Soluzione compito 16/01/2018

Esercizio 1

La *relazione previsionale di clima acustico* è definita nell'articolo 8 della legge quadro 447/95; è una valutazione prevista in aree interessate alla realizzazione delle seguenti tipologie di insediamenti:

- Scuole;
- Ospedali;
- Case di cura e di riposo;
- Parchi;
- Nuovi insediamenti prossimi ad infrastrutture di trasporti, discoteche, circoli, impianti sportivi.

La RPCA impone di verificare i livelli sonori presenti nella zona causati dalle sorgenti che vi insistono.

La *relazione previsionale di impatto acustico*, definita nell'art. 8 della legge quadro 447/95, è una valutazione dell'impatto sonoro determinato dalle sorgenti sottoelencate, che vanno a modificare le condizioni sonore preesistenti in una determinata porzione di territorio. Su richiesta dei comuni, devono produrre una relazione previsionale di impatto acustico i soggetti titolari dei progetti o delle opere di seguito elencate:

- Aeroporti, aviosuperfici, eliporti;
- Strade;
- Discoteche;
- Circoli;
- Impianti sportvi;

- Ferrovie.

La relazione deve contenere già al suo interno le misure necessarie a contenere il livello di rumore entro i valori ammessi dalla legge se dallo studio di impatto si prevede che il rumore generato dall'attività andrà oltre il limite di emissione.

L'articolo 4 della LQ 477/95 impone ai comuni la *classificazione del territorio* in 6 zone acusticamente omogenee, secondo i criteri dettati dalla regione di appartenenza e tenendo conto delle pre-esistenti destinazioni d'uso già individuati dagli strumenti urbanistici in vigore.

Nonostante siano le regioni a dettare l'iter amministrativo dei piani di zonizzazione, le procedure amministrative di approvazione del piano prevedono comunque le seguenti fasi comuni:

1. adozione del piano con provvedimento amministrativo del comune e contestuale deposito per pubblica visione;
2. trasmissione del piano ad organi competenti (Regione, Provincia, Comuni confinanti, ARPA, etc.) per ricevere eventuali osservazioni e pareri;
3. approvazione del piano da parte del comune (oppure dalla regione, in caso di inerzia dei comuni, come stabilito dall'articolo 4 della LQ 447/95).

Il *piano di risanamento acustico* è definito nell'art. 7 della LQ 447/95, ed è necessario nel caso di superamento dei valori di attenzione. I piani di risanamento devono contenere un'indicazione di:

- tipologia ed entità dei rumori presenti;
- soggetti a cui compete l'intervento;
- priorità;
- stima degli oneri finanziari;
- eventuali misure cautelari.

Esercizio 2

Risposte non in ordine:

Dato un campo di pressione p, che agisce su uno strato unitario, il lavoro che compie durante l'intervallo di tempo dt sulle particelle del mezzo in cui si propaga l'onda è $L = pvdt$. L'*intensità acustica*, definita come l'energia trasferita all'unità di superficie nell'unità di tempo è quindi: $I = pv$.

(Per un'onda monocromatica, $\langle I \rangle = \frac{\bar{v}\bar{p}}{2} = \frac{p_{eff}^2}{\rho c}$...)

La *densità di energia* è per definizione l'energia contenuta in una unità di volume.

Dato che l'energia sonora si propaga a velocità c, avremo per la *densità di energia sonora*:

$$D = \frac{E}{V} = \frac{ItS}{V} \rightarrow D = \frac{IS}{Sc} = \frac{I}{c}$$

L'*impedenza acustica caratteristica* del mezzo è definita come il rapporto tra pressione e velocità locale delle particelle, calcolato nel caso di onde piane: $Z_0 = \rho c$.

Per altri tipi di onde, il rapporto sarà in generale un numero complesso, ed è noto come *impedenza acustica specifica.*

Esercizio 3

Conosciamo il livello di pressione prodotto dalla strada misurato a distanza $P_1 = 2$ m da essa. Semplificando la strada come una sorgente lineare, avremo: $L_{P1} = L_W - 10\log(r_{P1}) - 8$, mentre nel punto $P_2 = 20$ m, in prossimità del cantiere, avremo: $L_{P2} = L_W - 10\log(r_{P2}) - 8$; da queste:

$$L_{P2} - L_{p1} = 10\log(r_1) - 10\log(r_2) = 10\log(\frac{r_1}{r_2})$$

da cui: $L_{P2} = L_{P1} + 10\log(\frac{r_1}{r_2}) = L_{P1} + 10\log(10^{-1}) = L_{P1} - 10$.

