

## METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS SONOROS ANÓMALOS

Antonio J. Torija<sup>1</sup>, Diego P. Ruiz<sup>1</sup>, Ángel Ramos-Ridao

<sup>1</sup> Dpto. Física Aplicada Facultad de Ciencias

<sup>2</sup> Dpto. Ingeniería Civil E.T.S. de I.C.C.P.

Campus Fuentenueva s/n

Universidad de Granada

18071 Granada

Tel: 958 240 771

Fax: 958 243 214

E-mail: [ajtorija@ugr.es](mailto:ajtorija@ugr.es); [druiz@ugr.es](mailto:druiz@ugr.es); [ramosr@ugr.es](mailto:ramosr@ugr.es)

### Resumen

Uno de los aspectos característicos de los paisajes sonoros urbanos es la aparición de señales sonoras emergentes o eventos sonoros anómalos, sucesos que generan la aparición de una gran cantidad de energía sonora de forma brusca, en intervalos de tiempo instantáneos. Desde un punto de vista del efecto provocado sobre la población expuesta, además de la generación de un gran nivel de molestia debido a la gran cantidad de energía sonora que incide bruscamente sobre la población, este tipo de sucesos generan un aumento de sensibilidad al ambiente sonoro circundante, ocasionando que la percepción del ruido ambiental se incremente, por medio de la focalización de la atención a este tipo de eventos sonoros. Por lo tanto, para conseguir caracterizar los paisajes sonoros presentes en las actuales aglomeraciones urbanas es necesaria una herramienta para conseguir detectar este tipo de sucesos acústicamente perturbadores. Para ello, en este trabajo se desarrolla una metodología para conseguir detectar, dentro de los datos de ruido ambiental recogidos, la presencia de eventos instantáneos con una gran cantidad de energía sonora.

**Palabras-clave:** Metodología, ruido urbano, energía sonora.

### Abstract

One of the typical aspects of the urban soundscapes is the appearance of emergent sound signals or anomalous sound events, occurrences that generate the appearance of a great quantity of sound energy of a sudden way, in instantaneous intervals of time. From the point of view of the effect generated on the exposed population, besides the generation of a great annoyance level, due to the great quantity of sound energy that affects sharply on the population, this type of events generate an increase of sensitivity to the surrounding sound environment, increasing the perception of the environmental noise by means of the focusing of the attention to this type of sound events. Therefore, to characterize the present soundscape in the current urban agglomerations, it is necessary a tool to manage to detect this type of acoustically disturbing events. For it, in this work a methodology to detect, inside the sampled environmental noise data, the presence of instant events with a great quantity of sound energy is developed.

**Keywords:** Methodology, urban noise, sound energy.

## 1 Introducción

Björkman expuso [1] que el número de eventos es un factor muy importante a la hora de evaluar la extensión del nivel de molestia generado por el ruido ambiental, de forma que dentro del intervalo del número de eventos la magnitud de la molestia es determinada por el máximo nivel de ruido.

De hecho, incrementos instantáneos cargados de una gran cantidad de energía sonora generan la aparición de un elevado nivel de perturbación [2], debido a que este tipo de sucesos sonoros representan un particular riesgo auditivo, así como un elemento de deterioro psicosocial del nivel de bienestar de la población expuesta [3,4]. Además, respuestas autónomas a sucesos acústicos impulsivos tales como disparos, golpes, claxon, sirenas, gritos, etc., provocan, por ejemplo, incrementos en el ritmo cardíaco y vasoconstricciones durante el sueño y demás situaciones de descanso [5,6]. Pero, además, este tipo de sucesos funcionan como elemento orientador de la atención, lo cual genera el desvío de la atención del sujeto expuesto hacia el entorno ruidoso, provocando una mayor conciencia del medio acústico perturbador a que está expuesta la población.

Por otro lado este tipo de sucesos aparecen con relativa frecuencia en los entornos urbanos, de manera totalmente aleatoria. Es por ello, que debido a su carácter impredecible generan un considerable incremento del nivel de molestia, puesto que la población está expuesta a elementos cargados de gran cantidad de energía sonora cuya aparición no sigue un patrón definido. Un ejemplo, lo podemos observar en una reciente investigación llevada a cabo en la ciudad de Granada, donde el 69.13 % de la población encuestada establece la aparición de eventos sonoros anómalos como la fuente generadora de ruido ambiental más molesta/perturbadora [7].

