



# Estudio sobre la exposición actual y futura al ruido de aeronaves en 51 aeropuertos europeos

Nico van Oosten

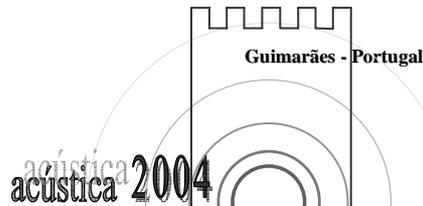
*Anotec Consulting, S.L., Acequia 13 bajo B, 28939 Arroyomolinos*  
[nico@anotecc.com](mailto:nico@anotecc.com)

**RESUMEN:** En marzo del 2002, el Parlamento y el Consejo de la UE aprobó mediante la Directiva 2002/30/EC el establecimiento de normas y procedimientos para la introducción de restricciones operativas que forme parte de un enfoque equilibrado en relación con la gestión del ruido en aeropuertos. Para poder evaluar la aplicación y efectividad de las medidas tomadas en la Directiva, se desarrolló un modelo armonizado, SONDEO, con el que se realizó un extenso estudio sobre 51 aeropuertos comunitarios. La actual y futura situación del ruido alrededor de los aeropuertos fue determinada para distintos escenarios. El estudio revela que si no se toman medidas adicionales, el número de personas expuestas al ruido de aviones crecerá hasta el 2015. Se requieren entonces de acciones adicionales para evitar el deterioro del clima de ruido. La efectividad de algunas acciones ha sido valorada. Aplicando medidas individuales se puede mejorar la situación de ruido a corto plazo (2007) pero a largo plazo (2015) los beneficios aportados por cualquier acción de manera aislada serían anulados por el incremento de ruido debido al crecimiento de tráfico. Ninguna acción individual garantizará una situación de ruido estable en el horizonte del 2015. Solo una adecuada combinación de medidas lo haría posible.

**ABSTRACT:** In March 2002 the EC approved on the Directive 2002/30/EC to respond to the need for a common framework of rules and procedures for the introduction of operating restrictions, as part of a balanced approach on noise management at airports. In order to be able to assess the application and effectiveness of measures taken under the Directive, a harmonised model (SONDEO) was developed, with which a comprehensive study was performed at 51 European airports. The current and future noise climate around the airports were determined for various scenarios. The study reveals that, if no further action is taken, the total number of people exposed to aircraft noise will increase in the period up to 2015. Therefore further actions are required so as to avoid deterioration of the noise climate. The effectiveness of various noise mitigation actions has been assessed. It can be concluded that improvements in the noise climate can be obtained on the short term (2007) when applying individual measures. On the longer term (2015), however, the benefits of any individual action will be offset by the increase of noise exposure due to traffic growth. In summary no single (practical) action will be able to guarantee a stable noise climate in the 2015 horizon. Only the proper combination of measures will be able to do so.

## 1. INTRODUCCIÓN

En marzo del 2002, el Parlamento y el Consejo de la UE aprobaron mediante la Directiva 2002/30/EC el establecimiento de normas y procedimientos para la introducción de restricciones operativas relacionadas con el ruido en aeropuertos comunitarios [1]. El principal objetivo de la Directiva es responder a la necesidad de un marco común de normas y procedimientos para la introducción de restricciones operativas en los aeropuertos comunitarios que forme parte de un enfoque equilibrado en relación con la gestión del ruido. Esto incluye la evaluación del impacto del ruido en un aeropuerto y de las medidas disponibles para atenuar dicho impacto.



De acuerdo con el artículo 14 de la Directiva, en un plazo máximo de 5 años desde la entrada en vigor de la misma, la Comisión presentará al Parlamento y al Consejo un informe sobre la aplicación y evaluación de la eficacia de la Directiva. Para ello, el punto de partida, indicado como situación de referencia, se ha determinado con respecto al ruido ambiental actual y marco regulador. La referencia incluye:

- información detallada sobre clima de ruido alrededor de los aeropuertos
- información detallada sobre la naturaleza, eficacia y cantidad de medidas que han sido tomadas o se planean actualmente en el aeropuerto
- Descripción del efecto sobre el nivel general de ruido si no se tomaran nuevas medidas.

Para poder estimar si la Directiva alcanzará o no sus objetivos, se ha hecho una valoración de los efectos sobre el nivel general del ruido de las acciones introducidas.

