

L'AFFIDABILITA' DEI MODELLI PREVISIONALI IN ACUSTICA AMBIENTALE

Considerazioni generali

Molto spesso fra acustici ci si pone il problema di definire l'affidabilità di un modello previsionale quando si ha a che fare con una valutazione di impatto acustico o, comunque, con una attività che implica la previsione di un "qualcosa" che ancora non esiste e di cui si deve stimare l'impatto acustico sull'ambiente circostante.

Nella presente memoria vengono presentate alcune considerazioni relative a come si può approcciare il concetto di affidabilità di un software previsionale in termini di accuratezza del calcolo, senza voler essere esaustivi.

a cura di:

Franco Bertellino

Le prestazioni di un software previsionale

Uno dei parametri con cui spesso si quantificano le prestazioni di un software previsionale è il tempo di calcolo.

Una strategia piuttosto comune da parte dei produttori di software per ottimizzare il tempo di calcolo del software consiste nella determinazione di una funzione di trasferimento "ottimizzata" fra sorgente e ricevitore: una volta che essa è stata determinata il tempo richiesto per il calcolo del risultato è trascurabile: ecco perché, ad esempio, nel software IMMI è possibile poter calcolare più varianti di una stessa situazione simultaneamente.



IMMI è un programma utilizzabile per i seguenti scopi:

- Valutazioni di impatto acustico ambientale di qualunque tipo in applicazione della Legge 447/95
- Piani di risanamento acustico
- Modellazione acustica di ambienti esterni ed interni, su piccola e grande scala (mappatura acustica strategica)
- Ottimizzazione di barriere antirumore
- Rumore industriale, stradale, ferroviario, navale, aeroportuale....

Noise Mapping & Noise Prediction

promozione



Altri parametri comuni che influenzano il tempo di calcolo sono:

- la distanza fra i punti della griglia di calcolo: in generale i punti della griglia per il rumore sono calcolati ogni 10 m, mentre per le concentrazioni degli inquinanti atmosferici ogni 100 m. Scelte diverse sono possibili e dipendono ovviamente dall'ampiezza dell'area di studio e dal problema che occorre affrontare.
- La suddivisione delle sorgenti lineari e superficiali in sorgenti elementari (puntiformi): il software IMMI ottimizza automaticamente la segmentazione in funzione della distanza sorgente-ricevitore: più piccola è la distanza più fine è la suddivisione della sorgente.

Un tipico problema che influenza il tempo di calcolo nel software previsionale per il rumore è l'analisi tridimensionale dell'area di interesse (nel caso del software per la previsione della concentrazione di inquinanti atmosferici il maggior tempo è invece richiesto per i calcoli fluidodinamici nel corso della propagazione).

Per ridurre i tempi di calcolo il software previsionale può permettere all'utente scelte che possono influenzare l'analisi geometrica del territorio e degli ostacoli e gli ordini di riflessione: queste scelte, tuttavia, costituiscono delle vere e proprie "deviazioni" dalle richieste dell'algoritmo scelto per il calcolo, e dunque l'utente ne deve essere consapevole.

La norma sperimentale tedesca DIN 45687 descrive un metodo statistico per descrivere l'accuratezza di un calcolo: se tale metodo viene adeguatamente implementato nel software esso permette di controllare la perdita di accuratezza dei risultati in rapporto alla velocità di calcolo.

2.1 La funzione di trasferimento

I metodi di calcolo "ad interim" proposti dalla direttiva europea 2002/49 propongono fondamentalmente la stessa equazione di base per determinare il livello di rumore in un punto ricevitore:

$$L_p = L_e + AE + R$$

dove

L_p = livello di pressione sonora al punto ricevitore

L_e = livello di emissione suono alla sorgente

AE = attenuazioni in eccesso

R = contributo dovuto alle riflessioni

Il termine AE comprende ovviamente tutti i principali "effetti" della propagazione acustica: la divergenza geometrica, l'assorbimento atmosferico, l'effetto terreno, la diffrazione, le correzioni meteorologiche...

Il tempo di calcolo non è tuttavia determinato dal tempo richiesto per eseguire questa equazione, ma dal tempo richiesto per determinare i valori per ciascuno dei termini che compongono i termini AE ed R.

Pertanto, il fattore principale che determina il tempo di calcolo per una mappa di rumore è l'analisi geometrica delle condizioni di propagazione nello spazio tridimensionale. Questo processo è necessario al fine di determinare la funzione di trasferimento per tutti i percorsi di propagazione fra sorgente e ricevitore. La complessità dell'analisi e il tempo richiesto per una stessa configurazione geometrica possono variare in modo drammatico in funzione del metodo di calcolo.

