

CIRIAP

Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici 'Mauro Felli'



Laboratori di Fisica Tecnica - Università di Perugia



Il CIRIAF - Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici "Mauro Felli" - è stato istituito nel 1997 tra l'Università degli Studi di Perugia e l'Università di Roma Tre; hanno in seguito sottoscritto la Convenzione costitutiva del Centro le Università di Firenze, Pisa, L'Aquila, Roma "Sapienza" e il Politecnico di Bari. Più di recente, è stata approvata l'afferenza delle Università di Pavia, di Cassino e del Salento. Il Centro ha la propria sede amministrativa presso l'Università degli Studi di Perugia.

Sorto con una forte specializzazione in materia di inquinamento da agenti fisici (rumore e vibrazioni, campi elettromagnetici) ed effetti da esso indotti (ambientali, territoriali, socio-economici, sanitari), il Centro ha nel tempo esteso i suoi settori di interesse fino ad includere il risparmio energetico e le fonti rinnovabili, la mobilità alternativa e sostenibile, i monitoraggi e le valutazioni di impatto ambientale, la pianificazione energetica ed ambientale.

Il CIRIAF è dotato di attrezzature e laboratori avanzati, di personale altamente qualificato e di una struttura articolata sul territorio nazionale. Nel Consiglio Scientifico sono presenti esperti universitari in tutti i settori di interesse del Centro; le aree scientifiche e culturali coperte spaziano dall'Ingegneria, Architettura, Economia ed Agraria fino a Medicina e Medicina Veterinaria.

Negli ultimi anni l'attività del CIRIAF è stata di rilevante interesse soprattutto per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e per il Ministero delle Comunicazioni - Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione (ISCTI), che hanno stipulato con il CIRIAF diverse Convenzioni in materia di inquinamento acustico, compatibilità elettromagnetica e riduzione dell'inquinamento elettromagnetico, sistemi innovativi integrati di abbattimento del rumore e sfruttamento delle fonti rinnovabili di energia.

Il CIRIAF ha ottenuto inoltre finanziamenti dal MIUR nell'ambito dei Progetti FISR (Fondo Integrativo Speciale per la Ricerca) sul risparmio energetico negli edifici e la produzione di idrogeno da fonti rinnovabili. Numerosi sono i progetti europei in cui CIRIAF è coinvolto, nell'ambito di vari Programmi comunitari quali Intelligent Energy Europe, VII Programma Quadro, LIFE+.

Inoltre, tra i propri scopi statutari il CIRIAF ha quello di favorire iniziative tese alla formazione e alla divulgazione scientifica in materia ambientale. A tal fine, ha promosso alcune edizioni di un Master in Acustica Ambientale e ha collaborato all'organizzazione di un Master su EMAS "Eco Management and Audit Scheme" e di alcuni corsi sulla certificazione energetica degli edifici.

Il CIRIAF organizza annualmente il Congresso Nazionale, che nell'anno 2011 è giunto alla undicesima edizione. Il Congresso ha visto crescere negli anni una partecipazione qualificata di studiosi ed esperti (ingegneri, fisici, chimici, architetti, medici, economisti), che si incontrano a Perugia per confrontarsi sui temi dell'energia, dello sviluppo sostenibile e della tutela dell'ambiente e della salute umana e fare il punto sulle ricerche nazionali e internazionali in corso.





Introduzione

Le recenti normative nazionali e comunitarie in materia di risparmio energetico e requisiti acustici passivi degli edifici hanno stimolato i produttori di materiali e componenti edilizi ad una maggiore attenzione nei confronti delle prestazioni termiche ed acustiche dei propri prodotti, con un conseguente, significativo impulso al settore della certificazione di prodotto.

Attivi fin dalla costituzione del Centro, avvenuta nel 1997, i laboratori di Acustica, Termotecnica e Controlli Ambientali del CIRIAF sono situati presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Perugia (sede amministrativa del Centro) e sono dotati di attrezzature, codici di calcolo e strumentazioni avanzate, che negli anni si sono via via completate ed aggiornate, anche grazie al contributo di importanti Enti quali il Ministero dell'Ambiente.

Presso i Laboratori è possibile eseguire numerose misure e simulazioni di carattere acustico (potere fonoisolante di pareti ed infissi, coefficiente di assorbimento acustico di materiali fonoassorbenti) e termico (conducibilità termica di materiali, trasmittanza termica di materiali, infissi e componenti di edifici), con il rilascio delle relative certificazioni ai sensi delle norme tecniche vigenti (ISO, EN, UNI).

