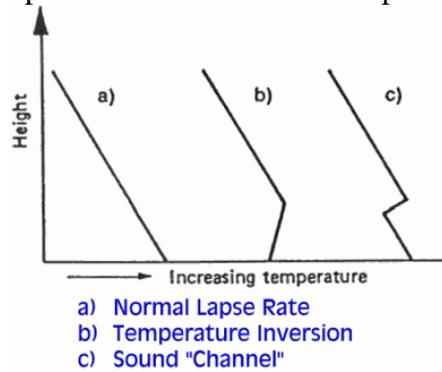


Attenuazione in Eccesso

Esistono varie cause di attenuazione in eccesso, oltre all'attenuazione per divergenza geometrica. Vediamo nel seguito le più comuni...

Temperatura dell'aria

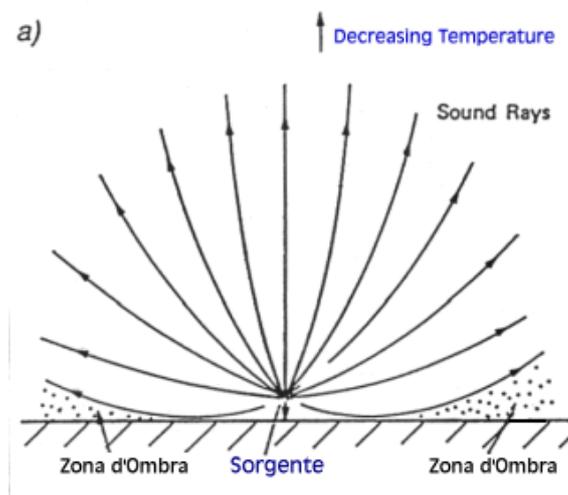
La temperatura dell'aria è variabile con la quota. Di tutte le possibili configurazioni di questa variazione se ne possono sintetizzare tre dei possibili casi:



In queste diverse condizioni il fronte sonoro non si propaga linearmente ma tende a incurvarsi.

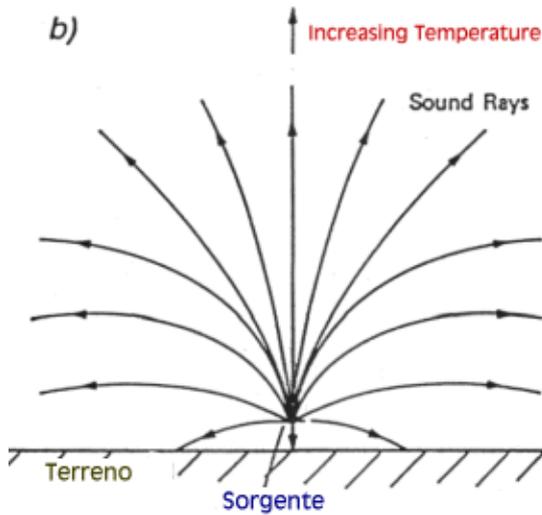
Per il disegno è stato adottato il metodo delle linee di campo sonoro (raggi sonori o *Sound Rays*): questi raggi sono ortogonali al fronte d'onda e rappresentano punti di iso intensità sonora.

a) Andamento Normale



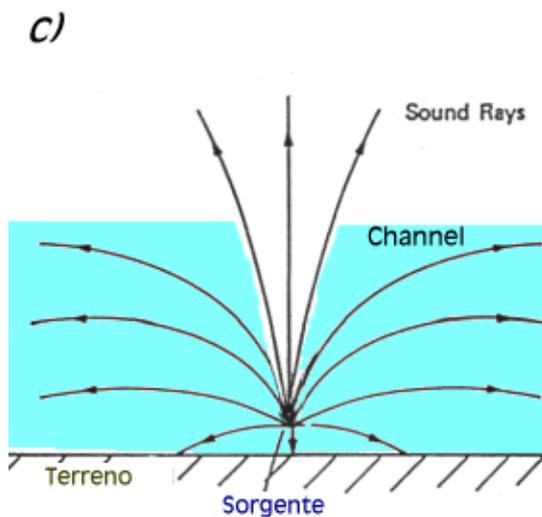
La temperatura diminuisce con l'allontanarsi dal terreno. I raggi sonori si aprono e si dirigono verso l'alto. Esiste una superficie (teorica) limite, tangente al terreno, sotto la quale il suono non arriva e si presenta una zona d'ombra sonora.