Pertanto:

$$L_{P2}(\text{strada}) = \begin{cases} 80 \text{ dB(A)} & 7:30 - 12:30;\ 17:00 - 22 \\ 40 \text{ dB(A)} & \text{altrimenti} \end{cases}$$

e produce quindi un $L_{day}(\text{strada}) = 10\log(\frac{8}{16}(10^8 + 10^4)) \approx 10\log(10^8) - 3 = 77$ dB(A).

Considerando anche il contributo del cantiere:

$L_{day} = 10\log(\frac{1}{16}(16 \times 10^{7.7} + 2 \times 10^7 + 3 \times 10^9 + 2 \times 10^{6.5}) = 10\log(16 \times 10^{7.7} + 2 \times 10^7 + 3 \times 10^9 + 2 \times 10^{6.5}) - 10\log 16 \approx 84$ dB(A).

Esercizio 4

La presenza di due sinusoidi a stessa frequenza ma fase diversa può essere descritta dall'equazione:

$$p(t) = p_1(t) + p_2(t) = A_1\cos(2\pi ft) + A_2\cos(2\pi ft + \phi)$$

In regime sinusoidale, vale la relazione che lega l'ampiezza A al valore rms (o efficace) del segnale: $A = \sqrt{2}RMS$ (valida per integrazione su multipli di un periodo). Pertanto, possiamo scrivere la relazione precedente come:

$$p(t) = p_1(t) + p_2(t) = \sqrt{2}(p_{eff1}\cos(2\pi ft) + p_{eff2}\cos(2\pi ft + \phi))$$

$p^2 = 2(p_{eff1}^2\cos^2(2\pi ft) + p_{eff2}^2\cos^2(2\pi ft + \phi) + 2p_{eff1}p_{eff2}\cos(2\pi ft)\cos(2\pi ft + \phi))$.

Dobbiamo quindi calcolare il valore rms della pressione, definito come: $p_{rms}^2 = \int_0^T \left[\frac{1}{T}p^2(t)\right] dt$, dove T è il periodo del segnale. Mentre i primi due termini, integrati in un periodo, restituiscono il valore efficace delle singole onde, l'ultimo termine rappresenta l'interferenza tra due onde. In caso di onde scorrelate, è nullo e si ha la solita legge $p^2 \approx p_1^2 + p_2^2$. Nel nostro caso però: $p_{eff}^2 = p_{eff1}^2 + p_{eff2}^2 + 2p_{eff1}p_{eff2}\int_0^T \cos(2\pi ft)\cos(2\pi ft + \phi)dt$.

Usando le formule di Werner: $\cos a \cos b = \frac{1}{2}\left[\cos(a+b) + \cos(a-b)\right]$, scomponiamo l'integrale nella somma di due termini, uno che dipende dal $\cos(4\pi ft)$, quindi nullo su un periodo, ed un altro uguale a $\int_0^T \frac{1}{T}\cos(\phi)dt = \cos\phi$.

Quindi otteniamo la nota formula dell'interferenza di due onde: $p_{eff}^2 = p_{eff1}^2 + p_{eff2}^2 + 2p_{eff1}p_{eff2}\cos\phi$

Dato che $L_P = 10\log(\frac{p_{eff}^2}{p_0^2})$, sostituendo $p_{eff}^2 = p_0^2 10^{0.1L_p} \rightarrow p_{eff} = p_0 10^{\frac{L_P}{20}}$ per le singole sorgenti otteniamo:

$L_P = 10\log(10^{0.1L_{P_1}} + 10^{0.1L_{P_2}} + 2\cdot 10^{(L_{P_1}+L_{P_2})/20}\cos\phi) = 10\log(10^{7.5} + 10^{7.8} + 2\cdot 10^{7.65}\cos\frac{\pi}{6}) = 82.4$ dB(A).

Esercizio 5

Le bande di ottava e terzi d'ottava rappresentano una discretizzazione dell'asse delle frequenza nella rappresentazione dello spettro sonoro.

Queste due tipologie di bande sono chiamate bande di ampiezza percentuale costante.

Ogni banda possiede una frequenza di taglio inferiore f_i, superiore f_s e frequenza centrale $f_c = \sqrt{f_i f_s}$ (media geometrica degli estremi!).

Per le bande d'ottava, vale la relazione $f_s = 2f_i$, mentre per le bande in terzi d'ottava: $f_s = 2^{(\frac{1}{3})}f_i$.

La larghezza di una banda è definita come: $\Delta = f_s - f_i$. Per una banda d'ottava: $\Delta = 2f_i - f_i = f_i$. L'ampiezza percentuale è quindi: $\frac{\Delta}{f_c} = \frac{f_i}{\sqrt{f_i f_s}} = \frac{f_i}{\sqrt{2}f_i} = \frac{1}{\sqrt{2}}$.

Quindi $\Delta = \frac{\sqrt{2}}{2}f_c$.