Il metodo può infatti richiedere un numero maggiore o minore di parametri, e dunque la determinazione di un termine della propagazione acustica può richiedere tempi anche pesantemente diversi.

Un semplice esempio è fornito dal trattamento della diffrazione su di una barriera antirumore:

Il metodo tedesco RLS-90 non prende in considerazione le diffrazioni sui bordi laterali (verticali) della barriera (indipendentemente dalla sua lunghezza): dunque in questo caso è sufficiente determinare un unico percorso di propagazione fra sorgente e ricevitore passante sul bordo superiore della barriera;

Il metodo ad interim per il rumore stradale NMPB/ XP S 31-133 prevede invece di considerare sia la diffrazione superiore sia quelle laterali, e dunque in questo caso i percorsi da considerare saranno tre invece dell'unico previsto dal metodo RLS-90.

Ni 140
3 anni garanzia



Un esempio più complesso è dato dalla determinazione dell'altezza media di propagazione nei diversi metodi: in questo caso la descrizione di questo calcolo richiederebbe intere pagine di trattazione sia per il metodo RLS-90 sia per il metodo XP S 31-133.

Anche le differenze nel modo di trattare le diffrazioni multiple possono essere importanti: sia il metodo NMPB/XP S 31-133 sia la ISO 9613 prendono in considerazione la posizione reale dei bordi multipli di diffrazione sul percorso di propagazione; il metodo RMR/SRMII, invece, pur essendo anch'esso un metodo ad interim europeo, non tratta il problema nello stesso modo: in questo caso infatti quest'ultimo metodo, in presenza di barriere multiple, determina una singola "barriera equivalente" avente altezza pari a quella della barriera più alta e alla posizione che fornisce la massima attenuazione schermante.

E' dunque ben chiaro che queste, e altre, differenze, se implementate correttamente in un software possono portare a differenze significative nel tempo di calcolo della funzione di trasferimento tra sorgente e ricevitore.

2.2 L'analisi tridimensionale dello spazio

Possono esistere differenti modalità di analisi dello spazio tridimensionale, che sono illustrate di seguito.

l'approccio geometrico analitico nello spazio 3D: questo approccio è basato sull'utilizzo della geometria analitica per la determinazione delle intersezioni fra gli elementi presenti nello spazio ed il percorso sonoro di propagazione. Lo stesso metodo è utilizzato per analizzare tutte le possibili riflessioni e permette di individuare ogni singolo contributo di riflessione per assicurare che nessun percorso di riflessione sia trascurato.

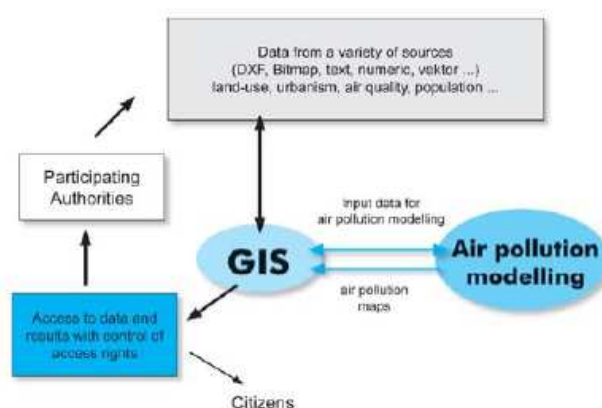
VANTAGGIO: vengono trovati tutti gli elementi che possono influenzare i parametri della funzione di trasferimento

SVANTAGGIO: se non vengono ottimizzati i parametri di ricerca questo metodo richiede lunghi tempi di calcolo.

Ray tracing/Inverse ray tracing: questo approccio utilizza un raggio "cercatore" che viene emesso dalla sorgente (nel caso del ray tracing) o dal ricevitore (nel caso del ray tracing inverso). Nel caso della propagazione acustica in ambiente esterno la tecnica del ray tracing inverso è più utilizzata. Il metodo prende in considerazione unicamente quelle sorgenti, barriere e riflessioni che sono trovate dai raggi "cercatori".

VANTAGGIO: analisi relativamente veloce dello spazio 3D;

SVANTAGGIO: poiché nel mondo digitale non vi può essere una continuità fra raggi "cercatori" emessi da una sorgente, può capitare che, soprattutto all'aumentare della distanza dalla sorgente, i raggi cercatori non siano sufficienti a individuare tutti i possibili percorsi di propagazione fra sorgente e ricevitore, e dunque possono essere trascurati alcuni contributi significativi.