b) Inversione Termica



E' una delle configurazioni tipica della Pianura Padana: il terreno è più freddo dell'aria circostante, fino a quando l'altezza non comincia a prevalere.

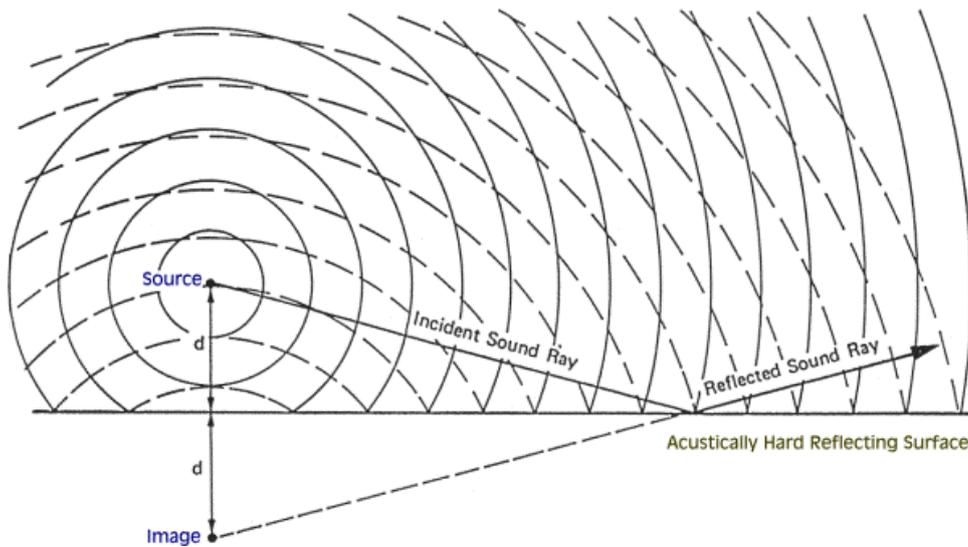
c) Canale Sonoro



E' un fenomeno che si presenta normalmente in presenza della nebbia. Il terreno è caldo, ma la nebbia è più fredda e la temperatura scende. Appena si supera la coltre, il sole riscalda l'aria e la temperatura aumenta, fino a quando torna a prevalere la diminuzione di temperatura con l'altezza.

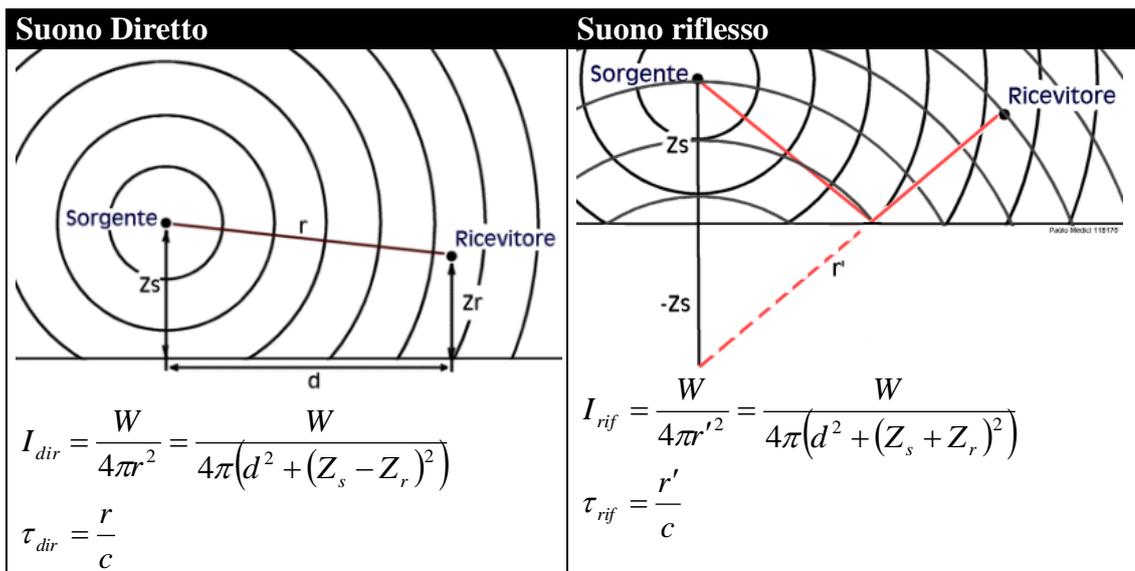
Il suono sale e viene intrappolato in un canale formato dalla nebbia stessa e in queste condizioni il suono percorre distanze notevoli (rispetto ai casi precedenti) prima di ricadere a terreno.