Es por ello que en este trabajo, se define evento sonoro anómalo como un suceso acústico que origina un considerable incremento del nivel de energía sonora con respecto al nivel de ruido de fondo, caracterizado por el descriptor  $L_{A90}$  [7]. Vamos a considerar como un considerable incremento de energía sonora, cuando se produzca la aparición de una fractura en la evolución de la energía sonora correspondiente al nivel de ruido de fondo. Por lo tanto, en este trabajo se presenta una metodología para la detección de eventos sonoros anómalos, así como un análisis del potencial de esta herramienta como elemento de evaluación de la estructura temporal de los paisajes sonoros urbanos.

## 2 Material y métodos

### 2.1 Selección de datos

Para la realización de esta investigación se ha realizado una campaña de medidas de ruido ambiental a lo largo de toda la ciudad de Granada, de una duración de 60 minutos, tratando de incluir la gran diversidad de situaciones, con relevancia acústica, presentes en los entornos urbanos. En total se han realizado mediciones en 35 localizaciones de la ciudad de Granada, las cuales han sido seleccionadas para conseguir englobar el mayor rango de valores posible para variables tales como, geometría de la calle, tipo de pavimento, pendiente de circulación, localización dentro del entorno urbano, etc., así como buscando la inclusión de los diversos periodos diarios y tipos de día, con diferencias estadísticamente significativas.

El equipo usado para la recolección de datos ( $L_{Aeq}$ ,  $L_{A10}$ ,  $L_{A90}$ ,  $L_{Amax}$ ,  $L_{peak}$ , etc.) ha sido un sonómetro Brüel & Kjaer tipo 1, en concreto el analizador modelo 2260 Observer con programa de análisis

básico BZ7219, junto con un calibrador acústico usado para garantizar la precisión y validez de la medida.

## 2.2 Metodología para la detección de eventos sonoros anómalos

Como podemos observar en la figura 1, en primer lugar, es necesaria la realización del cálculo del tiempo de estabilización de la medida de ruido ambiental. El tiempo de estabilización es obtenido por la comparación del valor global del  $L_{Aeq}$  del evento considerado con el valor del  $L_{Aeq}$  del primer minuto de medición, de los dos primeros minutos de medición acumulados, de los tres primeros minutos de medición acumulados, etc. ( $L_{Aeq1}$ ,  $L_{Aeq1+2}$ ,  $L_{Aeq1+2+3}$ , etc.). Cuando dado un determinado minuto  $n$ , el valor del  $L_{Aeq}$  acumulado y del  $L_{Aeq}$  global del evento difieran en menos de un determinado factor  $\varepsilon$ , podemos establecer que  $n$  es el valor del tiempo de estabilización de la señal [8]. Por lo tanto, para la realización de este cálculo consideramos que el tiempo de estabilización es el tiempo de medida necesario ( $T_e$ ) para que el nivel de presión sonora continuo equivalente medido,  $L_{Aeq,Te}$ , difiera del nivel de presión sonora continuo equivalente horario,  $L_{Aeq,1h}$ , en menos de un factor  $\varepsilon$  previamente establecido:

$$\left| L_{Aeq,1h} - L_{Aeq,Te} \right| \leq \varepsilon, \quad (1)$$

donde  $\varepsilon$  es la exactitud de la medida [8]. Debido a esto, un factor muy importante y, que debe de ser elegido cuidadosamente, es  $\varepsilon$  (grado de precisión). El valor de  $\varepsilon$  seleccionado en esta investigación es  $\pm 0.5$  dBA.

En segundo lugar, dependiendo del valor del tiempo de estabilización obtenido vamos a establecer una determinada anchura de ventana para la realización del procedimiento de detección de eventos sonoros anómalos. El valor de la anchura de ventana oscila entre los 6 y los 10 minutos, en función del valor del tiempo de estabilización obtenido, siendo menor el tamaño de ventana cuanto mayor sea el valor del tiempo de estabilización. La anchura de la ventana es un factor crítico a la hora de realizar el cálculo de la detección de eventos sonoros anómalos, ya que debido a la inercia que posee el parámetro  $L_{Aeq,acumulado}$ , es muy importante seleccionar una adecuada anchura de ventana.