2.3 I miglioramenti futuri

La velocità di calcolo di un software può essere incrementata utilizzando tecniche di calcolo distribuito su una rete di PC. L'idea alla base di questa tecnica è l'utilizzo della potenza di calcolo di svariati computer per ridurre i tempi complessivi di calcolo di una griglia di ricevitori molto estesa. Un "server" centrale ha il compito di gestire il calcolo sui PC connessi in rete suddividendo la griglia complessiva in sottoinsiemi che vengono trasmessi ai PC "client". I risultati del calcolo vengono poi ritrasmessi al server e assemblati. Il server si occupa anche di garantire la correttezza del risultato nelle fasce ai bordi delle sotto-griglie, che altrimenti risentirebbero degli effetti sovrapposti delle sorgenti limitrofe.

Il tempo di calcolo non è tuttavia l'unica prestazione interessante per un software previsionale, anzi; molto spesso tale prestazione è unicamente legata al calcolo eseguito per mappature di grandi aree urbane, per le quali il tempo di calcolo è molto significativo.

Per inciso vogliamo qui sottolineare come il software IMMI sia stato utilizzato, **fra gli altri**, da **ARPA Toscana e ARPA Piemonte** per la mappatura acustica strategica delle città di Firenze e Torino.

Si vedano al proposito i seguenti documenti.

http://www.arpat.toscana.it/rumore/ru_mappaacustica_firenze_metodologia.pdf

http://www.provincia.torino.it/ambiente/file-storage/download/inquinamento/pdf/relaz_arpa.pdf

3. L'accuratezza dei risultati

L'accuratezza è il grado di accordo di una misura (o una media di misure dello stesso tipo), X , con una misura di riferimento (o anche "valore vero"), T , espresso dalla differenza fra i due valori, $X - T$, o la differenza espressa come percentuale del valore vero, $100(X-T)/T$, talvolta espressa come rapporto.

Ma qual è il "valore vero" nel caso delle misure di rumore? La misura sperimentale?

La mappatura del rumore tramite software e le misure sperimentali di rumore sono diverse per la loro stessa natura, come dimostra la seguente tabella di confronto.

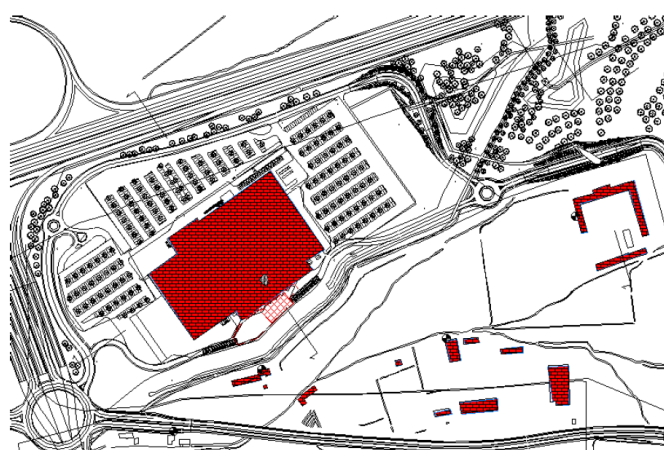


Tabella 1: confronto fra le caratteristiche di output di un software di mappatura e le misure sperimentali di rumore

Output	Mappatura del rumore	Misure di rumore
Tipo di output nello spazio	Livello di rumore su un piano bidimensionale	Livello di rumore in un punto
Tipo di output nel tempo	Il livello viene determinato come media sul lungo periodo.	Il livello di rumore misurato rappresenta solitamente un periodo ben determinato, che può essere influenzato da molteplici fattori.

Il livello di "lungo termine", come definito dalla ISO 1996-2:1987 a cui si riferisce la direttiva 2002/49 può essere determinato solamente tramite un software previsionale di mappatura, mentre i metodi semi-empirici proposti attualmente come metodi ad interim non sono in grado di simulare le variazioni dovute a variazioni istantanee delle condizioni meteo. I metodi che possono tenere conto di queste variazioni istantanee, i cosiddetti modelli fisici, non si adattano minimamente all'uso per attività di mappatura strategica.

Dunque quando si parla di accuratezza, specialmente nel caso della mappatura strategica, occorre ridefinire il contesto in cui si sta lavorando.

