

# SEMINARIO

*L'attività del CTN\_AGF in tema di inquinamento acustico*

---

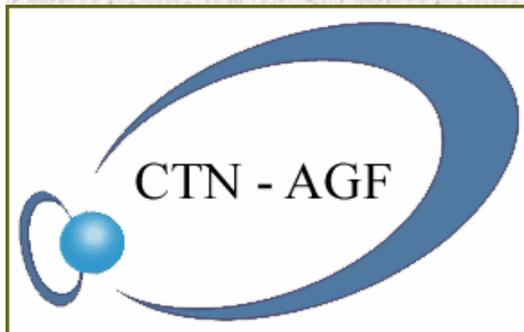
## Modelli di calcolo per il rumore stradale e ferroviario: caratterizzazione, applicabilità, interconfronti

---

*Bologna, 18 Gennaio 2005*

**G. Licitra, M. Cerchiai**

**ARPAT**



# I modelli commerciali esistenti

- ◆ **ARTEMIS**
- ◆ **CADNA**
- ◆ **CartoBruit**
- ◆ **Drag&Fly®**
- ◆ **ENM**
- ◆ **Fluidyn-Avionoise**
- ◆ **Fluidyn-RoaddB**
- ◆ **Fluidyn.dB**
- ◆ **IMMI**
- ◆ **LIMA/LIMA Plus/LIMA Advanced**
- ◆ **MAP**
- ◆ **MAP 4D Design**
- ◆ **MapBruit**
- ◆ **MicroBruit**
- ◆ **Mithra**
- ◆ **Motus**
- ◆ **Predictor**
- ◆ **SoundPLAN**
- ◆ **VISIGO**

# L'attività pregressa nel CTN

Seminario CTN AGF – Bologna – 18/01/ 2005

**ANPA**

**Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente**  
*Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi*

## Rassegna dei modelli per il rumore, i campi elettromagnetici e la radioattività ambientale

*Autori:*

G. Licitra, M. Magnoni, G. D'Amore

*Co-autori:*

A. Poggi, S. Adda, M.C. Losana, A. Jacoponi, T. Gabrielli

Responsabile di progetto ANPA  
Maria Belli, Salvatore Caracurcio



Responsabile CTN\_AGF  
Pierluigi Mozzo

# Esempio di schede predisposte nel 1999 (I)

## INFORMAZIONI GENERALI (1/6)

Nome del programma:  Ultima versione:

Commercializzato:  Non commercializzato

Sviluppato da:

Distribuito in Italia da:

Referente:  Indirizzo:   
Telefono:   
E-mail:

Requisiti di sistema:

Linguaggio di programmazione:

\Campi di utilizzo del software:

- Rumore da traffico stradale
- Rumore ferroviario
- Rumore aeroportuale
- Rumore industriale
- 

Altro

Modelli di riferimento nazionali implementati:  (ITALIA)  ( )  ( )  
 ( )  ( )  ( )  
 ( )  ( )

(specificare lo stato tra parentesi)

# Esempio di schede predisposte nel 1999 (II)

## DATI IN INGRESSO (3/6)

Il programma incorpora al suo interno un database di sorgenti sonore?

- Si, modificabile
- Si, non modificabile
- No

Tipo di sorgente sonora che può essere modellata:

- Sorgente da traffico stradale, con immissione diretta dei valori caratteristici
- Sorgente da traffico ferroviario, con immissione diretta dei valori caratteristici
- Sorgenti sonore lineari caratterizzate da densità di potenza lineare o da livello di potenza

totale

- Sorgenti puntuali:
  - Omnidirezionali
  - Con curva di direttività bidimensionale
  - Con livello di direttività tridimensionale
- 

Altro

Altoparlanti, macchine con misura diretta secondo ISO3744/46

Le sorgenti sonore in ingresso sono:

- In bande di frequenza:
  - Bande d'ottava
  - Bande 1/3 d'ottava
- Livello di potenza sonora in dB(A)
- Livello di pressione sonora a una distanza prefissata
- 

Altro

Il programma incorpora al suo interno un database relativo alle proprietà di assorbimento acustico dei materiali?

- Si, modificabile
- Si, non modificabile
- No

# TASK 2004: Esempio di scheda conoscitiva (I)

Nome software	<b>SoundPLAN</b>	Versione	6.2 (08/04)
Data aggiornamento della scheda: Agosto 2004			

*Area d'uso:* ..... Studi d'impatto, dimensionamento degli interventi (dimensionamento automatico barriere), studi approfonditi, valutazioni d'impatto e di progetto, mappature orizzontali ad altezza prefissata e mappature verticale con curve d'isolivello

*Sorgenti considerate:* .... Strade, ferroviarie ed industriali

*Potenziali utenti:* ..... Servizi ambientali pubblici (Agenzie regionali per l'ambiente, enti locali, Università) gestori d'infrastruttura, Studi tecnici ed ingegneristici di valutazione ambientale, tecnici competenti

Metodi usati	Descrizione	Metodi di riferimento
<i>Sorgente</i>	In accordo col metodo usato	Metodi ad interim (Racc. 2003/613/CE) Metodi Ufficiali di: Austria, U.K., Germania, Scandinavia, Svizzera e USA per le strade. Metodi ufficiali di Austria, Germania, U.K., Scandinavia per le ferrovie
<i>Propagazione</i>	In accordo col metodo usato	Come sopra

*Indicatori calcolati:* ..... Leq 06:00-22:00/22:00-06:00, Lden e devinibili dall'utente o in accordo con le normative nazionali implementate

*Topografia:* ..... Si

*Condizioni Meteorologiche:* ..... Si, in funzione del metodo utilizzato

*Uso metodi ad interim:* ..... Si

*Uso metodo DISIA:* ..... No

*Interfacciamento GIS:* ..... Si

*Calcolo L<sub>DEN</sub>:* ..... Si

*Creazione di mappe di rumore:* ..... Si

*Tipo di mappe:* ..... Isofone, sezioni verticali, calcoli in facciata

*Calcolo automatico facciata più esposta:* .... No

#### Importazione – Esportazione

*Importazione da altri software:* ..... DXF, ASCII, ARCVIEW

*Esportazione verso altri software:* .... DXF, ASCII, GIS, ARCVIEW

#### Informazioni aggiuntive

Questo software ha un modulo aggiuntivo per il calcolo delle dispersioni degli inquinanti

