

# Modelli di simulazione acustica

- rappresentano il metodo più veloce per condurre un'analisi previsionale e permettono di simulare tutte le sorgenti sonore, tenendo in considerazione i parametri che influenzano l'emissione di rumore e la sua propagazione. L'esigenza che i modelli di calcolo utilizzati in ambito nazionale siano normalizzati risulta ad oggi una necessità che riguarda sia le Amministrazioni, sia le Società e gli Enti gestori delle infrastrutture di trasporto, alla luce degli adempimenti richiesti dalla Direttiva 200/49/CE, recepiti in Italia con il D.Lgs 195/2005.

## Problema aperto

- **Mentalità scientifica attuale: tutti i valori sono affetti da incertezza**



**Conflitto?**



- **Mentalità giuridica tradizionale**  
la “certezza del diritto” non  
ammette margini di “incertezza”

# Incertezza dei modelli di calcolo acustico in ambiente esterno: valutazione e implicazioni

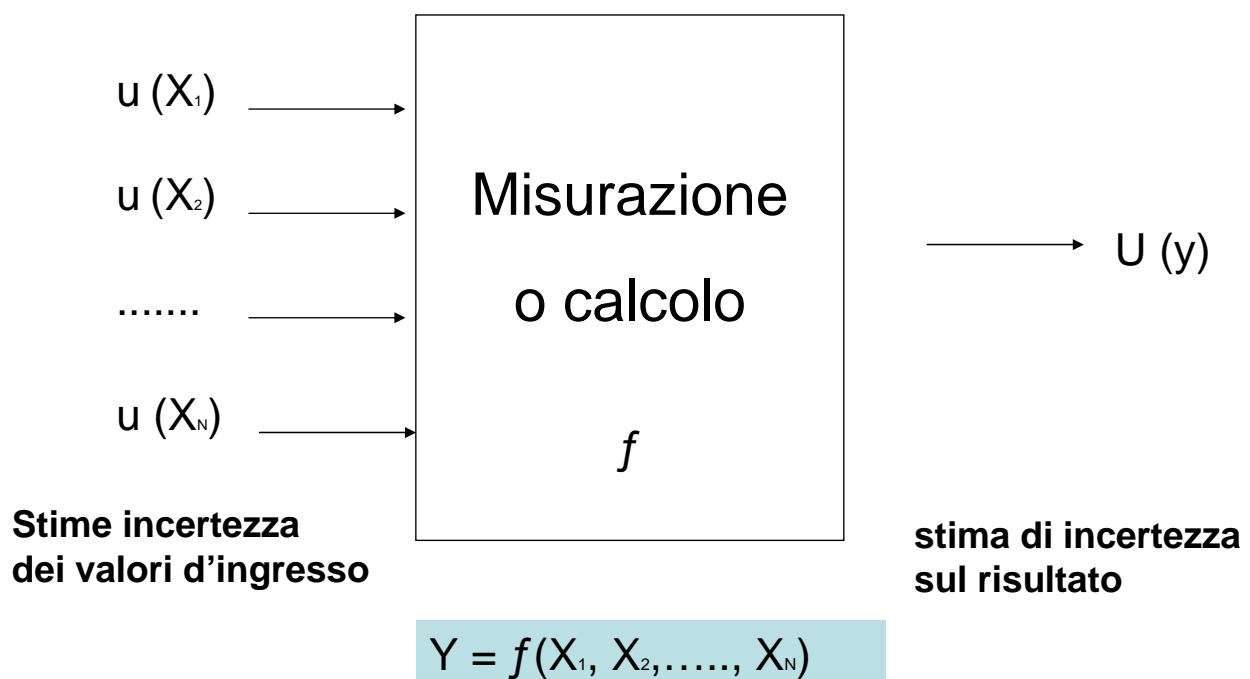
## **Incertezza riferimenti**

- ISO “Guide to the expression of uncertainty in measurement” 1995 (GUM)
- UNI CEI ENV 13005 “Guida all’espressione dell’incertezza di misura” 2000
- European Commission Working
- Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) “Good Practice Guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure – Vr.2” 2007
- Progetto UNI Commissione Acustica 2008

# Incertezza di misura o calcolo

- **Attendibilità:**
  - non possono essere confrontati **tra loro** i risultati di misurazioni o calcoli diversi
  - i risultati non possono essere confrontati con valori di riferimento quali i **valori limite di legge**
- **Incertezza:**
  - parametro che fornisce l'indicazione quantitativa della **attendibilità** del risultato
  - parametro che caratterizza la **dispersione** dei valori attribuibili al risultato stesso

## Propagazione dell'incertezza



# Incertezza dei modelli di calcolo

## 1. Incertezza nei dati di ingresso

## 2. Incertezza nel modello matematico

## 3. Incertezza nel modello software

## 4. Incertezza di rappresentazione

## 5. Incertezza nel modello costruito

## 1. Incertezza nei dati di ingresso esempio: rumore stradale

- **dati di tipo “non geometrico”**
  - velocità dei veicoli
  - flussi di traffico
  - gradiente strada e manto stradale
- **dati di tipo “geometrico”**
  - andamento altimetrico dell’area (DGM)
  - caratterizzazione acustica del suolo (G)
  - sorgenti: andamento piano – altimetrico
  - geometria di edifici e barriere
  - fattore di riflessione delle superfici
- **dati “ulteriori”**
  - variazione oraria dei flussi di traffico
  - distribuzione della popolazione

## 2. Incertezza nel modello matematico

### Definizione del Modello matematico

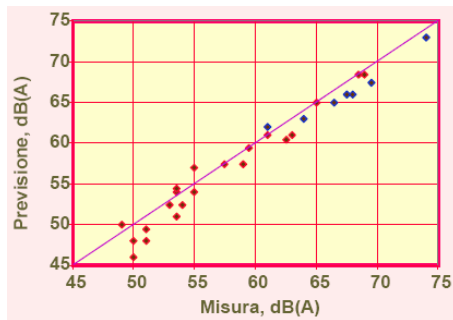
- set di equazioni, basate su ipotesi semplificative, con limiti di applicabilità

- **Insufficiente rappresentatività del modello matematico**
  - non perfetta rispondenza dell'ambiente reale rispetto a quanto previsto nel modello matematico.
- **Procedure ambigue**
  - insufficiente chiarezza nel documento che descrive il modello matematico.
  - impossibilità di adattarsi a certi casi particolari.