## 2. METODOLOGÍA

Para establecer correctamente la situación de referencia de ruido y el efecto de cualquier acción de atenuación de ruido, el método usado debe tener las siguientes características:

- Ser homogéneo en los criterios usados en los aeropuertos bajo estudio
- Permitir el análisis objetivo de acciones comunes con los resultados obtenidos
- Opción de modificaciones para crear una herramienta útil para futuros estudios
- Unión con el enfoque equilibrado y su aplicación
- Ser flexible para permitir modificaciones en las suposiciones tomadas

La única manera práctica en que los resultados del presente estudio tendrían la calidad requerida es mediante el uso de un único software armonizado, capaz de predecir con suficiente exactitud los contornos de ruido alrededor de los aeropuertos y el número de personas afectadas. Usar el mismo modelo para todos los aeropuertos y escenarios garantizará la consistencia de datos. Se reconoce que en algunos casos, la metodología usada puede no alcanzar la misma precisión que los estudios llevados a cabo en detalle a nivel individual de aeropuerto debido a las suposiciones realizadas. Sin embargo, la posibilidad de comparar el conjunto de datos armonizados permitirá una determinación exacta de las tendencias, tanto a nivel de aeropuertos como de Comunidad.

El modelo SONDEO se desarrolló para calcular contornos de ruido alrededor de todos los aeropuertos relevantes para el estudio actual. Este modelo de ruido es totalmente compatible con ECAC Doc.29 [2], calcula los contornos  $L_{den}$  y  $L_{night}$  y ha sido actualizado para incluir las recomendaciones más recientes hechas por la CE [3], garantizando así la compatibilidad con la Directiva 2002/49/EC sobre evaluación y gestión del ruido ambiental [4]. Las bases de datos de ruido y actuaciones usadas son proporcionadas por INM [5], debido a que es una de las pocas bases de datos disponibles aceptadas de carácter público. Los resultados del módulo del contorno de ruido (NCM) son trazados en la base de datos de población en el módulo de población (PM), para obtener el número de personas afectadas, usando las curvas de molestia de Miedema [6]. El modelo fue validado por comparación con la información disponible de aeropuertos y con datos de MAGENTA. Se desarrolló un pre-procesador de manera que los datos de entrada para el modelo de ruido para un escenario nuevo pudieran ser generados de manera sencilla, asignando valores apropiados a los indicadores del escenario (p.e.

crecimiento de tráfico, renovación de flota). Se desarrolló un post-procesador con las herramientas para tratar la gran cantidad de información generada por el modelo. Se da una descripción esquemática de modelo en la Fig. 1. Otros detalles del modelo se dan en [8].