E' possibile altresì condurre attività sperimentali volte all'implementazione ed ottimizzazione di prototipi di prodotti, nonché numerose misure in opera di carattere termoigrometrico, acustico, illuminotecnico.

Il presente opuscolo ha lo scopo di presentare, tramite specifiche schede, alcune delle misure più richieste e ricorrenti da parte delle numerose aziende che negli ultimi anni si sono rivolte al CIRIAF per testare ed ottimizzare le prestazioni di propri prodotti, molto spesso in un'ottica orientata alla ricerca e sviluppo. L'opuscolo è corredato da un elenco completo delle misure e simulazioni eseguibili, nonché dai contatti della Segreteria, cui è possibile rivolgersi per informazioni e richieste di offerte.

Perugia, giugno 2011

Il Direttore del CIRIAF

prof. Francesco Asdrubali



CIRIAF



Indice Misure - Laboratorio di Acustica



7

Misure di isolamento acustico per via aerea
UNI EN ISO 10140-2



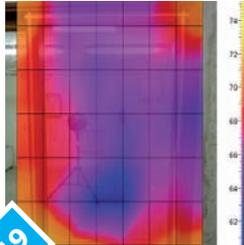
17

Misure di rumore di calpestio
UNI EN ISO 10140-3



15

Misure di assorbimento acustico
UNI EN ISO 354



19

Misure di intensità sonora su componenti edili
UNI EN ISO 15186-1 / UNI EN ISO 9614-1



23

Misura del coefficiente di assorbimento acustico in tubi di impedenza
UNI EN ISO 10534-2



27

Determinazione della Rigidità Dinamica
UNI EN 29052-1



Indice Misure - Laboratorio di Termotecnica



37

Misure della resistenza termica di materiali e componenti
Metodo della camera calda
UNI EN ISO 8990



35

Simulazione
Prestazioni termiche di finestre, porte e chiusure oscuranti
UNI EN ISO 10077-1 / UNI EN ISO 10077-2



39

Misure spettrofotometriche UV/VIS/NIR
UNI EN 410:2011



42

Laboratorio di Controlli Ambientali



43

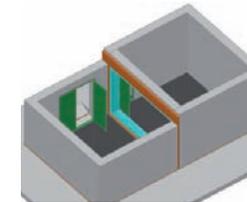
Elenco completo delle prestazioni dei Laboratori di Acustica, Termotecnica e Controlli Ambientali





Misure di isolamento acustico per via aerea

Misurazione del potere fonoisolante per via aerea di elementi di edificio UNI EN ISO 10140-2
Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio UNI EN ISO 717-1



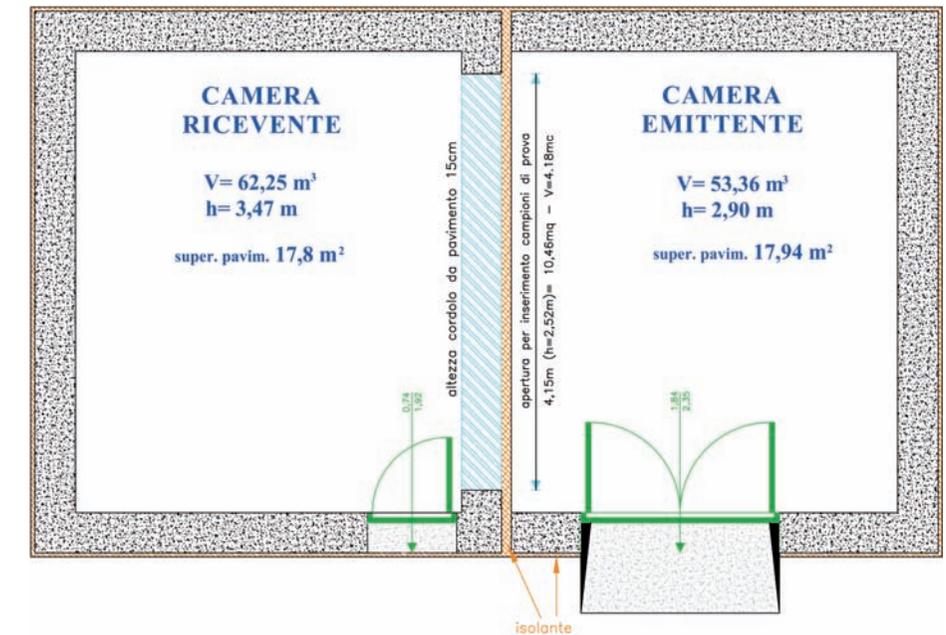
◆ Caratteristiche delle camere riverberanti (UNI EN ISO 10140-5)