#### Minimo hardware/software necessario

*Hardware:* ..... Pentium 133MHz – 6 Mb RAM - Hard disk - VGA

*Sistemi operativi:* ... Dos 5 and Windows 3.1x , 95, 98, NT, 2000 e XP

# TASK 2004 Esempio di scheda conoscitiva (II)

Autore: .....Braunstein + Berndt GmbH  
 Distributore: .....SPECTRA s.r.l.  
 Indirizzo del distributore: .....Via Ferruccio Gilera 110 -20043 ARCORE (MILANO)  
 Tel.:+39 039-613321- Fax: +39 039-6133235  
 E-Mail: spectra@spectra.it  
 Contatto: .....Dott. Andrea Sanchini  
 E-Mail: asanchini@spectra.it  
 Prezzo: .....Variabile in funzione dei moduli acquistati  
 Contratto di manutenzione: ..Si  
 Formazione: .....Si  
 Sito Internet: .....<http://www.spectra.it>

## Commenti

SoundPLAN è un software di calcolo previsionale destinato al controllo del rumore emesso nell'ambiente. Può calcolare il rumore prodotto sia da strade che da ferrovie che da sorgenti industriali o aeroporti tramite specifici moduli su edifici o per mappe di rumore.

Tutte le funzioni sono integrate in un singolo programma di controllo e i singoli moduli possono essere acquistati in funzione delle necessità dell'utente.

Il software è molto ricco di funzioni e strumenti per facilitare l'inserimento dei dati sia geografici che per definire le sorgenti a disposizione. Possiede strumenti adatti alla produzione di mappe acustiche e permette l'esportazione/importazione da/verso GIS.

Possiede inoltre un modulo per il controllo della qualità dell'aria che può essere integrato con gli altri in modo da fornire un'indicazione globale dell'inquinamento su aree.

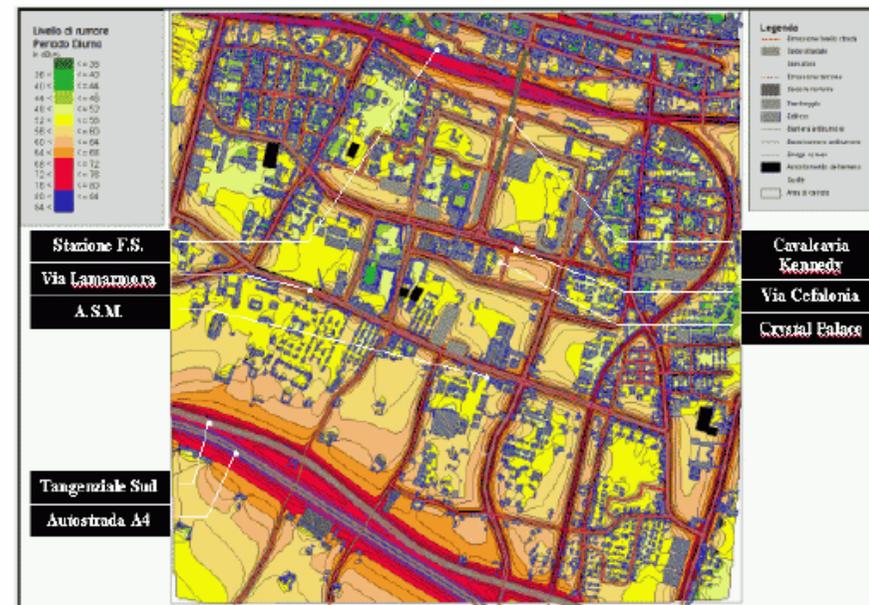
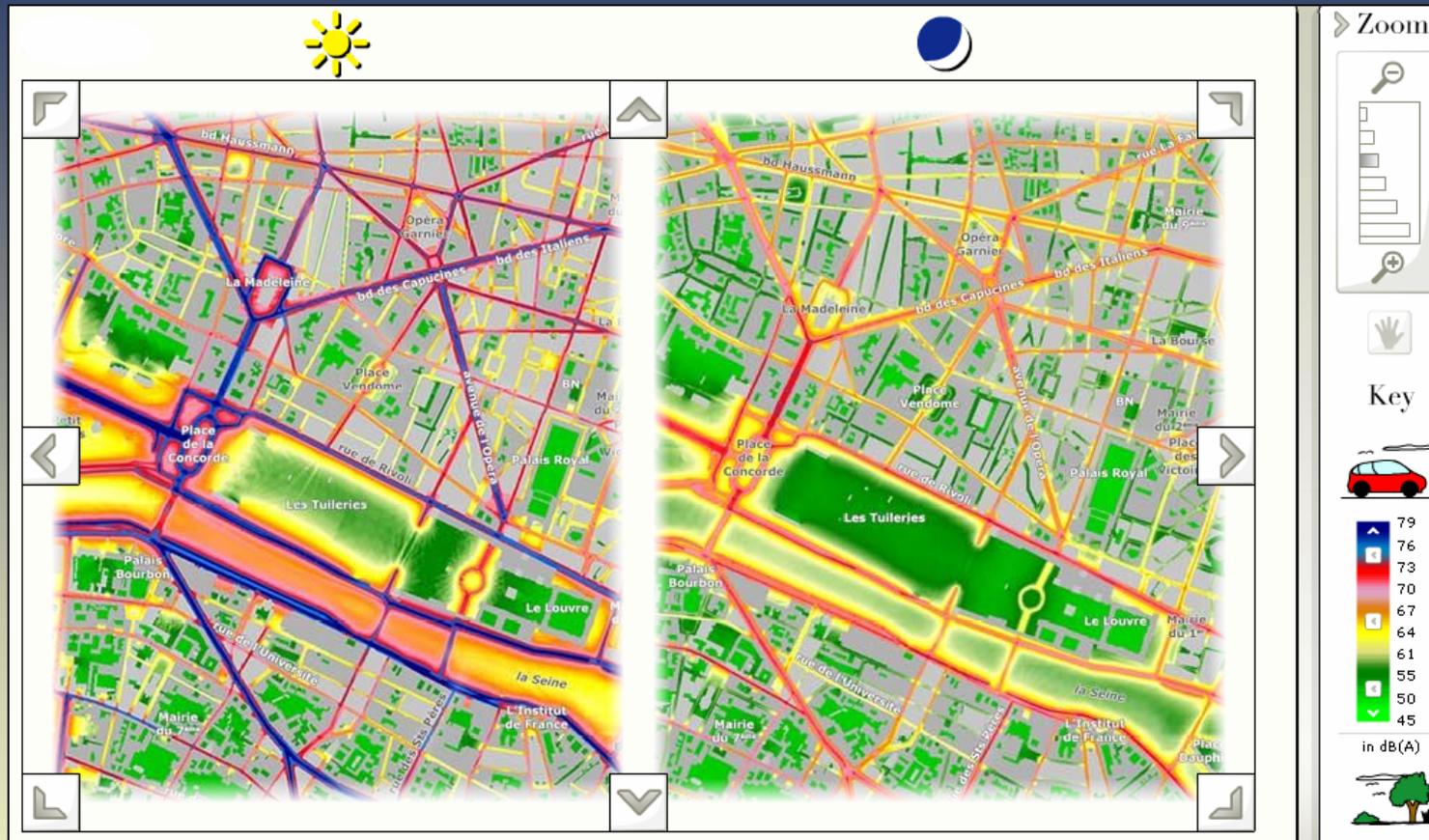