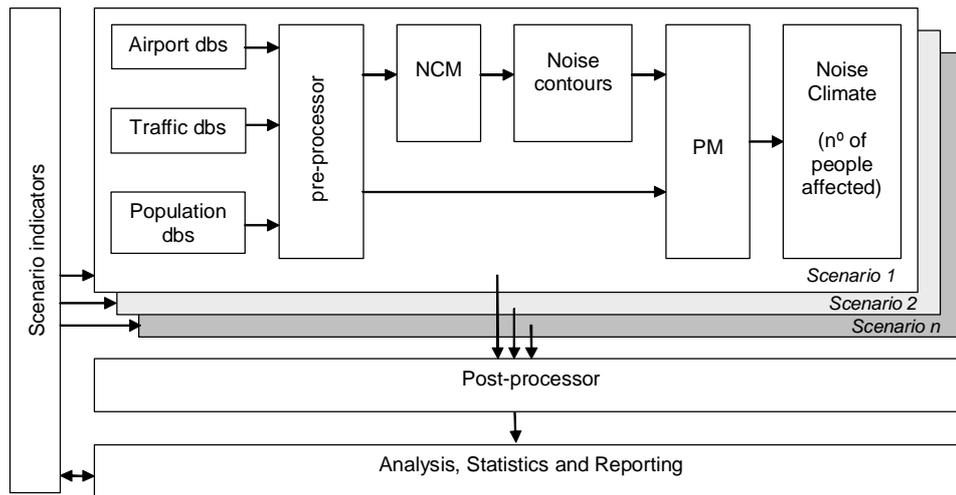


Fig. 1: Descripción esquemática de SONDEO

La directiva es sólo aplicable en aeropuertos con más de 50000 movimientos de aviones de reacción subsónicos civiles y en los llamados “aeropuertos urbanos”. En toda la UE (15), 53 aeropuertos se ajustaban a lo anterior. Debido a la carencia de información en dos de los aeropuertos, el estudio se realizó finalmente para 51 aeropuertos. Se encontró que estos aeropuertos manejan casi el 85% de los vuelos a reacción programados en la UE. La información detallada de movimientos (incl. tipo de avión) fue proporcionada por Eurocontrol. Los datos de la población fueron tomados del censo más reciente disponible. Se estableció una matriz de evolución para aeronaves, con la que la futura flota puede ser determinada basándose en la flota del 2002.

### 3. SITUACIÓN DE RUIDO DE REFERENCIA

Puesto que la situación de ruido de referencia alrededor de un aeropuerto está directamente relacionada con el número de movimientos en el mismo, se consideraron distintos escenarios de crecimiento, cubriendo completamente futuras situaciones. La situación de ruido de referencia se determinó para estos escenarios para los años 2002, 2007, 2015. Nótese que para este estudio de referencia no se consideran acciones mitigadoras, exceptuando aquellas existentes o planeadas por los distintos aeropuertos. En adelante, todos los resultados dados son para el total de los aeropuertos considerados (toda la Comunidad). La situación en aeropuertos de manera individualizada puede variar dependiendo de factores locales.

#### 3.1 Escenarios considerados

Se han desarrollado tres escenarios de crecimiento: “Probable”, “Conservative” y “Differentiated” (vea Tabla 1). Con estos casos se cubre la totalidad de pronósticos de la industria aeronáutica. No es probable que el crecimiento sea mayor que el previsto en estos escenarios debido a los actuales problemas de capacidad del espacio aéreo, así como en aeropuertos, en la mayoría de los países europeos.

Airport type	Probable	Conservative	Differentiated
Hub	3.6 %	2.0 %	Regional forecast by Eurocontrol [9]
Intra-EU	3.6 %	2.5 %	
Local	3.6 %	1.0 %	

Tabla 1: Escenarios de crecimiento considerados en el estudio

En un primer cálculo se consideró que el crecimiento en todos los aeropuertos era ilimitado. Sin embargo, varios aeropuertos harán frente a problemas de capacidad en el futuro. Para establecer el efecto de la limitación de capacidad en el ruido, se realizó un segundo cálculo teniendo en cuenta dichas limitaciones.

Para entender mejor los resultados que se obtendrían en los anteriores escenarios, una situación especial de "crecimiento cero" fue definido. En este panorama, los valores de todos los parámetros se mantienen iguales que para los distintos escenarios, exceptuando el factor de crecimiento, que se fijó en 0.

### 3.3 Situación actual y futura sin otras medidas

Los escenarios descritos en la sección 3.1 se calcularon con el modelo SONDEO. Aunque el modelo calcula una variedad de parámetros (número de personas afectadas en un determinado nivel de ruido, por encima de un determinado nivel, etc.), en lo que sigue el clima de ruido se expresa en número de personas altamente afectadas por ruido [6], ya que se encontró que para los otros parámetros las tendencias eran muy similares. La Fig. 2 proporciona la situación actual y futura de ruido para los distintos escenarios considerados (tendencia de referencia). Para facilitar la comprensión, el estado en el 2002 se toma como el al 100%.

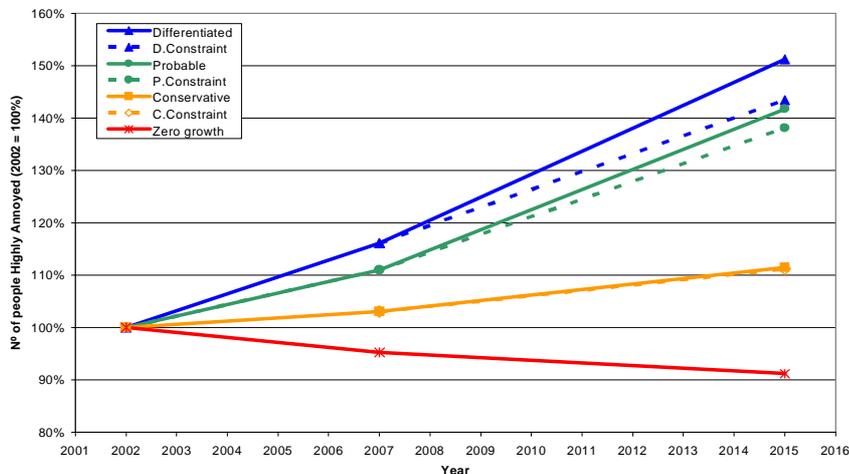
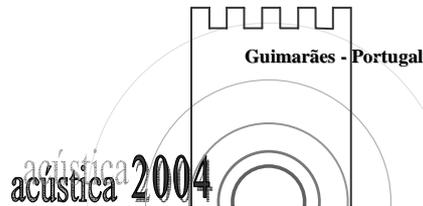