Le camere riverberanti accoppiate sono costruite ai sensi della ISO 10140-5 e consentono di effettuare misure di potere fonoisolante di materiali e componenti edilizi verticali quali divisori, pannelli, finestre, rivestimenti, etc..

Nel caso di elementi verticali, una delle due camere funge da camera emittente e l'altra da camera ricevente; le due camere sono separate dal campione in prova.

Le camere risultano indipendenti tra loro e rispetto alla struttura dell'edificio in cui sono inserite. Le porte di accesso sono realizzate con una struttura metallica scatolare di 6 cm di spessore, riempita di sabbia con tripla battuta e guarnizioni di tenuta in gomma, per garantire l'isolamento dai rumori esterni.

Caratteristiche dimensionali: Camera emittente: 4,6 x 4,0 x 2,9 m; V = 53,36 m³
Camera ricevente: 4,6 x 3,9 x 3,47 m; V = 62,25 m³





Laboratorio di Acustica



Misure di isolamento acustico per via aerea

◆ Tipologia di campioni e strumentazione di misura

Le camere riverberanti sono collocate all'interno dei laboratori del CIRIAF. Possono essere valutate le prestazioni di isolamento acustico per via aerea di pareti realizzate in blocchi omogenei, in laterizio o blocchi con composizione diversa, pareti a cassetta con intercapedine e isolante termoacustico.

E' possibile, inoltre, valutare le prestazioni di infissi come porte, finestre, porte-finestre e di elementi funzionali come i cassonetti. In questo caso i campioni possono essere testati realizzando preventivamente una parete ad elevato potere fonoisolante, nel quale è ricavato uno spazio di dimensioni opportune in cui viene posato in opera l'elemento da testare.

La strumentazione di cui è dotato il Laboratorio di Acustica, regolarmente tarata presso un centro SIT, è composta da:

- sorgente dodecaedrica omnidirezionale Lookline modello DL-301 con generatore di rumore bianco, rosa, sweep;
- microfoni a condensazione GRAS 40AR da 1/2";
- preamplificatori 01 dB Stell;
- sistema d'acquisizione Symphonie 01 dB Stell,
- sistema d'acquisizione Sinus SoundBook.

◆ Procedura di prova (UNI EN ISO 10140-2)

La procedura di prova prevede la misura del potere fonoisolante considerando che, in base alle caratteristiche costruttive delle camere, il campo sonoro può essere considerato perfettamente diffuso e che il suono irradiato nella camera ricevente sia trasmesso solo attraverso il campione.

I livelli di pressione sonora sono misurati contemporaneamente in bande di un terzo di ottava tra 100 e 5000 Hz, per diverse posizioni della sorgente sonora e dei microfoni.

Le posizioni della sorgente sono 5, le posizioni del microfono in camera emittente e quelle in camera ricevente sono anch'esse 5, per un totale di 25 misure in ogni ambiente.

Si effettuano anche misure del rumore di fondo e del tempo di riverberazione, così da poter eseguire il calcolo dell'Indice del Potere fonoisolante R_w secondo quanto previsto dalla UNI EN ISO 717-1.

◆ Certificazione delle prove

Al termine dell'effettuazione delle misure viene rilasciato un certificato di prova conforme alle norme tecniche UNI EN ISO 10140-2 e UNI EN ISO 717-1. Si riportano di seguito la prima e le ultime due pagine di un rapporto di prova, solitamente composto da 7 o 8 pagine.