### insufficiente rappresentatività del modello matematico

- Tutti i modelli matematici sono approssimazioni della realtà
- La validità di un modello matematico è attestata dalla **comunità scientifica**
- I ricercatori devono predisporre una serie **di casi di test** con tolleranza specificata, sufficientemente comprensivi

# Esempio: validazione NMPB-96

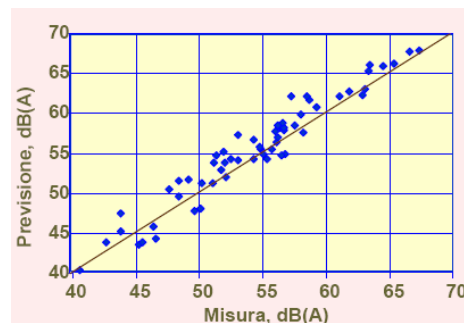


$s = 1,2 \text{ dB(A)}$

4 Siti aperti

2 Siti con diffrazione moderata

$s = 2 \text{ dB(A)}$



## Procedure ambigue

- Il documento che descrive il modello può contenere passaggi ambigui anche di tipo **ineliminabile**, poiché derivata da semplificazioni eccessive della realtà
- Le approssimazioni possono produrre errori da 1 a 4,5 dB.

## 3. Errori nel software

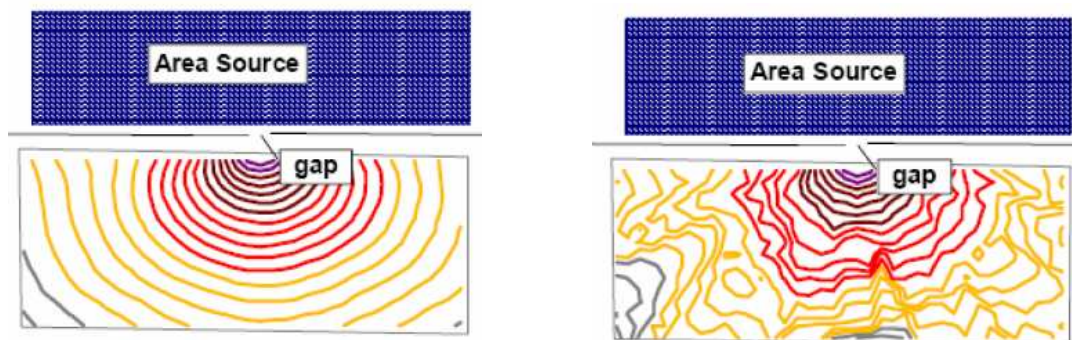
### Modello software

- programma che implementa il modello matematico su computer con inclusione del metodo di interpolazione

- Possono verificarsi errori di implementazione delle equazioni base.
- Il software **deve essere validato** con i casi di test.
- I risultati dovrebbero essere certificati da un **autorità indipendente**.
- Il protocollo di certificazione deve essere sviluppato da **esperti** indipendenti.

## 4. Incertezza di rappresentazione

- Differenti tecniche di interpolazione dei valori calcolati su una griglia



- Utilizzate senza analisi dell'incertezza

## 5. Incertezza del modello costruito

### Modello costruito (caso specifico)

- particolare applicazione del modello software con specifici dati di ingresso

- **Operatore competente**  
ha una preparazione specifica e dimostrata (certificazione) rispetta il protocollo operativo
- **Protocollo operativo**  
procedura normalizzata per eseguire tutte le fasi di input, elaborazione, restituzione dell'output, interpretazione

## 5. Incertezza del modello costruito

- **Calibrazione**  
fase di modifica dei dati delle impostazioni del modello per ottenere valori prossimi a quelli misurati in specifici **punti di riferimento i quali anch'essi possono generare incertezza**
- **Validazione**  
fase di verifica della consistenza dei valori calcolati su un set di punti scelti casualmente all'interno dell'area analizzata (diversi da quelli di riferimento)

## Esempio del cumulo delle incertezze

- **Incertezza dati di ingresso**  $U_1 = 2 \text{ dB(A)}$
- **Incertezza modello matematico**  $U_2 = 3 \text{ dB(A)}$
- **Incertezza software**
  - certificato / non certificato  $U_3 = 1 / 3 \text{ dB(A)}$
- **Incertezza di rappresentazione**
  - interpretazione non controllata  $U_4 \sim 2 \text{ dB(A)}$
- **Incertezza modello costruito**
  - operatore certificato / non certif.  $U_5 = 1 / 5 \text{ dB(A)}$

***Incertezza complessiva finale***

***$U = 4,4 / 7.1 \text{ dB(A)}$***

## Conclusioni

Calcolo attendibile → valutazione incertezza

- Necessario distinguere tra:
  - incertezza dei dati di ingresso
  - incertezza del modello matematico
  - incertezza del modello del software (sviluppatori)
  - incertezza di rappresentazione (sviluppatori)
  - incertezza del modello costruito (operatori)
- Necessaria autorità di “certificazione” di:
  - software
  - operatori
- Necessari protocolli di “certificazione”.