Esiste una correlazione positiva tra potenza termica e rumore prodotto: una caldaia sarà infatti tanto rumorosa quanto potente. Il tipo di combustibile usato, e di conseguenza la tecnologia del bruciatore, influiscono in modo decisivo, a parità di potenza del bruciatore, sul rumore emesso.

Negli ultimi anni si è assistito a un miglioramento delle caratteristiche acustiche delle caldaie, sia grazie all'introduzione di tecnologie nuove, come i bruciatori a condensazione, sia grazie al miglioramento costante delle tipologie "classiche". Dall'esperienza degli autori risulta effettivamente una sensibile diminuzione della rumorosità, a parità di potenza e tecnologia del bruciatore, nelle caldaie più recenti.

In tabella 1 sono raccolti i valori di pressione sonora misurati a un metro di distanza su caldaie diverse per potenza, tecnologia ed epoca di costruzione.

Tabella 1.1.

Tipo di bruciatore	A gas di rete	A gasolio	A condensazione
Potenza	520 Kw (450.000 kcal/h)	230 Kw (200.000 kcal/h)	350 Kw (300.000 kcal/h)
Anno di costruzione	1983	1996	2002
Livello sonoro a 1 m (dB)	99,5	88,6	74.0

1.1.1. Le fonti di rumore nella caldaia

Il tipico spettro del rumore prodotto da una caldaia è ricco di basse frequenze, si sviluppa infatti principalmente nel campo di frequenze fino a 500 Hz con alcuni toni puri, anche di una certa rilevanza, intorno ai 100-200 Hz, dovuti a fenomeni di risonanza. Le basse frequenze sono notoriamente le più problematiche da isolare, e sono il motivo per cui gli interventi di isolamento di centrali termiche possono diventare, in certi casi, complessi e onerosi.

In pratica, le principali fonti di rumore in una caldaia sono:

- il bruciatore;
- il sistema focolare-camino.

Il bruciatore emette a sua volta rumore per diverse cause:

- la turbolenza del flusso d'aria aspirato;
- la vorticosità della miscela espulsa dagli ugelli;
- l'eventuale ventola di aspirazione dell'aria comburente, azionata da un motore elettrico;
- gli eventuali ingranaggi e sistemi di polverizzazione dell'olio combustibile, nel caso di impianti a nafta.

Il rumore di vorticosità degli ugelli del combustibile si sviluppa all'interno della caldaia e, pur essendo notevole, è in parte attenuato dal rivestimento isolante della caldaia stessa, mentre il rumore dovuto all'aspirazione dell'aria è ben avvertibile all'interno del locale caldaia.

La fiamma generata dal bruciatore non è statica, ma oscilla a una certa frequenza. Tali oscillazioni possono dare luogo, in certe condizioni, a *fenomeni di risonanza*. Infatti, la massa d'aria contenuta nel focolare e nel raccordo al camino si comporta come un sistema massa-molla, e ha una frequenza di vibrazione libera. Quando questa coincide con il periodo di fluttuazione della fiamma si ha un tipico fenomeno di risonanza, con conseguente amplificazione del rumore.

La canna fumaria può diventare vettore del suono così prodotto, trasportandolo verso ambienti abitati lontani dalla sorgente. Si è a conoscenza di centrali termiche condominiali che con il loro rumore disturbavano, tramite questo fenomeno, inquilini lontani diversi piani.

1.1.2. L'isolamento del bruciatore

Per isolare il bruciatore, si può installare una cosiddetta *cuffia fonoisolante*. Si tratta di realizzare una "scatola" in materiale fonoisolante di dimensioni sufficienti a contenere il bruciatore da applicare alla caldaia. Essa dovrà essere mobile, per poter accedere facilmente al bruciatore per gli interventi di manutenzione, e allo stesso tempo dovrà aderire il meglio possibile al corpo della caldaia, per evitare ogni passaggio d'aria con l'esterno che rappresenterebbe una via di fuga per il rumore.

L'aria comburente arriverà al bruciatore esclusivamente per mezzo di un condotto, rettilineo o a gomito, opportunamente dimensionato, trattato superficialmente con materiale fonoassorbente, che funge da silenziatore (figura 1.1).