CIRIAF
Centro Interuniversitario di Ricerca
sull'Inquinamento da Acustica
Laboratorio di Acustica

Università degli Studi di Perugia
Via G. Duranti, 67 - 06125 - Perugia
tel. 075.588.2117 - fax 075.511.111
P. IVA 0544825548
web site: www.ciriaf.it - email: cir

Risultati della prova

| Frequenza [Hz] | L ₁ [dB] | L ₂ [dB] | T [dB] |
|----------------|---------------------|---------------------|--------|
| 100 | 93,2 | 72,1 | 3,7 |
| 125 | 98,2 | 73,5 | 3,5 |
| 160 | 95,3 | 70,0 | 2,1 |
| 200 | 94,5 | 60,4 | 1,4 |
| 250 | 93,3 | 58,0 | 1,4 |
| 315 | 92,0 | 54,2 | 1,2 |
| 400 | 91,8 | 52,3 | 1,3 |
| 500 | 91,4 | 50,9 | 1,3 |
| 630 | 92,7 | 51,2 | 1,3 |
| 800 | 93,7 | 51,3 | 1,4 |
| 1000 | 93,0 | 52,0 | 1,4 |
| 1250 | 94,0 | 53,9 | 1,4 |
| 1600 | 95,2 | 51,8 | 1,4 |
| 2000 | 95,7 | 49,7 | 1,5 |
| 2500 | 95,5 | 47,9 | 1,4 |
| 3150 | 93,6 | 45,1 | 1,3 |
| 4000 | 94,5 | 44,3 | 1,2 |
| 5000 | 89,9 | 38,3 | 1,1 |



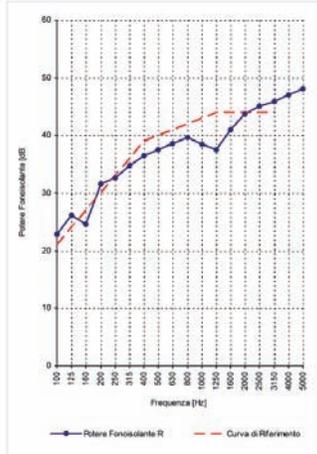
Risultati della prova

Superficie utile di misura del campione: **4,03 m²**

Volume della camera emittente: **53,36 m³**

Volume della camera ricevente: **63,12 m³**

Tipo di rumore: **Rosa**



INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE R_w
secondo la norma UNI EN ISO 717-1 : 2007

$R_w (C; C_{tr}) = 40 (-2; -5) \text{ dB}$

$C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{1,100-5000} = -5 \text{ dB}$

Il Responsabile Tecnico di Prova Il Responsabile del Laboratorio del CIRIAF Il Direttore del CIRIAF

Rapporto di Prova n° xxx/xx

Determinazione del potere fonoisolante di infissi con secondo la norma UNI EN ISO 10140-2 : 2010

Committente
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Tel. xxx.xxxxxx - Fax xxx.xxxxxx

Denominazione del campione:
(Secondo le indicazioni fornite dal committente)
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Data di ricezione del campione: xx/xx/xxxx
Data dell'esecuzione della prova: xx/xx/xxxx
Luogo e data di Emissione: Perugia, xx/xx/xxxx

Il presente rapporto di prova è stampato su carta riciclata





Misure di rumore di calpestio

Determinazione della riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio pesante normalizzato ai sensi della norma UNI EN ISO 10140-3



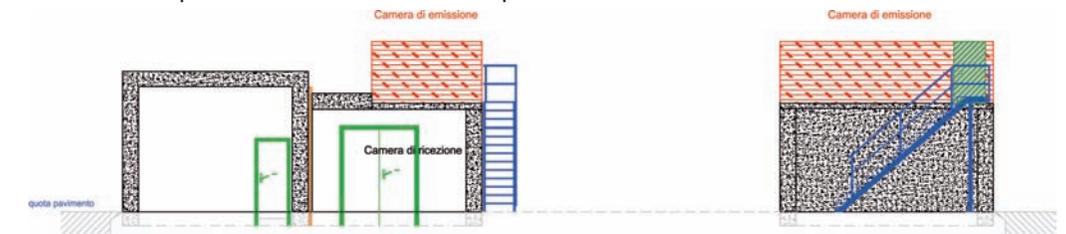
◆ Caratteristiche delle camere di prova

Il Laboratorio di Acustica del CIRIAF dispone di due camere di prova sovrapposte.

In accordo con la Normativa UNI EN ISO 10140-3 "Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio - Parte 3: Misurazione dell'isolamento del rumore da calpestio" il solaio che divide le camere di prova consiste in un getto di calcestruzzo armato di spessore 130 mm, omogeneo e di spessore uniforme; la superficie del solaio, vista dalla camera di ricezione, è di 13 m² (5.2 x 2.5 m).