Fig. 1 - Esempio di output

# La normativa 2002/49/CE (END)

- ◆ **La normativa END richiede la valutazione dei livelli  $L_{DEN}$  e  $L_N$  sull'insieme dei periodi diurni, serali e notturni di un anno meteorologicamente medio ed il calcolo della popolazione esposta ai livelli di rumore per sorgente.**
- ◆ A tal fine il ricorso alla modellistica è fortemente consigliabile per motivi economici.
- ◆ **Risulta quindi necessario conoscere i vari modelli disponibili al fine di un loro corretto utilizzo.**
- ◆ **La normativa END (Allegato II) e la Raccomandazione 2003/613/CE del 6/8/2003 indicano i metodi provvisori di calcolo per la determinazione dei descrittori  $L_{DEN}$  e  $L_N$  per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario per gli Stati membri che non dispongono di un metodo nazionale di calcolo e per quelli che desiderano cambiare il metodo di calcolo.**

# Mappatura acustica



- ◆ Indica l'esposizione della popolazione per ciascuna sorgente.
- ◆ **“Good practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of associated data on noise exposure” (WG-AEN, 5/12/03).**
- ◆ **IMAGINE (Sesto Programma Quadro):** orientato alle problematiche del noise mapping.

# Modelli ad interim

	<p><b>Rumore Ferroviario</b> Metodo olandese RMR</p>
	<p><b>Rumore Stradale</b> Metodo Francese NMPB-Routes-96</p>
	<p><b>Rumore Aeroportuale</b> ECAC.CEAC Doc. 29</p>
	<p><b>Rumore Industriale</b> ISO 9613-2 (+ ISO 8297: 1994 + EN ISO 3744: 1995 + EN ISO 3746: 1995)</p>

- ◆ **Raccomandazione per l'utilizzo di metodi predittivi di calcolo 2003/613/EC del 6/8/03).**
- ◆ **HARMONOISE (Quinto Programma Quadro): sviluppo di metodi di calcolo con sempre meno bisogno di taratura e a diversi livelli di accuratezza.**

# Considerazioni generali

- ◆ I modelli utilizzati per i vari report previsti devono fornire i valori  $L_{DEN}$  e  $L_N$  in accordo con le definizioni nazionali dei periodi diurno, serale e notturno secondo la formula:

$$L_{DEN} = 10 \cdot \log \left( \frac{t_D \cdot 10^{L_D/10} + t_E \cdot 10^{L_E+5/10} + t_N \cdot 10^{L_N+10/10}}{24} \right)$$

- ◆ Il punto di ricezione (punto di misura) si situa ad un'altezza dal suolo di  $4 \pm 0,2$  m. Poiché  $L_{DEN}$  è un descrittore globale derivato da  $L_D$ ,  $L_E$ ,  $L_N$ , tale altezza è obbligatoria anche per questi ultimi descrittori.
- ◆ L'allegato I della direttiva 2002/49/CE definisce le caratteristiche del periodo di tempo «anno» per quanto riguarda le emissioni acustiche («l'anno di osservazione per l'emissione acustica») e le condizioni meteorologiche («un anno medio sotto il profilo meteorologico»).

# Correzione meteorologica

**Le condizioni meteorologiche medie di un sito sono derivate da un'analisi statistica di 10 anni di dati.**

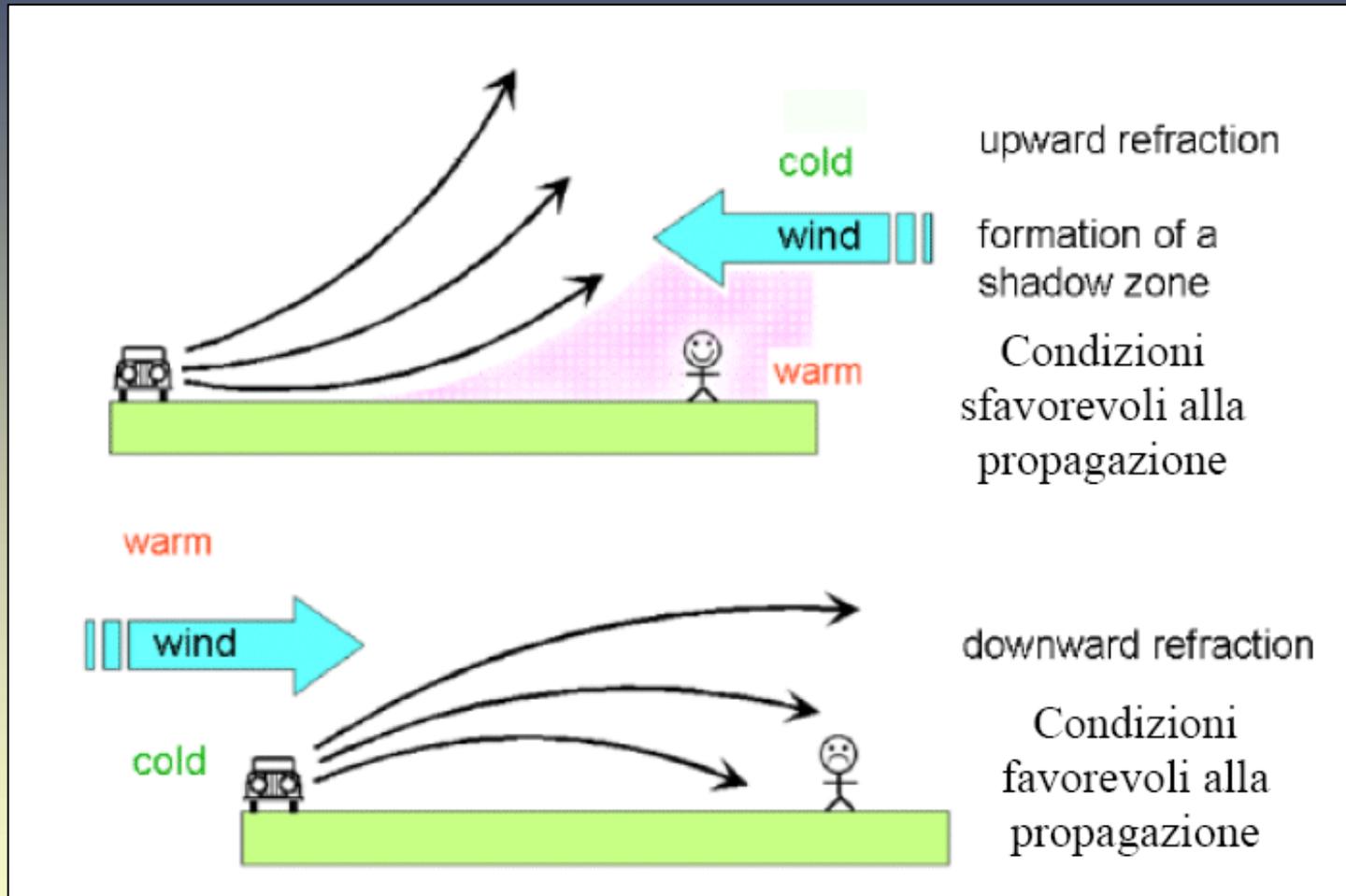
Tale richiesta di osservazioni a lungo termine riduce la probabilità di ottenere dati sufficienti per tutti i siti su cui occorre effettuare la mappatura acustica.