Mentre può essere significativo voler ottenere elevati livelli di accuratezza nello studio del campo sonoro che si sviluppa nella diffrazione sul bordo superiore di uno schermo antirumore o nel caso di un contenzioso che deve determinare i costi di un intervento di riduzione del rumore, molto meno rilevante sarà il livello di accuratezza richiesto per mappature di rumore su larga scala.

In ogni caso, il risultato ottenibile non potrà essere che la somma delle inaccurately o approssimazioni inevitabilmente introdotte dal metodo di calcolo, dall'utente e dalla implementazione del modello.

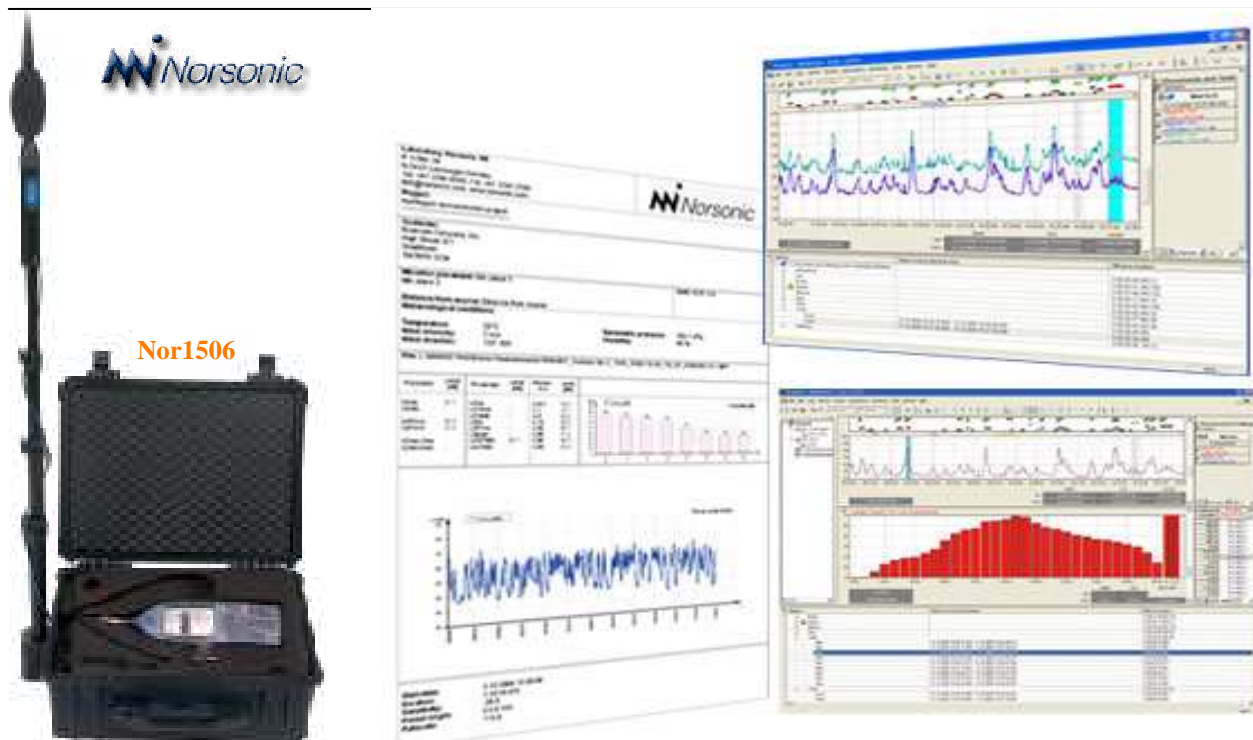
Le mappe strategiche sono fondamentalmente un mezzo per la pianificazione di azioni di risanamento. La pianificazione si avvale prevalentemente di valori relativi, piuttosto che assoluti: una misura sperimentale può veramente risolvere una situazione?

Nella pianificazione l'accuratezza dei valori calcolati ha una importanza relativa, ciò che più conta è che sia le eventuali in accuratezze sia il modello utilizzato rimangano costanti in tutti gli scenari di calcolo. Le eventuali imprecisioni di calcolo scompariranno nel confronto fra gli scenari ante e post operam.

La pianificazione ha la necessità primaria di produrre in tempi relativamente rapidi risultati comparativi fra più scenari.

Pertanto, la richiesta di accuratezza nel caso della mappatura strategica dovrebbe ritenersi garantita attraverso l'utilizzo di un metodo di calcolo accurato e ben documentato (nonché ben compreso da parte dell'utente!).