En tercer lugar, se necesario estudiar el valor del factor cresta de la señal. El factor cresta es igual a la amplitud del pico de la forma de onda dividida por el valor RMS

$$CrestFactor = \frac{P_{peak}}{P_{rms}} \quad (2)$$

En una perfecta onda sinusoidal, con una amplitud de "1", el valor RMS es igual a 0.707, y el factor cresta es entonces igual a 1.41. Una perfecta onda sinusoidal no contiene impactos y por lo tanto el factor cresta con un valor superior a 1.41 implica que hay algún grado de impacto.

Por tanto, la utilización del factor cresta es muy interesante a la hora de detectar la presencia de eventos sonoros anómalos. Para el caso de medidas de ruido ambiental es muy frecuente la aparición de ciertas fluctuaciones en los niveles de ruido ambiental medidos, por lo que es necesario realizar un adecuado análisis de este parámetro para obtener una gran exactitud en los valores obtenidos. En este trabajo, establecemos que si el valor del factor cresta de la señal medida es mayor o igual a un determinado valor  $\alpha$ , entonces debemos pasar al siguiente paso de la metodología de cálculo. A la vista del análisis de los datos obtenidos en cuanto al valor del factor cresta vamos a considerar un factor  $\alpha$  igual a 2.50. Por lo tanto:

$$CrestFactor \geq 2.50 \Rightarrow \text{Following step of calculation}$$

Por último, para llevar a cabo la detección de la presencia de eventos sonoros anómalos, primero debemos seleccionar los datos correspondientes a la anchura de ventana previamente establecida, dependiendo del valor del tiempo de estabilización de la medida, incluyendo como datos iniciales al menos el 20% de los valores de las ventanas precedentes para obtener una cierta inercia. Obviamente este 20% de datos iniciales no debe de ser considerada a la hora de proceder al cálculo.

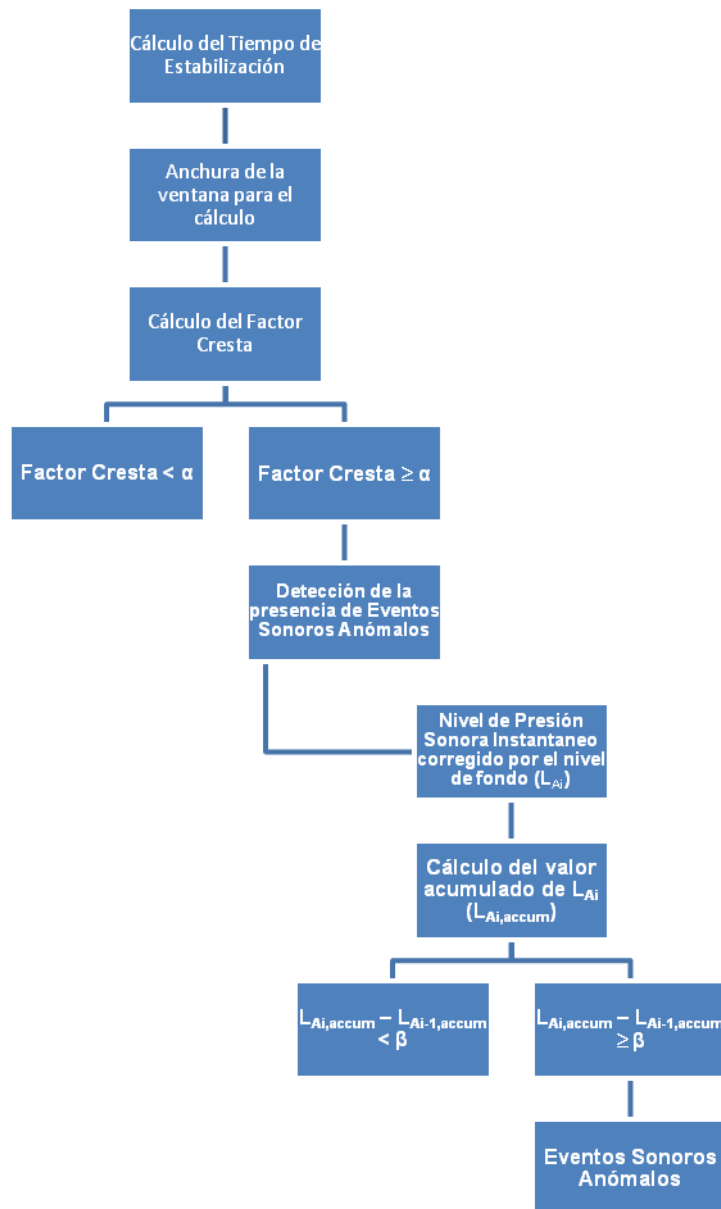


Figura 1 - Procedimiento para la detección de la presencia de eventos sonoros anómalos en las medidas de ruido ambiental.