**Ove manchino dati sufficienti si suggerisce di impiegare una forma semplificata di dati meteorologici, proporzionale alle variazioni delle condizioni di propagazione.**

**Per le ipotesi semplificate dei metodi proposti, questi dati vanno scelti secondo il principio di precauzione e il principio di prevenzione.**

**Si raccomanda, quindi, di adottare un approccio prudente (favorevole alla propagazione) nella selezione di tali dati meteorologici semplificati.**

# Effetti meteo principali



# Dati in ingresso ai modelli

- ◆ **Descrizione accurata della sorgente;**
- ◆ **Caratterizzazione dei parametri di sorgente;**
- ◆ **Condizioni meteorologiche;**
- ◆ **Conoscenza dell'orografia e conseguente definizione del Digital Ground Model;**
- ◆ **Definizione della propagazione (tipologia di terreno, assorbimento dell'aria, divergenza geometrica, riflessioni, diffusione);**
- ◆ **Corretto posizionamento degli ostacoli (edifici, elementi architettonici, barriere);**
- ◆ **Definizione dei ricettori.**

# Problematiche generali

- ◆ **Descrizione delle sorgenti realmente presenti nel parco circolante sia ferroviario che stradale in Italia;**
- ◆ **Aggiornamento del database delle sorgenti;**
- ◆ **Mancanza di informazioni meteorologiche precise, soprattutto per lunghi periodi di tempo e in tutti i luoghi interessati dalla END;**
- ◆ **Mancanza di informazioni recenti sulla cartografia esistente;**
- ◆ **Necessità di una grande accuratezza e abilità da parte dell'operatore per un corretto inserimento dell'orografia, degli ostacoli e dei ricettori;**
- ◆ **Perfetta conoscenza del modello utilizzato, dei suoi limiti e delle approssimazioni in esso contenute.**

# Rumore Ferroviario: il Modello RMR II

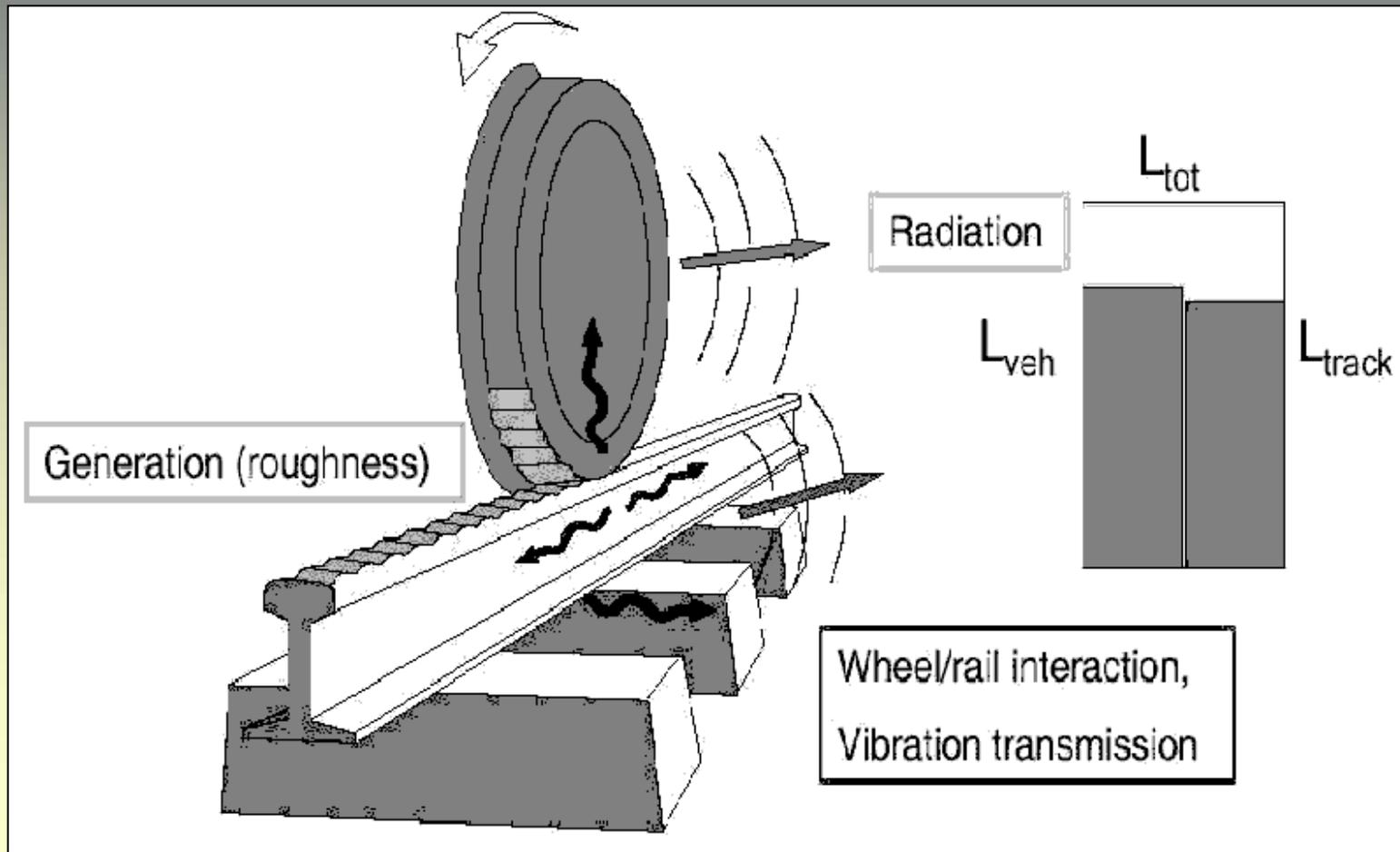
- ◆ **Il metodo provvisorio di calcolo raccomandato per il rumore ferroviario è il metodo di calcolo nazionale «RMR» dei Paesi Bassi nel 1996. Il metodo olandese è stato rivisto nella Raccomandazione della Commissione del 2003.**
- ◆ **Essa contiene due diverse metodologie di calcolo:**
  - **metodologia semplificata**
  - **metodologia dettagliata**
- ◆ **Occorre seguire le condizioni per l'uso dell'una e dell'altra, al fine di determinare quale metodo utilizzare per la mappatura acustica strategica di cui alla direttiva 2002/49/CE.**