Rimane da capire come si possa verificare l'affidabilità di un software commerciale che implementa un metodo di calcolo riconosciuto universalmente affidabile.



ESEMPIO: il calcolo dell'incertezza dovuto alle caratteristiche del traffico nel caso del rumore stradale secondo la norma francese XPS 31-133

Volendo determinare l'incertezza associata al rumore stradale è ormai inevitabile l'utilizzo di alcuni documenti guida, come ad es. la GPG (Good Practice Guide), il cui riferimento è (per es.) il seguente:

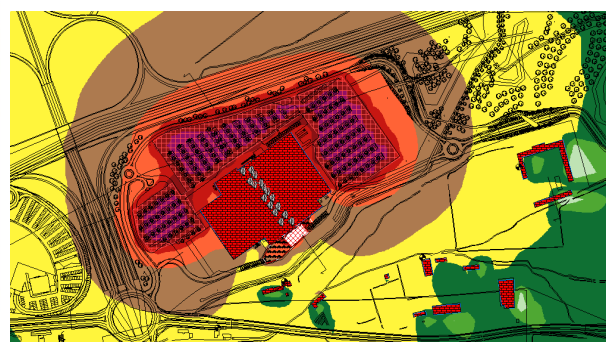
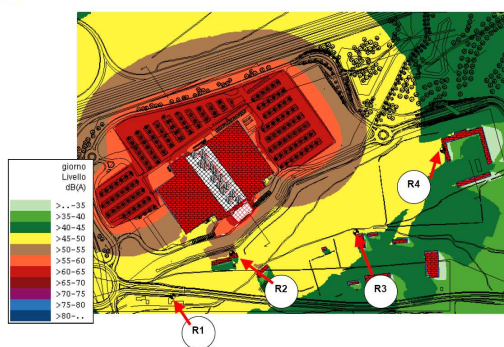
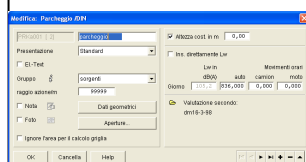
http://www.eukn.org/eukn/themes/Urban_Policy/Urban_environment/Environmental_sustainability/Noise/Strategic-Noise-Mapping_1001.html

Tale guida permette di ricavare in modo piuttosto semplificato l'incertezza del dato di output a partire dalla "qualità" del dato di input.

Fattore	Tipo di flusso	Gruppo A	Gruppo B	Gruppo C	Gruppo D	Gruppo E
Flusso veicoli pesanti	Scorrevole	$I^* \leq 20$	$20 < I \leq 40$	$40 < I \leq 90$	$90 < I \leq 160$	$160 < I \leq 200$
	Intermittente continuo					
	Intermittente accelerato					
	Intermittente decelerato					
Velocità veicoli pesanti	Scorrevole	$I \leq 10$	$10 < I \leq 20$	$20 < I \leq 70$	$70 < I \leq 130$	$130 < I \leq 200$
	Intermittente continuo					
	Intermittente accelerato					
	Intermittente decelerato	$I \leq 5$	$5 < I \leq 10$	$10 < I \leq 30$	$30 < I \leq 50$	$50 < I \leq 200$
Flusso veicoli leggeri	Scorrevole	$I \leq 15$	$15 < I \leq 45$	$45 < I \leq 100$	$100 < I \leq 200$	-
	Intermittente continuo					
	Intermittente accelerato					
	Intermittente decelerato					
Velocità veicoli leggeri	Scorrevole	$I \leq 10$	$10 < I \leq 20$	$20 < I \leq 65$	$65 < I \leq 120$	$120 < I \leq 200$
	Intermittente continuo					



www.microbel.it



3.1 I metodi di test per i software

Il metodo principale per verificare la qualità dell'implementazione di un metodo di calcolo standardizzato in un software commerciale è l'utilizzo di test.

Un test consiste fondamentalmente nella descrizione di un sito che comprende una o più sorgenti di rumore e uno o più effetti sul percorso di propagazione fra sorgenti e ricevitori.

In generale, data la complessità del metodo di calcolo e del software che lo implementa, viene definita solitamente una serie di test, ciascuno dei quali ha lo scopo di verificare un singolo effetto di propagazione o un effetto risultante dalla somma di più effetti individuali.

Un insieme ben progettato di test permette di verificare tutti i principali effetti propagativi e tutti gli effetti critici sono ben sviscerati.

I test dovrebbero essere messi a punto da organismi a livello almeno nazionale da un gruppo di esperti indipendenti: tali esperti devono progettare i test, determinare i risultati esatti prodotti con l'utilizzo del metodo di calcolo normalizzato unitamente ad un intervallo di accettabilità dei valori forniti dal software che si sottopone al test.