Interazione con una superficie orizzontale



Se la sorgente è *non coerente* (per esempio di tipo *random*) anche il suono riflesso è *random* e la risultante in un punto è ancora un segnale indipendente dalla sorgente.

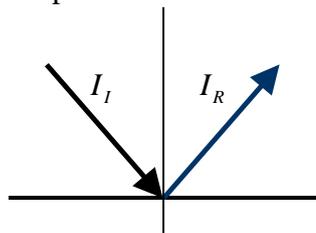
- piano perfettamente riflettente



E' immediato constatare che $I_{rif} \leq I_{dir}$ pertanto il riflesso è un suono più basso del diretto, e arriva dopo.

Se il suono fosse *random* e sufficientemente sfasate l'intensità risultante sarebbe la somma dei due contributi.

- piano riflettente con coefficiente di assorbimento α



$I_R = I_I(1 - \alpha) = \frac{W}{4\pi r^2}(1 - \alpha)$. Se $\alpha=0$ la superficie è speculare e si torna al caso precedente.

Nei casi di superfici non speculari entrano anche le superfici che non solo assorbono parte l'onda, ma che tendono anche a diffonderla.

OSTACOLI

Le onde sonore, come le onde elettromagnetiche, interagiscono con la materia, ma a differenza di queste ultime si ha un comportamento diverso se analizzate a bassa o alta frequenza. Questo comportamento è conseguenza del fatto che nel caso delle onde elettromagnetiche le fenditure sono un migliaio di volte maggiori della lunghezza d'onda incidente, mentre in questo caso, dove le grandezze in gioco hanno pressappoco la stessa dimensione, ci possono essere risposte diverse a seconda delle diverse lunghezze d'onda.