# RMR II rev 2002: sorgente procedura A

1. **Uso di un binario di prova con caratteristiche definite: rotaia tipo 54E1, traversina di cemento, suola rigida (300-500 kN/m);**
  2. **Rugosità reale misurata su tutta la tratta di prova per riferire i livelli di rumore misurati rispetto alla rugosità di riferimento;**
  3. **Si devono effettuare test sui treni a varie velocità;**
  4. **Si misura il rumore in 1/3 d'ottava a 7.5 m dal centro del binario;**
  5. **La categoria è funzione dei livelli misurati in tutte le bande di 1/3 d'ottava (la prima che non è superata da nessun livello).**
- ◆ **Vi è il problema della tratta di riferimento che non è disponibile in tutti i paesi, in particolare la rotaia tipo 54E1 e le soole dure non sono comuni al di fuori dell'Olanda.**

# Rugosità e rumore

- ◆ Vi è il problema della misura precisa della rugosità della rotaia, che attualmente è oggetto di una profonda evoluzione riflessa dalle modifiche della norma ISO 3095, oltre al fatto di essere una procedura onerosa.



# RMR II rev 2002: sorgente procedura B

1. **Uso di un tratto di binario silenzioso o in alternativa dotato di smorzatori contro le vibrazioni;**
2. Definizione dei possibili contributi (rotolamento, trazione, frenatura e aerodinamico) a 5 altezze diverse.

**Nel caso di rumore da rotolamento la procedura richiede:**

3. **Misura della rugosità di rotaia, della ruota e complessiva (eccitazione);**
4. **Si deve determinare il contributo delle sorgenti di binario (rotaia, traversina) e di veicolo (ruote) (separazione delle sorgenti);**
5. **Vengono calcolate le funzioni di trasferimento della rugosità totale rispetto al rumore di binario ed al rumore di veicolo (caratterizzazione).**

# Alcune osservazioni su RMR II- 2002

- ◆ **Il metodo B richiede la misura delle quantità necessarie all'input tramite l'uso di un veicolo speciale silenzioso (con ruote piccole) che possono non essere disponibili in alcuni paesi membri.**
- ◆ **Da notare che le stesse quantità definite nel metodo B in 3 (eccitazione), 4 (separazione) e 5 (caratterizzazione) sono utilizzate anche in HARMONOISE, ma in quel caso si utilizza in ingresso la potenza della sorgente anziché la pressione alla sorgente.**
- ◆ **Le procedure A e B non sono mai diventate esecutive in Olanda e sono state recentemente rimosse.**