L'intervallo di confidenza è giustificato dal fatto che i metodi di calcolo hanno una natura semi-empirica, dagli arrotondamenti di calcolo nei passaggi intermedi e dal possibile differente approccio utilizzato dai programmatori nello sviluppo del software.

Infine, i test devono specificare le caratteristiche delle sorgenti (potenza sonora, distribuzione spettrale), le distanze, le altezze, l'attenuazione, le caratteristiche geometriche e rendere disponibili tali informazioni, anche sotto forma digitalizzata.

Purtroppo non sono ad oggi disponibili test per tutti i metodi di calcolo, neppure per i metodi ad interim scelti per la mappatura acustica strategica. In alcuni casi i test non sono disponibili pubblicamente o sono disponibili solo in formati adatti ad uno specifico programma non utilizzabile in generale.

Altri metodi sono accompagnati da esempi per illustrare le modalità di funzionamento del metodo, senza coprire tutti i possibili casi di interesse. Test semplificati non sono sufficienti per garantire l'accuratezza dei risultati, essi permettono solamente di accertare un livello di affidabilità di base.

Tabella: i test per la verifica dell'affidabilità di un codice di calcolo standardizzato

Non vi sono possibilità di verifica del codice di programma:			
Esempi tipici:	ISO 9613-2	Internazionale	Rumore industriale o generico
	RMR/SRM II	Paesi Bassi	Rumore ferroviario
L'utilizzo del metodo è illustrato con esempi compresi nel documento ufficiale descrittivo del metodo:			
Esempi tipici:	General Prediction Method	Scandinavia	Rumore industriale
	CRTN	UK	Rumore stradale
	CRN	UK	Rumore ferroviario
	BS5228	UK	Rumore di cantieri
	NMPB/ XP S 31-133	Francia	Rumore stradale
Un gruppo di lavoro di esperti indipendenti produce test con un intervallo di confidenza per i risultati:			
Esempi tipici:	RLS-90	Germania	Rumore stradale
	Schall 03	Germania	Rumore ferroviario
	RVS 3.114	Austria	Rumore stradale
	Önorm S5011	Austria	Rumore ferroviario
	TemaNord 525	Scandinavia	Rumore stradale
Il documento ufficiale fornisce un test semplificato:			
Esempi tipici:	ECAC-CEAC doc. 29	Internazionale	Rumore aeroportuale
Un organismo ufficiale definisce una completa procedura di certificazione:			
Esempi tipici:	AzB	Germania	Rumore aeroportuale

3.2 La norma sperimentale DIN 45687

L'ente normatore tedesco ha iniziato da tempo una attività normativa mirante a definire requisiti di qualità e tipologie di test per i software previsionali nel settore dell'acustica.

Il fatto che questa attività abbia avuto origine in Germania non può sorprendere, considerando che i maggiori produttori di software previsionale sono tutti residenti in questo Paese da molti anni.

I requisiti di qualità per i software sono definiti in termini di descrizione del prodotto, documentazione e manualistica, programmi e dati.

Per quanto riguarda i test, occorre sottolineare che i requisiti di qualità definiti dalla norma DIN 45687 mirano a definire il grado di confidenza ottenibile dall'implementazione tramite un pacchetto software nei confronti di un algoritmo di calcolo normalizzato. La norma, dunque, non si occupa della qualità di una mappa acustica ottenuta con il software in esame – che dipende ovviamente dai dati di ingresso e dal software –, ma piuttosto di valutare la quota parte di incertezza dovuta al software nel processo di calcolo.

La DIN 45687, allo scopo di assicurare la corretta implementazione del metodo normalizzato, segue un duplice approccio:

- Assicurazione della qualità dell'implementazione software del metodo di calcolo ufficiale tramite casi test;
- Assicurazione della qualità del software tramite l'utente.

La motivazione di questo approccio sta nel fatto che per ragioni di prestazioni (leggi velocità di calcolo) i software commerciali possono applicare settaggi che fanno aumentare la velocità di calcolo. Questi settaggi possono essere presentati in modi diversi all'utente: in alcuni casi sono sotto il pieno controllo dell'utente, in altri possono essere "nascosti" all'utente, che si trova di fronte ad una "scatola nera" che esegue il calcolo richiesto senza fornire indicazioni su tali settaggi.