Una vez que tenemos los datos correspondientes a la ventana de cálculo, debemos corregir los valores de ruido ambiental en función del nivel de ruido de fondo correspondiente al semiperiodo incluido en la ventana, de manera que se obtiene el nivel de presión sonora instantáneo corregido por el ruido de fondo (L<sub>Ai</sub>).

Para la detección de eventos sonoros anómalos debemos de calcular el valor acumulado de  $L_{Ai}$  ( $L_{Ai,acum}$ ), de manera que vamos a considerar la aparición de un evento sonoro anómalo cuando se produzca un incremento en la energía sonora incidente mayor o igual a un determinado factor  $\beta$ . Este procedimiento debe ser realizado considerando ventana tras ventana hasta englobar todos los datos medidos.

### 3 Resultados

Como hemos comentado en el apartado anterior, para que un cierto suceso acústico sea considerado como un evento sonoro anómalo, se debe de producir un incremento de la energía sonora mayor o igual a un determinado factor  $\beta$ .

Tabla 1 - Resultados obtenidos con la utilización de la metodología propuesta

Localización	$L_{Aeq}$ (dBA)	$L_{NPITSE}$ (dBA)	Variabilidad de la Energía Sonora (dB)	Nº ESA	Incremento medio de Energía Sonora (dB)
1	73.56	82.74	0.77	5	18.87 ± 3.5
2	74.94	110.29	2.45	10	24.51 ± 5.4
3	70.48	79.76	0.82	5	20.28 ± 4.3
4	69.23	77.58	0.85	5	19.16 ± 4.7
5	61.69	75.26	1.33	7	20.29 ± 3.8
6	71.31	80.13	0.51	4	21.43 ± 3.6
7	73.95	100.89	2.67	11	28.18 ± 2.2
8	64.84	105.54	2.50	11	20.08 ± 3.9
9	65.58	113.81	2.74	11	27.09 ± 3.6
10	68.51	73.57	0.38	3	19.12 ± 2.1
11	72.50	105.24	2.25	9	22.18 ± 2.2
12	74.02	110.94	2.39	10	24.67 ± 3.2
13	66.76	75.86	2.80	12	21.41 ± 2.6
14	68.84	75.75	0.85	5	18.16 ± 2.5
15	66.99	96.62	1.71	8	24.41 ± 4.6
16	69.82	84.31	0.87	5	16.43 ± 4.4
17	67.99	75.65	0.54	4	26.79 ± 2.6
18	71.02	77.65	0.55	4	18.54 ± 2.5
19	71.52	86.81	1.80	8	22.29 ± 1.3
20	68.29	95.72	0.79	5	20.25 ± 4.3
21	68.38	75.68	0.39	3	19.39 ± 3.1
22	64.50	74.17	0.15	2	23.61 ± 4.2
23	70.75	80.69	0.36	3	21.85 ± 4.3
24	68.61	75.23	0.53	4	23.69 ± 2.8
25	72.04	78.77	0.65	3	22.73 ± 1.9
26	73.41	76.59	1.44	7	19.20 ± 4.9
27	68.62	74.46	0.42	3	23.06 ± 2.7
28	69.52	73.86	0.53	4	21.92 ± 0.8
29	68.63	76.87	1.45	7	17.51 ± 2.3
30	70.75	83.64	3.09	13	20.94 ± 2.5
31	74.88	80.82	0.85	5	19.74 ± 1.6
32	65.70	73.42	0.39	3	20.76 ± 1.2

33	68.49	74.93	0.52	4	16.11 ± 1.8
34	67.26	74.27	0.39	3	15.25 ± 3.2
35	73.22	82.82	0.86	5	23.36 ± 0.7