Fig. 2: Línea de tendencia de referencia para los distintos escenarios



Cualquier gráfica por encima del 100% implicaría un deterioro en el clima de ruido respecto al 2002. A partir de la Fig.2, se observa claramente que el futuro clima de ruido empeorará con respecto a la situación del 2002, cualquiera que sea el escenario de crecimiento considerado. Comparando con el escenario en que el crecimiento es cero, se evidencia que este deterioro es completamente debido a un incremento en el número de movimientos. El efecto positivo de la modernización natural de la flota no será suficiente para compensar el efecto negativo por el crecimiento del tráfico. El efecto de las limitaciones en capacidad en la situación de ruido será evidente después del 2007, reduciéndose la población afectada en menos de un 10% en el máximo. En general, se puede concluir que en el año 2015 el número de personas seriamente afectadas por ruido de aviones se habrá incrementado entre un 10% y un 50 % con respecto a la situación actual.

#### **4. VALORACIÓN DE MEDIDAS DE ATENUACIÓN DE RUIDO**

Basándose en los resultados del estudio de referencia descrito en la sección 3.2, se concluye que se requerirán nuevas medidas para poder alcanzar el objetivo de la Directiva: “limitar o reducir el número de personas que padecen los efectos dañinos del ruido de los aviones”.

##### **4.1 Escenarios considerados**

Según la Directiva, la gestión de la contaminación acústica se articula en torno a un enfoque equilibrado. El concepto de enfoque equilibrado dispone de herramientas (“enablers”) para la resolución de los problemas del ruido alrededor de aeropuertos. Estas herramientas (“enablers”) son:

- Reducción del ruido de los aviones en la fuente
- Planificación y gestión del uso del suelo
- Procedimientos operativos de reducción de ruido
- Restricciones operativas

Los elementos que contribuyen a la reducción de exposición al ruido (“contributors”) se combinan con las herramientas (“enablers”) en la llamada matriz mitigadora de ruido[8]. Cuando otra acción sea tomada en el marco de un enfoque equilibrado, un conjunto adecuado de “enablers” será elegido para actuar sobre uno o varios “contributors”. Así, un reducido número de situaciones bastará para evaluar el efecto de un amplio rango de posibles acciones. La Tabla 2 da una descripción para distintos escenarios de la simulación de la interacción entre “enablers” y “contributors”.

Contributor	Escenario
1. Tipo Aeronave	Todos flota Capítulo 4
	Eliminación aeronaves marginalmente conformes (Capítulo 3-5dB)
2. N° movimientos	Incluidos en referencia (limitaciones)
3. Tiempo de operación	Prohibición total de vuelos nocturnos (Comunidad)
	Prohibición total, excepto en mayores hubs
	Prohibición sólo en aeropuertos regionales
4. Ruta	Ej. aeropuerto de Nápoles
5. Perfil de vuelo	No simulado aquí
6. Sensibilidad	Realojo de 25% sobre 65 $L_{den}$
	Aislamiento por debajo de 60 $L_{den}$

Tabla 2: Escenarios para la simulación de medidas mitigadoras

Los escenarios en la Tabla 2 se han determinado para los años 2007 y 2015, proporcionando las tendencias en la situación de ruido cuando se toman medidas.