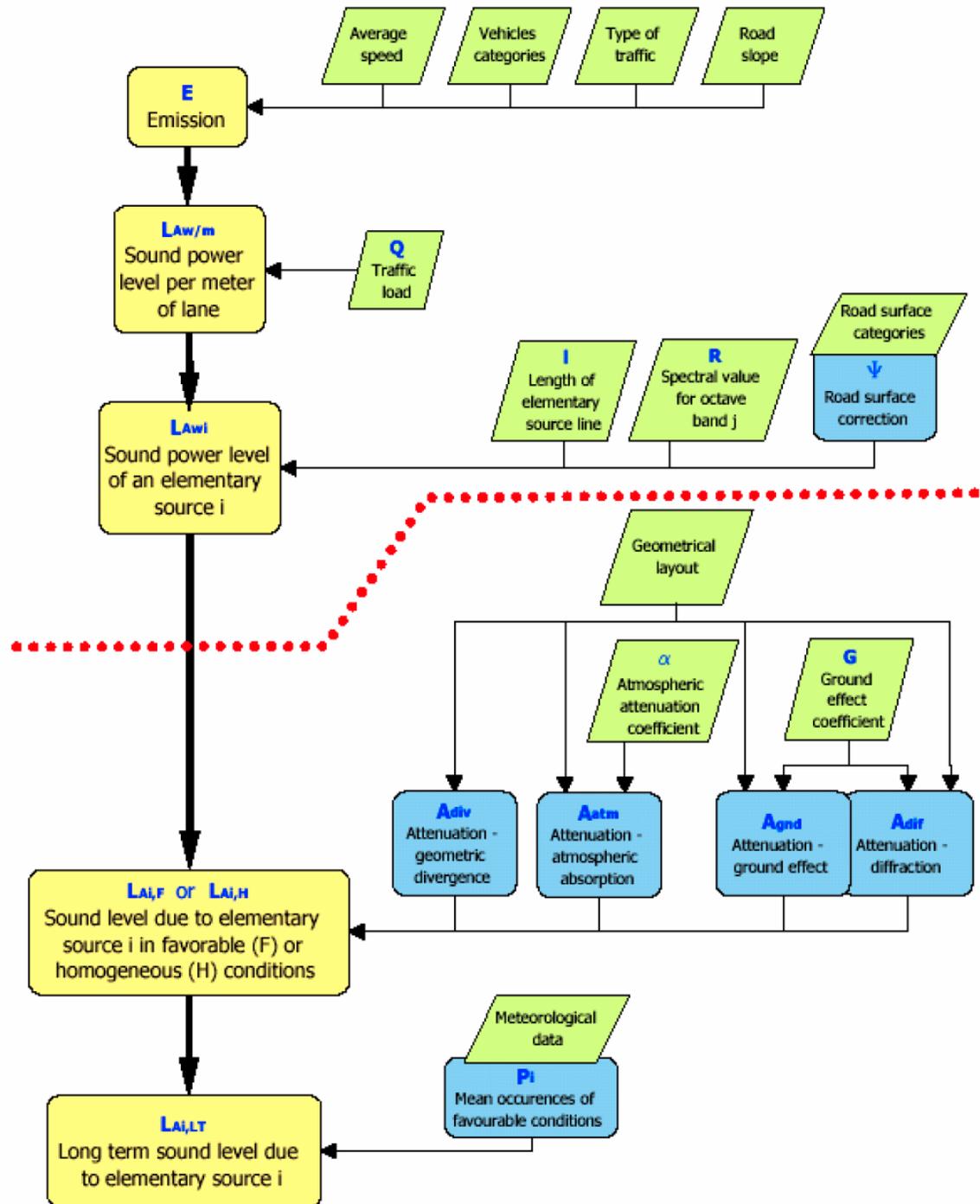
# RMR II: problematiche aperte

- ◆ **RMR II fornisce la possibilità di definire e utilizzare una rugosità media nazionale da utilizzare per la definizione della sorgente binario;**
- ◆ Il modello dà la possibilità di correggere l'emissione di binario tramite l'adeguamento della rugosità fra quella predefinita e quella misurata su un tratto test, tramite una correzione dello spettro di emissione;
- ◆ **Vi è la difficoltà di separare il contributo di rotolamento fra quello dovuto alle ruote da quello del binario utilizzando esclusivamente la tecnica del “veicolo silenzioso di riferimento”, che “deve irradiare meno energia sonora (10-20 dB) di quanto faccia la linea”, utilizzando quindi dei veicoli speciali (ad esempio con ruote massicce da 40 cm).**

# Rumore stradale: Il modello NMPB-96

*Noise Emission*

*Noise Propagation*



# Correzione meteorologica

- ◆ Il livello a lungo termine  $L_{LT}$  si calcola mediante la formula seguente:

$$L_{LT} = 10 \cdot \log \left( p \cdot 10^{L_F/10} + (1-p) \cdot 10^{L_H/10} \right)$$

- ◆  $L_F$  è il livello acustico calcolato in condizioni favorevoli di propagazione del rumore;
- ◆  $L_H$  è il livello acustico calcolato in condizioni omogenee di propagazione del rumore;
- ◆  $p$  è l'incidenza nel lungo periodo di condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del rumore.

# Effetto della propagazione favorevole

- ◆ **Mediamente la differenza fra il livello misurato in condizioni favorevoli e omogenee può essere di 8 dB(A);**
- ◆ Confrontando i risultati fra  $p = 10\%$  e  $p = 60\%$  si trovano differenze dell'ordine di 4.4 dB(A).
- ◆ Per cui risulta chiara l'importanza di una conoscenza accurata delle condizioni meteo dove sono rilevanti per la propagazione.
- ◆ **Le percentuali  $p$  predefinite nel modello sono state ricavate nelle 18 aree omogenee in cui è stato suddiviso il territorio francese per ciascuna delle quali sono state le curve di isovalore di  $p$  per i periodi diurno e notturno, e per le grandi città.**