La presa d'aria della cuffia deve essere dimensionata secondo le esigenze del bruciatore, sapendo che più un bruciatore sarà potente, più consumerà combustibile, e quindi ossigeno. La portata d'aria Q (m^3/h) necessaria a un bruciatore a gas può essere calcolata tramite la seguente formula:

$$Q = \frac{P}{8250 \text{ kcal} / m^3} \cdot 12 \frac{m^3}{m^3}$$

dove

- P = potenza del bruciatore [kcal/h]
- $8250 \text{ kcal} / m^3$ = potere calorifico del metano
- $12 \text{ m}^3 / m^3$ = quantità d'aria necessaria per bruciare 1 m^3 di metano.

Una volta ottenuta la portata oraria, bisogna calcolare la superficie della presa d'aria in modo da ottenere una velocità di scorrimento dell'aria limitata, intorno ai 3 m/s .

$$S = \frac{Q}{3 \frac{m}{s}} \cdot \frac{1}{3600}$$

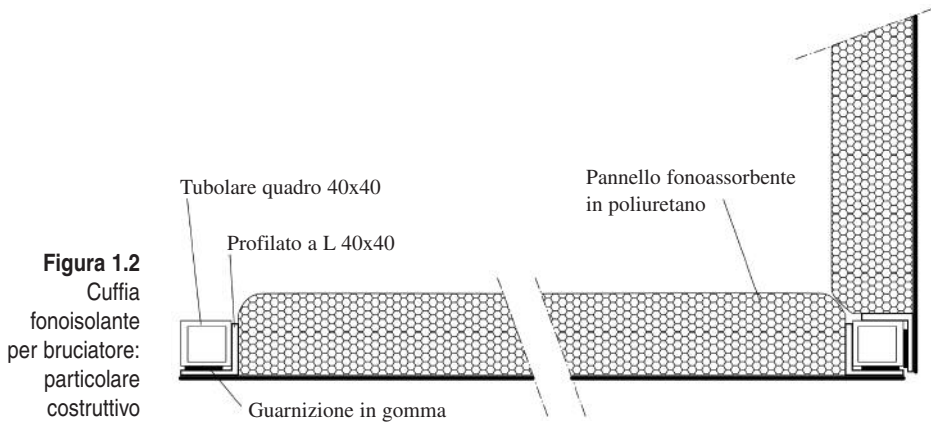
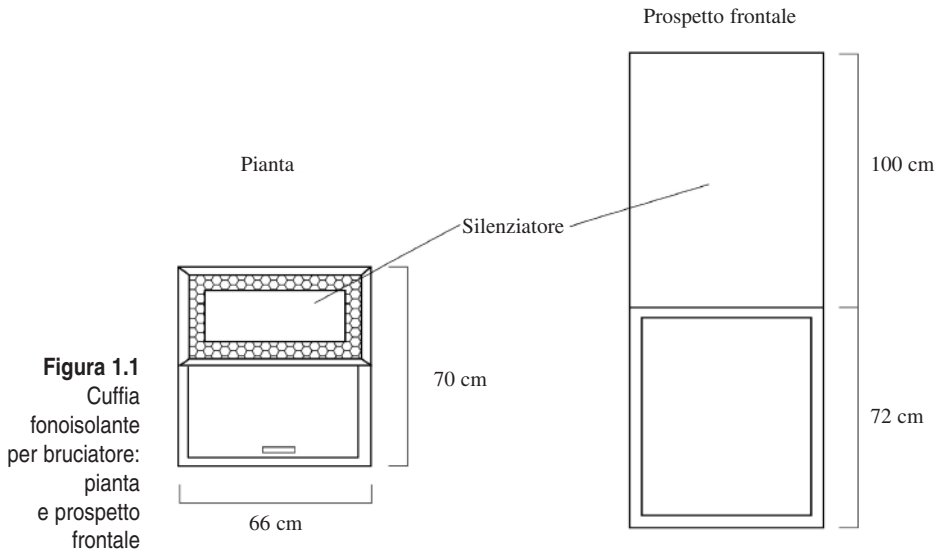
dove

- S = superficie dell'apertura [m^2]
- Q = portata calcolata nella formula precedente [m^3/h]
- 3 m/s = velocità di scorrimento imposta
- 3600 = secondi in un'ora.

Per realizzare una cuffia fonoisolante su misura, bisogna dimensionarla secondo l'ingombro del bruciatore che essa dovrà contenere.

Va poi realizzato il telaio portante della cuffia, ad esempio con un tubolare quadro d'acciaio da 40 mm .