In entrambe i casi l'incremento della velocità di calcolo è ottenuta a prezzo di una perdita di accuratezza: ciò si deve al fatto che le tecniche di efficienza di calcolo si basano sull'introduzione nel modello di semplificazioni geometriche oppure di calcoli che non tengono conto di alcuni degli effetti della propagazione.

I test che sono proposti dalla DIN 45687 e che servono a verificare l'affidabilità di una implementazione corretta del modello normalizzato devono essere eseguiti in condizioni di "riferimento", ossia senza introduzione di semplificazioni nel modello. Questi test non forniscono informazioni sul comportamento del modello nel momento in cui si introducono semplificazioni tese ad aumentare la velocità di calcolo del software: in questi casi la DIN 45687 richiede che sia forniti dal software dei mezzi per verificare la perdita di accuratezza quando si introducono semplificazioni.

A dimostrazione di quanto sopra si vedano i risultati del lavoro di cui in [3]: in essi si dimostra che alcuni pacchetti software possono essere notevolmente più veloci dei concorrenti, a scapito tuttavia di una perdita di accuratezza.

4. Conclusioni

Con l'avvento della direttiva 2002/49 relativa alla mappatura strategica del rumore sono emerse sempre più di frequente le problematiche legate all'accuratezza dei risultati ottenibili da pacchetti software commerciali e le tempistiche di calcolo, spesso non trascurabili.

Nella presente memoria sono stati esaminati alcuni degli aspetti che concorrono alla determinazione del tempo di calcolo e dell'accuratezza.

Ne è emerso che, ad oggi, manca una garanzia relativa alla assicurazione di qualità dei risultati di un software. Su questa tematica si registra una importante carenza da parte degli organi normatori ufficiali, con l'unica eccezione dell'Ente normatore tedesco che, da anni, cerca di portare avanti su questo tema un progetto di norma con lo scopo di fornire garanzie all'utente del software circa l'affidabilità.

Bibliografia

- G. Licitra, F. Bertellino, "Modelli di previsione del rumore determinato dalle attività produttive e dal traffico veicolare, aeroportuale e ferroviario" Atti seminario AIA "NOISE MAPPING", Bologna, 2001
- E. Wetzel, Serve C., "How to assure quality of noise mapping software?" INTERNOISE 2001 Proceedings, Den Hague, 2001
- Battini P. et al., "Software di calcolo dei livelli sonori a confronto: valutazione degli scarti nelle stime e nei tempi di elaborazione", Terzo Convegno Nazionale ARPA – Biella, 2006

Micro news

A cura della redazione web di
microbel s.r.l.
Periodico di informazione
tecnico-commerciale
Novità, normativa, prodotti
nel mondo dell'acustica.

ABBONATI alla MICRONEWS
info@microbel.it

SONIDO PRO



Calcolo previsionale elementi



Calcolo previsionale edificio



Calcolo sperimentale degli indici



Calcolo attenuazione degli spettri



Software previsionale per il calcolo acustico di edifici e di elementi di edifici



Calcolo previsionale elementi



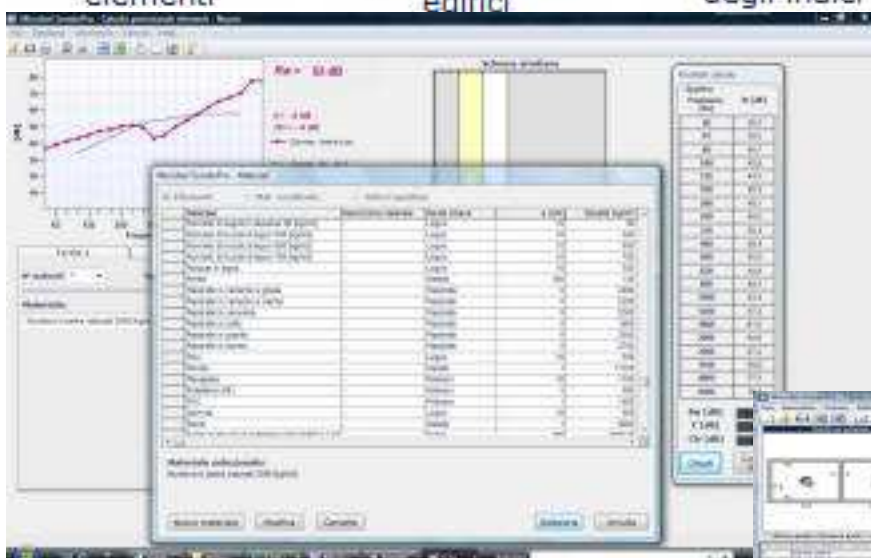
Calcolo previsionale edifici



Calcolo sperimentale degli indici



Valutazione dell'Impatto acustico all'interno di edifici



Assistenza On-Line direttamente dal sito
<http://www.sonidopro.it>
ATTIVA IL CANONE ASSISTENZA2009