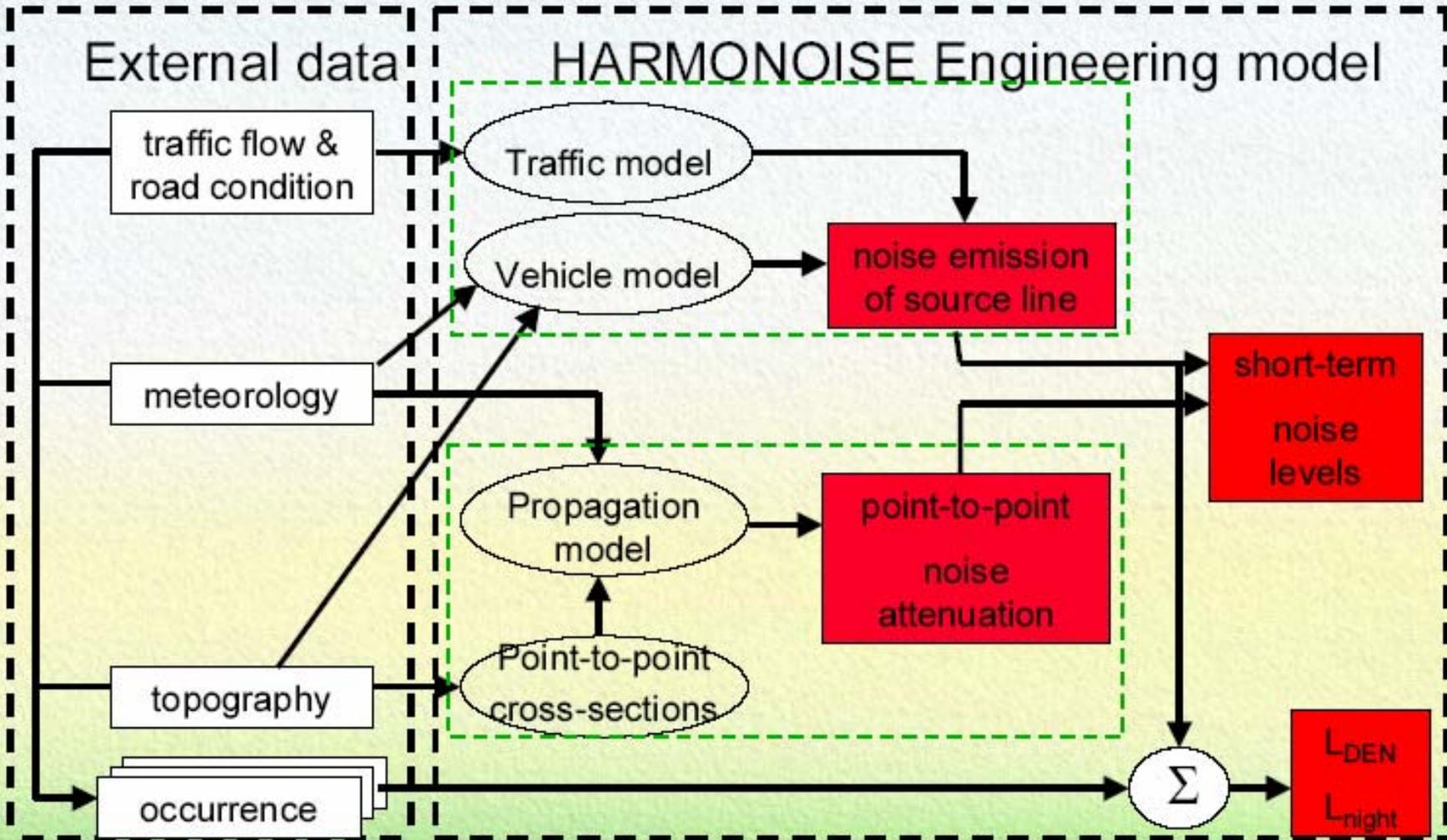
# Il modello HARMONOISE

- ◆ **E' stato sviluppato nell'ambito del progetto HARMONOISE WP2 e WP3 (progetto finanziato dalla Commissione Europea IST-2000-28419) per il calcolo dei valori  $L_{DEN}$  e  $L_N$  su lungo periodo per sorgenti stradali e ferroviarie;**
- ◆ **Costituirà il modello di riferimento europeo per la mappatura acustica strategica per la redazione dei piani conoscitivi e di risanamento (di azione) previsti dalla END;**
- ◆ **Ha portato allo sviluppo di un modello di riferimento ed in un modello ingegneristico;**
- ◆ **Entrambi contengono una descrizione delle sorgenti stradali e ferroviarie e dei meccanismi di attenuazione durante la propagazione.**

# I modelli di HARMONOISE

- ◆ **Il modello di riferimento è basato sulle più attuali e accurate tecniche scientifiche teoriche come BEM (Boundary Element Method), Meteo-BEM, l'uso di equazioni paraboliche per la propagazione, modelli di impedenza per il terreno;**
- ◆ Il modello ingegneristico è stato sviluppato sia per fornire valori rappresentativi per singole situazioni sia per la mappatura acustica;
- ◆ può funzionare con un numero di dati in ingresso più ridotto essendo fornito di valori di default per i vari parametri necessari al calcolo;
- ◆ **Il modello ingegneristico è stato validato tramite confronto con il metodo di riferimento in più di 1550 casi;**
- ◆ **Il modello ingegneristico è stato validato con misure fino a 1200 m dalla sorgente.**

# HARMONOISE Ingegneristico (I)



# Esempio di livello di dettaglio richiesto

- ◆ **Caso dettagliato:**
  - **Passo direzione del vento:  $22.5^\circ \rightarrow 16$  classi;**
  - **Vento: 5 classi;**
  - **Stabilità: 5 classi;**
  - **Numero di periodi temporali: 400;**
  - **Numero totale per i 3 periodi DEN: 1200 (NMPB-96 = 72).**
- ◆ **Caso misura d'indagine:**
  - **Passo direzione vento:  $45^\circ \rightarrow 8$  classi;**
  - **Classi vento/stabilità: 5;**
  - **Numero di periodi temporali: 40;**
  - **Numero totale nei 3 periodi DEN: 120.**
- ◆ **Caso noise mapping (analisi su grande scala):**
  - **Nessuna classe di direzione del vento;**
  - **Classi vento/stabilità: 2;**
  - **Numero di periodi temporali: 2;**
  - **Numero totale per i 3 periodi DEN: 6.**

# L'effetto delle condizioni meteo

- ◆ **Nel caso di noise mapping si richiede un'unica condizione meteo con correzione per i tre periodi stabiliti da END.**
- ◆ Tale condizione rappresenta la propagazione con gradiente della velocità del suono positivo e verticale.
- ◆ Le correzioni dipendono dall'occorrenza relativa di tale condizione nei tre periodi, indipendentemente dalla direzione di propagazione; dalle altezze della sorgente e dei ricettori e dalla loro reciproca distanza.
- ◆ **Un maggior dettaglio di calcolo richiede la conoscenza delle condizioni di vento per il calcolo dell'occorrenza di ogni cammino di propagazione e la composizione delle condizioni favorevoli con quelle neutre.**
- ◆ **Il numero massimo di condizioni meteo considerabili è 19.**

# HARMONOISE: sorgente ferroviaria (I)

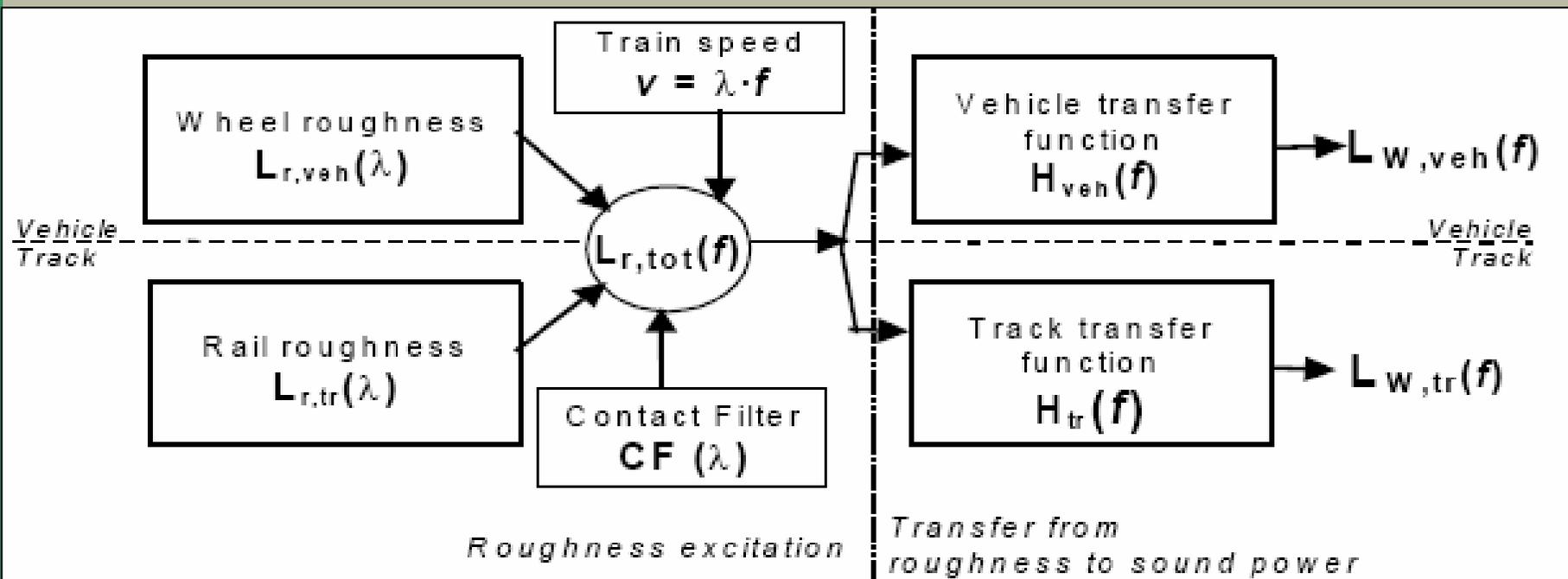
- ◆ **La potenza sonora è descritta da un database contenete due livelli di informazione sull'emissione:**
  - Un modello parametrico basato su parametri fisici distinguenti le sottosorgenti:
    - Rumore di rotolamento;
    - Rumore di trazione;
    - Rumore aerodinamico e sorgenti ausiliari;
  - **Potenza sonora dell'intero veicolo in base ad una descrizione globale.**
- ◆ In uscita viene fornita la potenza sonora in 1/3 d'ottava delle sorgenti equivalenti puntiformi mobili alle 5 possibili altezze di 0 (rotolamento-binario); 0.5 (rotolamento-ruota, aerodinamico, trazione); 2 (trazione); 3 (trazione); 4 m (trazione, aerodinamico).
- ◆ **Viene fornita la funzione di direttività.**