I pannelli fonoisolanti da applicare al telaio possono essere costruiti tramite un'intelaiatura perimetrale in ferri a L da 40 mm , tamponata con una lamiera cieca d'acciaio di spessore $15/10$. Alla lamiera saranno poi incollati i pannelli fonoassorbenti in poliuretano o poliestere.



La figura 1.1 rappresenta, in pianta e in prospetto, una cuffia fonoisolante realizzata per un bruciatore a gas da 970 Kw, mentre il dettaglio costruttivo in figura 1.2 illustra la soluzione tecnica utilizzata per realizzare l'unione tra la struttura e i tamponamenti. Le pareti della cuffia e il silenziatore non sono saldati alla struttura, ma fissati tramite ganci che ne permettono uno smontaggio rapido in caso di intervento sul bruciatore. Una cuffia di questo tipo, ben costruita, ha un'attenuazione pari ad almeno 10 dB.

Si riporta a scopo d'esempio il calcolo effettuato per dimensionare la presa d'aria di tale cuffia.

Il bruciatore aveva potenza 970 Kw, uguale a 835.000 kcal. Si ricordi che il fattore di conversione tra Kw e kcal/h è 860 kcal/Kw.

$$Q = \frac{835000 \text{ kcal/h}}{8250 \text{ kcal/m}^3} \cdot 12 = 1200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Quindi

$$S = \frac{1200 \text{ m}^3/\text{h}}{3 \text{ m/s}} \cdot \frac{1}{3600} = 0,11 \text{ m}^2$$

Una superficie libera di 0,11 m² permette quindi di ottenere una velocità di scorrimento accettabile di 3 m/s.

1.1.3. L'insonorizzazione del raccordo del camino

Quando si verificano certe condizioni di risonanza, il sistema focolare-camino diventa una sorgente primaria di rumore.

La soluzione tipica per ovviare a questo problema consiste nell'inserire un opportuno *silenziatore* nel condotto di raccordo tra la caldaia e la canna fumaria.

Il rumore convogliato verso la canna fumaria è formato da diverse frequenze medio basse tra le quali emerge un tono puro, di norma intorno ai 150 Hz.

I silenziatori normalmente usati per i raccordi fumari delle caldaie sono quindi di tipo *misto*: assorbono cioè il suono sia tramite *frizione* sia tramite *risonanza*.

Per la teoria e la terminologia riguardante i silenziatori, si veda il paragrafo 3.2. Qui si ricorderà solo che un silenziatore a frizione (o *ad assorbimento*) è discretamente efficace su uno spettro di frequenze piuttosto ampio, mentre un silenziatore a risonanza assorbe molto bene una precisa frequenza, ma è quasi ininfluenza sulle frequenze che si allontanano da essa. In un raccordo fumario, la parte risonante del silenziatore garantisce un elevato assorbimento ad una frequenza precisa (quella di risonanza del sistema focolare-camino), mentre la parte funzionante a frizione provvede a un certo assorbimento a più ampio spettro, utile a ridurre la rumorosità totale immessa nella canna fumaria.

La figura 1.3 rappresenta la sezione tipo di un *silenziatore misto*, dotato di camere risonanti tarate a 100 Hz e di materiale fonoassorbente. Il grafico in figura 1.4 rappresenta invece l'andamento dell'assorbimento nella gamma delle frequenze per lo stesso silenziatore. Si noti lo spostamento verso l'alto della curva in corrispondenza dei 100-125 Hz, dovuto al contributo dei risonatori.