Después del análisis de las diferentes situaciones acústicas obtenidas en este estudio se ha considerado adecuado que el valor del factor  $\beta$  debe de ser de al menos un 25 % de incremento de la energía sonora incidente. Por lo tanto, en este trabajo se define un evento sonoro anómalo como un suceso acústico en el cual aparece un incremento de energía sonora de un 25 % con respecto al nivel de fondo, caracterizado por el descriptor  $L_{A90}$ .

$$L_{Ai,accum} - L_{Ai-1,accum} \geq 0.97 \text{ dB} \Rightarrow \text{Evento Sonoro Anómalo (ESA)}$$

Después de aplicar la metodología descrita en este trabajo, se obtienen los siguientes resultados para cada una de las diferentes localizaciones seleccionadas (tabla 1).

De manera que, a la vista de los resultados obtenidos podemos observar una gran variabilidad en las diferentes localizaciones consideradas, apareciendo grandes diferencias tanto en el número de eventos sonoros anómalos presentes, como en el incremento de energía sonora generado por ellos.

En un primer análisis de los resultados mostrados en la tabla 1, podemos observar como aparece una cierta relación entre el número de eventos sonoros anómalos presentes y el valor de la variabilidad de la energía sonora.

Observando la figura 2 comprobamos que, el número de eventos sonoros anómalos que aparecen en cada una de las distintas localizaciones seleccionadas tiene un elevado nivel de correlación con la variabilidad de la energía sonora, descrita por su desviación estándar. Esto es debido a que este parámetro describe de una forma muy correcta la evolución de la energía sonora que incide sobre la población expuesta, representando de manera muy exacta la aparición de grandes incrementos instantáneos de energía sonora.

Además, cuando analizamos la relación entre el factor cresta de la medida de ruido ambiental con respecto al incremento sonoro generado por la aparición de uno o más eventos sonoros anómalos, comprobamos como existe un gran nivel de correlación (figura 3). Esto nos indica que, el factor cresta es un parámetro que representa de una forma muy precisa la introducción de energía sonora generada por la aparición de eventos sonoros anómalos. Esto puede permitirnos estimar a partir del valor del factor cresta el incremento de energía sonora generado sobre el valor medio de energía sonora incidente, lo cual representa una información muy valiosa para la realización de un análisis del nivel de molestia generado por el ruido urbano [9-11].

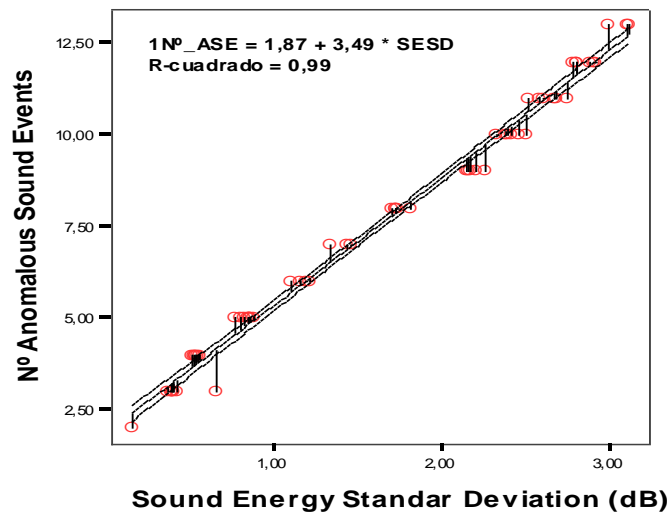


Figura 2 - Nivel de correlación entre el número de eventos sonoros anómalos y la desviación típica de la energía Sonora (evolución de la energía sonora).

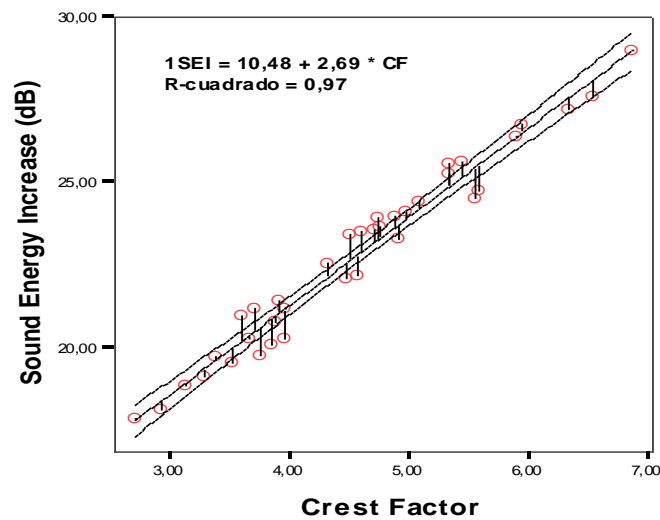


Figura 3 - Nivel de correlación entre el factor cresta y el incremento de energía sonora introducido.