# HARMONOISE: sorgente ferroviaria (II)

- ◆ Sono possibili correzioni al contributo di rotolamento per descrivere ponti, scambi, frenate, battute.
- ◆ Il database è strutturato in due tabelle, una per il binario ed una per il veicolo.
- ◆ Nel caso del binario è necessario conoscere il profilo dello spettro di rugosità.
- ◆ Le categorie dei veicoli (singoli o interi treni) devono essere costruite a livello nazionale in funzione della descrizione delle sorgenti in esse contenute.
- ◆ I contributi delle singole sorgenti descritte in tabella vengono quindi assemblate per fornire la *source strength* della sorgente, in funzione dei parametri presenti nelle due tabelle.
- ◆ Si considera solo la direttività orizzontale, che può essere di monopolo, dipolo o definita dall'utente.

# HARMONOISE: sorgente ferroviaria (III)

- ◆ Il modello per il rumore di rotolamento trae origine dal progetto STAIRRS;
- ◆ Fornisce 4 metodi alternativi alla misura della separazione fra veicolo e binario prevista dal RMR II più efficienti e/o meno costosi;
- ◆ Si mantiene comunque la compatibilità con il metodo di misura B del modello RMR II-2002 .



# HARMONOISE: sorgente ferroviaria (IV)

<b>Quantità</b>	<b>Il valore dipende da</b>	<b>Tecnica di valutazione</b>
<b><math>H_{tr}</math>, Funzione di trasferimento binario</b>	<b>Tipo sovrastruttura del binario</b>	<b>Misurato (M), Calcolato (C), Prestabilito (D)</b>
<b><math>H_{veh}</math>, Funzione di trasferimento veicolo</b>	<b>Tipo di veicolo</b>	<b>M/C/D</b>
<b><math>L_{r,tr}</math>, Rugosità binario</b>	<b>Stato di molatura</b>	<b>Media sulla tratta o sulla linea (M/D)</b>
<b><math>L_{r,veh}</math>, Rugosità ruota</b>	<b>Sistema di frenatura</b>	<b>Media sulla categoria del treno (M/D)</b>
<b>CF, Filtro di contatto</b>	<b>Carico sull'asse e dimensione della ruota</b>	<b>Valore prestabilito</b>
<b><math>v</math>, Velocità del treno</b>	<b>Dati di tratta</b>	<b>Media misurata o da dati di tratta</b>

# Accuratezza e sensibilità

Distanza Ricettore-Sorgente	Modello	
	Di riferimento	Ingegneristico
$\leq 100\text{m}$	$\pm 1 \text{ dB(A)}$	$\pm 1 \text{ dB(A)}$
100÷2000 m Pianeggiante	$\pm 2 \text{ dB(A)}$	$\pm 4 \text{ dB(A)}$
100÷2000 m Collinare - edificato	$\pm 5 \text{ dB(A)}$	$\pm 10 \text{ dB(A)}$

*Obiettivi per l'accuratezza (confidenza al 95%) del Livello  $L_{DEN}$  a lungo termine*

**L'analisi della sensibilità indica una variazione di 1 dB(A) per la potenza sonora  $L_w$  corrisponde alla variazione di:**

- 25% del flusso veicolare;
- 5% percentuale dei veicoli pesanti;
- 10 km/h per la velocità di marcia;
- 0.3 m/s<sup>2</sup> per l'accelerazione e 0.8 m/s<sup>2</sup> per la decelerazione.

# Conclusioni (I)

- ◆ **E' stata presentata una rassegna dei modelli per la previsione dell'inquinamento acustico alla luce della nuova direttiva europea.**
- ◆ **Numerosi sono i problemi aperti a cui i progetti HARMONOISE ed IMAGINE cercheranno di dare soluzione: i tempi di risposta però sono lunghi e alcune scelte vanno comunque compiute anche nell'ambito del recepimento della direttiva.**
- ◆ **La necessità di implementare tecniche di misura o di calcolo per consentire la predizione del rumore ferroviario o stradale sono importanti al fine di rispondere alle richieste della normativa END.**

## Conclusioni (II)

- ◆ **In particolare, nel caso ferroviario, risulta importante sviluppare le tecniche per la caratterizzazione delle sorgenti costituite dalla rugosità di ruota e binario**
- ◆ Questo soprattutto diventa impellente in relazione agli input richiesti dai modelli ad interim e dal futuro modello europeo.
- ◆ **Va colta l'occasione del quadro conoscitivo imposto dal D.M. 29.11.2000 per definire delle linee guida per la previsione del rumore da traffico che diano dei riferimenti omogenei agli utilizzatori del modello ad interim indicato dalla UE, affinché i dati raccolti possano essere utilmente utilizzati anche in sede di mappatura strategica delle infrastrutture**