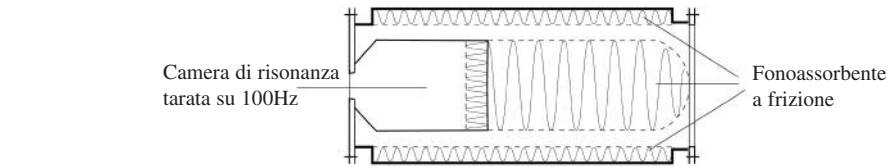
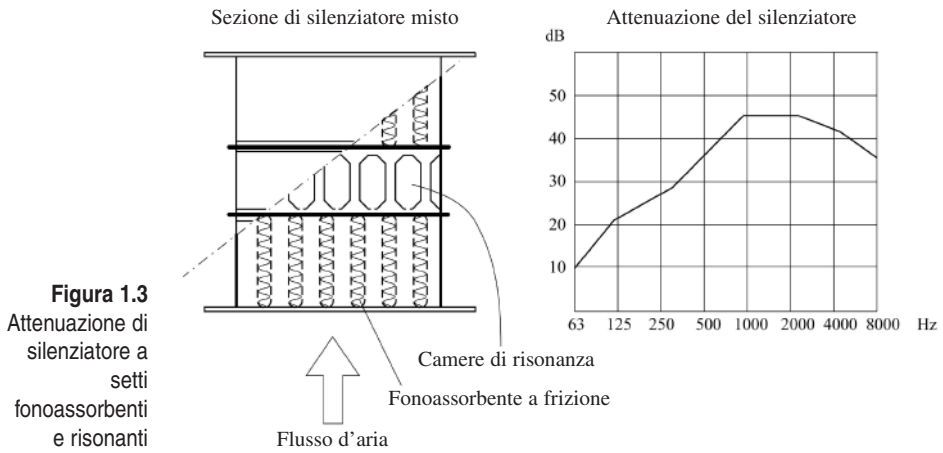
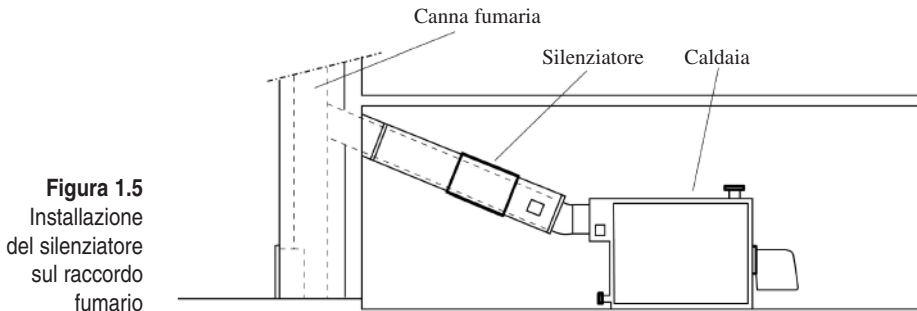


Figura 1.4
Sezione e prospetto di silenziatore per condotto fumario

Il primo passo per silenziare un raccordo fumario è quindi misurare lo spettro del rumore. Se si identifica un tono puro, bisogna stabilirne la frequenza. A questo punto, la scelta del silenziatore va orientata verso un modello dotato di risonatore accordato a tale frequenza.

Nella pratica, il silenziatore deve essere inserito sul condotto di scarico tra l'uscita dalla caldaia e l'imbocco della canna fumaria, come in figura 1.5.



Questo tipo di soluzione presuppone, ovviamente, che nella centrale termica vi sia lo spazio sufficiente per poter alloggiare il silenziatore, che è un oggetto di un certo ingombro.

1.2. LE POMPE E L'IMPIANTO DI CIRCOLAZIONE

1.2.1. La rumorosità delle pompe

Il rumore causato dalle pompe si produce essenzialmente secondo tre percorsi di propagazione:

- 1) il rumore aereo emesso dal corpo stesso della pompa;
- 2) le vibrazioni trasmesse dalla pompa alle strutture murarie sulle quali è appoggiata o ancorata;
- 3) le vibrazioni trasmesse dalla pompa alle tubazioni all'acqua contenuta e da queste trasmesse alle strutture murarie sulle quali le tubazioni sono fissate.

Il rumore aereo prodotto da una pompa è generalmente piuttosto basso, ed è quindi trascurabile a causa dell'isolamento acustico delle solette.

Le vibrazioni prodotte dalla pompa e trasmesse direttamente alle strutture, o immesse nel liquido scaldante sono sicuramente più rilevanti. Tale problema non va assolutamente sottovalutato, in quanto anche il miglior progetto di isolamento può facilmente essere vanificato da pompe non isolate rispetto alle tubature che possono trasportare – al di là degli interventi di insonorizzazione del locale caldaia – notevoli quantità di vibrazioni, e quindi di rumore. Per questo motivo, può succedere che una pompa giudicata “a orecchio” nel locale caldaia, più rumorosa, non arrechi disturbo nelle abitazioni, proprio perché le vibrazioni emesse sono di bassa intensità, o perché sono isolate.

Per quanto riguarda la composizione in frequenze del rumore prodotto, si riconosce un componente tonale importante, la cui frequenza è legata alla velocità di rotazione e al numero delle pale di cui la pompa è dotata. Tale frequenza può essere facilmente determinata tramite la formula:

$$f = \frac{N \cdot n}{60} \quad 1.1$$