## 4 Conclusiones

La aparición de eventos sonoros instantáneos cargados con una gran cantidad de energía sonora genera efectos muy perjudiciales sobre la salud de la población expuesta, generando daños tanto auditivos como no auditivos, como por ejemplo, estrés, problemas de concentración, perturbación, molestia., etc. Este tipo de eventos aparecen en las actuales aglomeraciones urbanas con gran frecuencia, de manera que para el analista que evalúa la incidencia del ruido urbano sobre la población la posibilidad de disponer de una herramienta para detectar la presencia de este tipo de eventos sonoros es muy importante [12].

En este trabajo, por lo tanto, se propone una metodología para la detección de la presencia de eventos sonoros anómalos, a partir del análisis del tiempo de estabilización de las medidas de ruido ambiental, el factor cresta y el incremento de energía sonora que se genera sobre el nivel de fondo. Siendo definido, por lo tanto, un evento sonoro anómalo como un suceso que genera que  $L_{Ai,accum} - L_{Ai-1,accum} \geq 0.97 \text{ dB}$ .

Además, la determinación del factor cresta nos va a permitir estimar el incremento de energía sonora generado por la aparición de eventos sonoros anómalos.

## Referencias

- [1] Björkman M., Rylander R., 1997. Maximum noise levels in city traffic. *Journal of Sound and Vibration* 205 (4), 513-516.
- [2] Griefahn, B., Bröde P. & Schwarzenau P., 1993. The equivalent sound pressure level-A Reliable predictor for human responses to impulse noise? *Applied Acoustics* 38, 1-13.
- [3] Coles, R. R. A., Rice, C. G. & Martin, A. M., 1973. Noise-induced hearing loss from impulse noise: present status. In *Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem* (EPA 550/9-73-008), ed. W. D. Ward. US Environmental Protection Agency, Washington, DC, pp. 211-18.
- [4] Gulian, E., 1973. Psychological consequences of exposure to noise, facts and explanations. In *Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem* (EPA 550/9-73 008), ed. W. D. Ward. US Environmental Protection Agency, Washington, DC, pp. 363 78.
- [5] Eves, F. F. & Gruzelier, J. H., 1984. Individual differences in the cardiac response to high intensity auditory stimulation. *Psychophysiology*, 21 342-52.
- [6] Griefahn, B., 1990. Lärmbelastung Lärmwirkung. In *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin*, ed. A. Meyer-Falcke & G. Jansen. Düsseldorf, 26-29 April 1989. Gentner, Stuttgart, Germany, pp. 83 92.
- [7] Torija, Antonio J., Ruiz, Diego P., Ramos, A., 2007. Evaluation of the road traffic noise and anomalous sound events annoyance on the population. *Special Issue of Revista de Acústica* 38 (3-4).
- [8] González A.E., 2000. Monitoreo de ruido urbano en la ciudad de Montevideo: determinación del tiempo óptimo de muestreo y desarrollo de un modelo predictivo en un entorno atípico. Tesis para la obtención del grado de Doctora en Ingeniería Ambiental. Montevideo.
- [9] Rylander R. & Björkman M., 1988. Maximum noise levels as indicator of biological effects. *Journal of Sound and Vibration* 127 (3), 555-563.
- [10] Öhrström E., 1995. Effects of low levels of road traffic noise during the night: a laboratory study on number of events, maximum noise levels and noise sensitivity. *Journal of Sound and Vibration* 179 (4), 603-615.
- [11] Rice C. G., 1996. Human response effects of impulse noise. *Journal of Sound and Vibration* 190 (3), 525-543.
- [12] Lercher P., 1996. Environmental noise and health: an integrated research perspective. *Environment International* 22 (1), 117-129.