Software previsionale per il calcolo acustico di edifici e di elementi di edifici



SONIDO PRO



Calcolo previsionale elementi



Calcolo previsionale edificio



Calcolo sperimentale degli indici



Calcolo attenuazione degli spettri



10098 Rivoli (TO) Corso Primo Levi, 23/B tel. 011.953.75.64 fax 011.955.77.38
<http://www.microbel.it> info@microbel.it

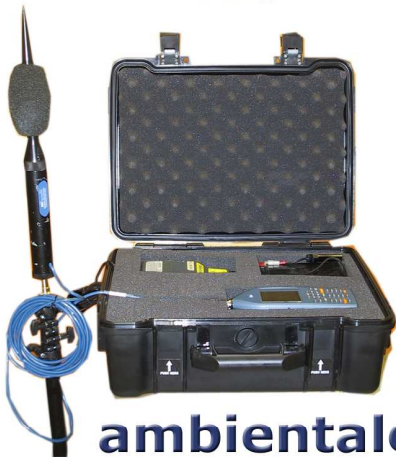
Norsonic



PROMOZIONE

acustica edilizia e ambientale

Kit



ambientale



Sorgenti normalizzate



Ni 140



Software previsionale in acustica edilizia

Risultati calcolo - Isolamento per via aerea

Elemento	Mg	MS	MS	Rg	Rg	Ng
DA	0	0	0	0	0	62,4
DA1	0,7	21	48	80,7	4,2	
DA2	0,7	21	48	80,7	2,1	
DA3	0,7	21	48	80,7	2,1	
DA4	0,7	21	48	80,7	2,1	
DA5	0,7	21	48	80,7	2,1	
DA6	0,7	21	48	80,7	2,1	
DA7	0,7	21	48	80,7	2,1	
DA8	0,7	21	48	80,7	2,1	
DA9	0,7	21	48	80,7	2,1	
DA10	0,7	21	48	80,7	2,1	

Risultato di calcolo
 $R'_w = 67 \text{ dB}$
 (secondo EN 12354-1)

Verifica DPCN 5/12/97
 Categoria A1: edifici adibiti a residenza o assimilabili
 Valore richiesto: $\geq 50 \text{ dB}$ **VERIFICATO**

Software previsionale per il calcolo acustico di edifici e di elementi di edifici

offerta valida fino al 30 novembre 2008





Strumento di misura delle vibrazioni a 3 canali: Nor133
Strumento di misura delle vibrazioni a 6 canali: Nor136
Software applicativo NorVibraTest PC: Nor1038

Nor133 & Nor136

Applicazioni e Caratteristiche Principali:

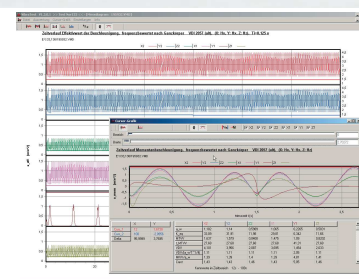
- Vibrazioni Corpo Intero specifiche ISO 2631
- Vibrazioni Mano Braccio specifiche ISO 5349
- Vibrazioni in ambiente edilizio
- Vibrazioni in ambiente nautico
- Vibrazioni in campo automobilistico
- Visualizzazione simultanea di tutti i canali sia grafica che numerica
- Grande capacità di memoria con alloggiamento SD memory card
- Registrazione dei segnali per la successiva analisi in NorVibratest
- Software di elaborazione potente e completo
- Completa scala dei valori di misura delle accelerazioni per vibrazioni Corpo Intero e Mano Braccio
- Multilingua



Nor 1038 NorVibraTest

Applicazioni

- Elevata prestazione di calcolo con più file di misura
- Visualizzazione della grandezza del segnale in valori di tempo, frequenza, densità di potenza
- Molte funzionalità aggiunte
- Esportazione dei dati di vibrazione in .WAV o ASCII
- Funzione di Zoom
- Calcolo del valore tra i cursori
- Analisi e comparazione dei valori tra i canali
- Calcolo in A(8) in modalità ciclica
- Generazione di Report e relazioni basati su Microsoft Word
- Multilingua





COME RAGGIUNGERCI