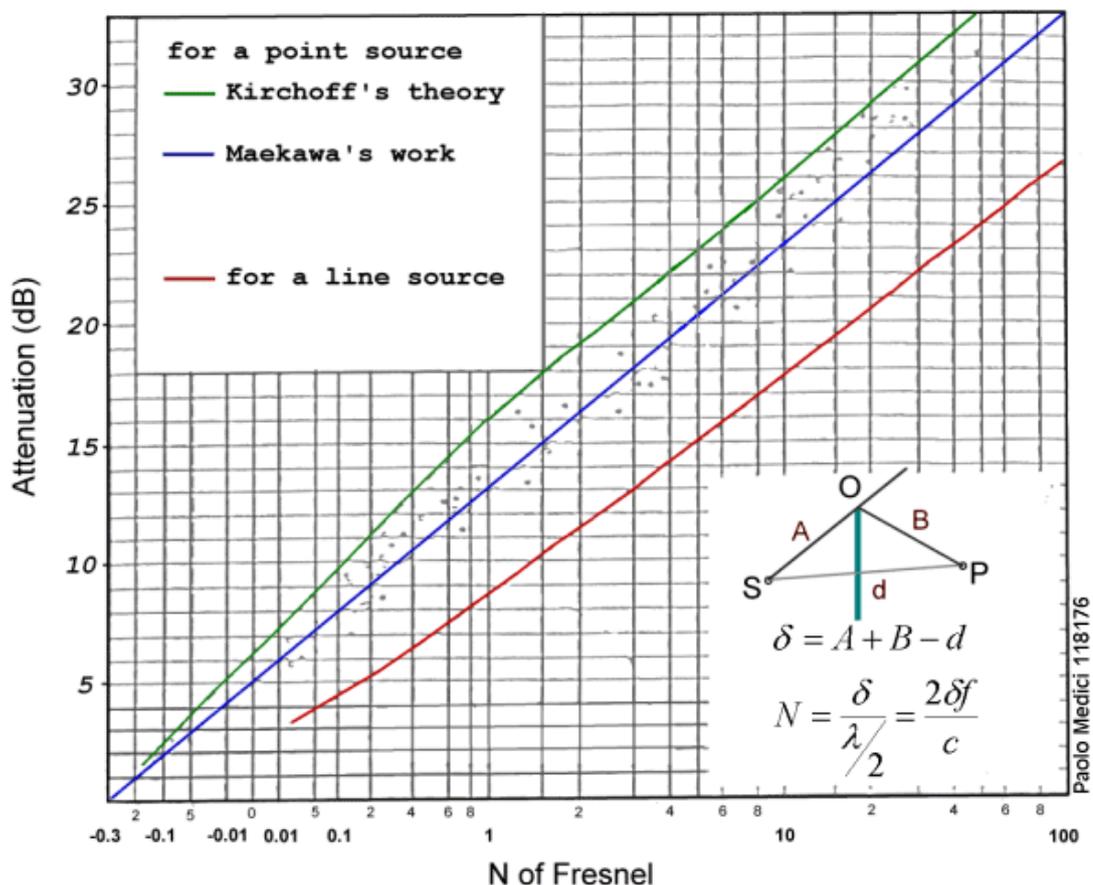
	Bassa frequenza	Alta Frequenza
Ostacolo (un muro che si propaga perpendicolare al foglio)	<p>Il bordo esterno P diventa esso stesso sorgente di un'onda cilindrica</p>	<p>L'onda cilindrica non è completa, con la formazione di una zona d'ombra.</p>
Fenditura	<p>La fenditura è sorgente di un'onda sferica</p>	<p>Si forma un raggio, il quale è più collimato più è alta la frequenza.</p>

Curve di Maekawa

Avevano ricavato che in campo libero il livello sonoro decresce con la formula $L_{dir} = L_w - 11 - 20 \log d$. Se tra la sorgente e il ricevitore poniamo un ostacolo, come cambia questo valore? L'ostacolo è uno schermo di altezza definita, sufficientemente spesso per evitare la propagazione attraverso la parte solida, e invece molto lungo. Un muro è un esempio. In questa condizione, a parità di dimensioni, si ottiene (per via sperimentale) che il materiale di cui è costituito il muro non influenza il decadimento.

Maekawa per via teorica propose questa relazione:

$\Delta L = L_{dir} - L_{schermo}$ e $\Delta L = 10 \log(3 + 20N)$ dove N è un numero puro detto di **Fresnel**:



Se la sorgente è lineare invece che puntiforme l'assorbimento è inferiore di circa 5dB. Infatti, una sorgente lineare (l'autostrada) è più difficile da schermare con una barriera rispetto a una sorgente concentrata (la fabbrica).

Una formulazione alternativa è quella proposta da Kurze:

$\Delta L = 5 + 20 \log \frac{\sqrt{2\pi N}}{\tanh \sqrt{2\pi N}}$, formula che si dimostra più accurata per valori di N

bassi, mentre per N elevati si ottiene la formulazione di Maekawa.