#### 4.2 Tendencias con medidas

Los resultados de las simulaciones llevadas a cabo se presentan en las figuras 3 -6

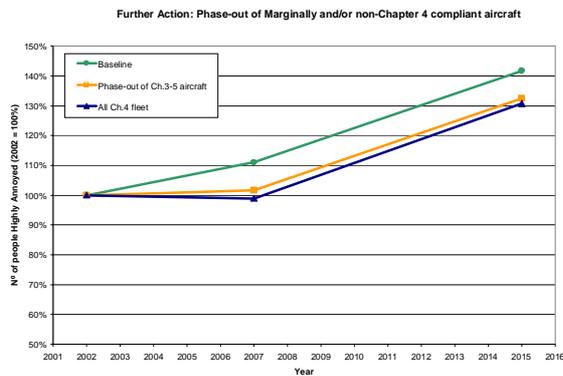


Fig. 3: Efecto al actuar sobre tipo de avión

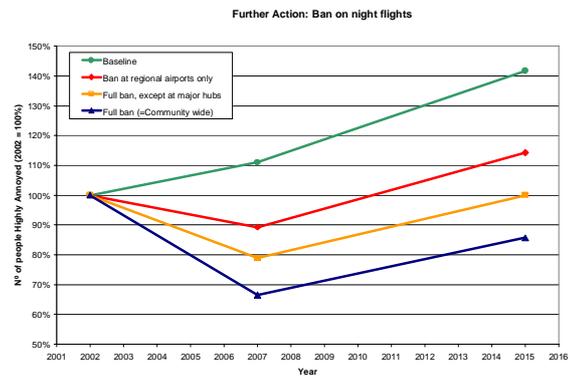


Fig. 4: Efecto al actuar sobre t de operación

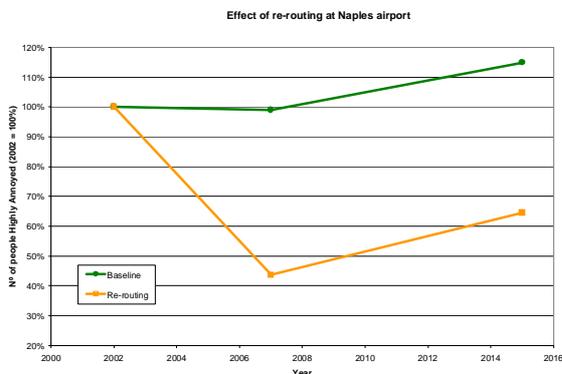


Fig. 5: Efecto de actuar sobre ruta

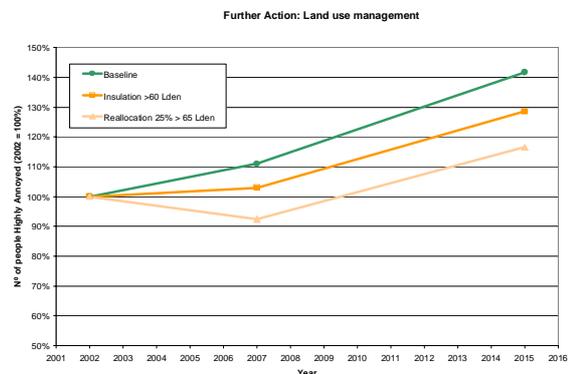
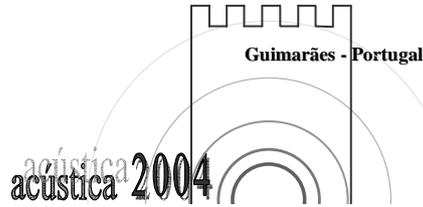


Fig. 6: Efecto de actuar sobre sensibilidad

### 4.3 Conclusiones sobre medidas

Basándose en los resultados de las simulaciones de escenarios con acciones, se concluye:

- Todas las medidas consideradas tienen un efecto beneficioso en el número de personas altamente molestadas por ruido de aeronaves en comparación con el escenario de referencia.
- Este efecto beneficioso mantiene o mejora ligeramente el clima de ruido en la Comunidad a corto plazo (2007). A largo plazo (2015) los beneficios de todas las acciones serán parcialmente o totalmente contrarrestadas por el incremento de la exposición al ruido debido al crecimiento del tráfico.
- Las medidas para las que la situación de ruido mejoraría incluso a largo plazo son consideradas una aplicación teórica (p.e. Restricción total en vuelos nocturnos en la UE). En la práctica, su implantación necesitaría de una cuidadosa consideración de las restricciones económicas o limitaciones legales actuales.
- La puesta en práctica en la Comunidad de la eliminación de aeronaves marginalmente conformes puede casi congelar el incremento en el número de personas afectadas para el 2007, mientras que una acción parcial empeoraría la situación sonora. El grado de efectividad dependerá del porcentaje y el tipo de aeropuerto donde la Directiva sea implementada.
- La limitación o prohibición de vuelos nocturnos muestra un alto grado de efectividad en limitar o reducir la población afectada. Sin embargo, el coste de esta medida sería inaceptable para las aerolíneas.
- Ninguna medida aislada (en la práctica) podría garantizar una situación de ruido estable.
- Cualquier acción tomada debería ser acompañada por medidas complementarias para crear un margen suficiente para acomodar el incremento en la exposición al ruido debido al crecimiento de tráfico.
- Cualquiera que sea la acción tomada, la gestión del uso del suelo tendrá que ser introducido para evitar invasión, donde los beneficios de niveles más bajos son anulados por la invasión de población dentro de áreas donde el nivel de ruido fue mejorado.
- Las siguientes observaciones son hechas con respecto a la introducción de medidas adicionales:



Introducción en serie: Primero se introduce una sola acción, posteriormente, cuando su efecto se contrarresta como consecuencia del crecimiento del tráfico, una segunda medida se introduce para crear un margen otra vez.

Introducción en paralelo: Varias acciones son tomadas simultáneamente para crear un margen más amplio desde el principio o para permitir una implementación gradual.

Algunas acciones necesitan de un gran periodo de tiempo para ser efectivas (p.e. gestión del uso del suelo), por lo que deberían ser implantadas lo más pronto posible, aunque su efecto no fuera directamente apreciado.

## 5. CONCLUSIÓN

Para poder evaluar la aplicación y efectividad de las medidas marcadas en la Directiva 2002/30/EC, se desarrolló un modelo armonizado (SONDEO), con el que se llevó a cabo un extenso estudio en 51 aeropuertos comunitarios.

El clima de ruido actual y futuro fue determinado para varios escenarios.

Si no se tomaran medidas adicionales, el clima de ruido a nivel de Comunidad se deterioraría a corto (2007) y a largo plazo (2015).

Ninguna acción práctica tomada de manera aislada podrá garantizar un clima de ruido estable en el futuro.

Cualquier acción tomada debería ir acompañada de medidas complementarias para crear un margen suficiente para aceptar la creciente exposición al ruido debido al crecimiento del tráfico.

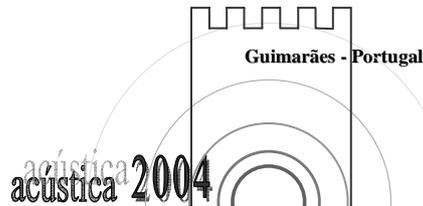
Cualquiera que sea la acción tomada, la gestión del uso del suelo tendrá que ser introducida para evitar la invasión, donde los beneficios de menores niveles de ruido son anulados por la invasión de población dentro de áreas donde el clima de ruido fue mejorado.

## RECONOCIMIENTOS

Este estudio fue realizado por la Comunidad Europea (DG-TREN) bajo contrato nº B2002/B2-7040B

## REFERENCIAS

- [1] Directive 2002/30/EC of 26 March 2002, on the establishment of rules and procedures with regard to the introduction of noise-related operating restrictions at Community airports
- [2] ECAC.CEAC Doc.29 "Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports", 1997



- [3] Commission recommendation 2003/613/EC of 6 August 2003, concerning the guidelines on the revised interim computation methods for industrial noise, aircraft noise, road traffic noise and railway noise, and related emission data
- [4] Directive 2002/49/EC of 25 June 2002, on evaluation and management of environmental noise
- [5] Integrated Noise Model version 6.1, U.S. Department of Transportation - FAA
- [6] Henk Miedema and Catharina Oudshoorn, "Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals" in *Environmental Health Perspectives*, Volume 109, n° 4, April 2001
- [7] "Update to CAEP/5 MAGENTA baseline" – CAEP-SG20031-WP/19
- [8] Nico van Oosten, "SONDEO: A new tool for airport noise assessment", *Internoise 2004*, Prague.
- [9] Eurocontrol (STATFOR): Forecast of Annual Number of IFR Flights (2003-2010). Volumes 1 and 2