La superficie del solaio è piana, con una tolleranza di ± 1 mm su una lunghezza di 200 mm, e sufficientemente dura da supportare gli urti del generatore di calpestio.

Sul solaio pesante normalizzato possono essere installati rivestimenti di pavimentazione, quali moquette, linoleum, etc. o interi sistemi di pavimentazioni galleggianti, al fine di valutare le prestazioni di materassini resilienti per la riduzione dei rumori impattivi.



◆ Dati tecnici

La prova inizia dopo l'installazione del campione nella camera di emissione. Nel caso di pavimenti galleggianti bisogna attendere l'asciugatura del massetto, stimabile solitamente in 3-4 settimane. Il campione va installato su tutta la superficie del solaio (ca. 13 m²) e svincolato dalle pareti laterali delle camere per mezzo di strati elastici di separazione.

Dopo aver eseguito la prova con il campione installato, si procede alla rimozione del campione e si esegue una prova sul solaio nudo: dal confronto dei risultati ottenuti nelle due prove si ottiene la riduzione del livello di pressione sonora da calpestio.

Il generatore normalizzato di calpestio utilizzato è di ultima generazione, dotato di un sistema elettromagnetico di movimentazione dei martelli (modello Look Line) EM 50 .

Al sistema di acquisizione a 4 canali, modello Soundbook di fabbricazione Sinus, sono collegati microfoni a condensazione da mezzo pollice di fabbricazione GRAS.





◆ Procedura di prova

La UNI EN ISO 10140-3 definisce l'attenuazione del livello di pressione sonora da calpestio ΔL, in bande di un terzo d'ottava tra 100 e 5000 Hz, come la riduzione del livello di pressione sonora da calpestio conseguente alla posa del rivestimento per pavimentazione; tale grandezza è espressa in decibel tramite la relazione:

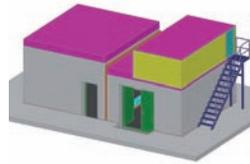
$$\Delta L = L_{n0} - L_n$$

dove L_{n0} e L_n sono rispettivamente il livello di pressione sonora da calpestio normalizzato del solaio normalizzato senza rivestimento di pavimentazione (solaio nudo) e con rivestimento di pavimentazione. Per tale motivo sono richieste due misure.

La prova avviene utilizzando due camere riverberanti sovrapposte: la sovrastante è denominata "camera di emissione" e la sottostante "camera di ricezione"; la sorgente di rumore (generatore normalizzato di calpestio) viene collocata in diverse posizioni del solaio.

Nella camera di ricezione sono posizionati dei microfoni connessi ad un sistema di acquisizione che permette di misurare il livello di pressione sonora da calpestio. Tale valore va successivamente corretto tenendo conto della riverberazione della camera attraverso il parametro Area di assorbimento equivalente A, calcolabile a partire dalla misura del tempo di riverberazione.

L'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora da calpestio ΔL_w e i termini di adattamento allo spettro si calcolano secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN ISO 717-2, andando a confrontare i livelli di pressione sonora da calpestio del solaio normalizzato con rivestimento di pavimentazione con quelli di un solaio di riferimento definito dalla norma, al fine di ottenere valori confrontabili tra i vari laboratori.



◆ Certificazione delle prove

Al termine dell'effettuazione delle misure viene rilasciato un rapporto di prova conforme alle norme tecniche UNI EN ISO 10140-3 e UNI EN ISO 717-2. Esso contiene i risultati della prova in forma grafica e tabellare, la descrizione del campione sottoposto a prova e delle strumentazioni utilizzate, nonché la metodologia di prova adottata. Si riportano di seguito la prima e le ultime due pagine di un rapporto di prova, solitamente composto da 7 o 8 pagine.



Università degli Studi di Perugia
Via G. Duranti, 67 - 06125 - Perugia
tel. 075.585.3171 - fax 075.511
P. IVA 0544832094
web site: www.unipg.it - e-mail: ci

CRIF
Centro Interuniversitario di Ricerca
sull'Inquinamento da Agenti Fisici - "Misure Fisiche"
Laboratorio di Acustica

Rapporto di Prova n° xxx/xx

Determinazione della riduzione del rumore di calpestio da rivestimenti di pavimentazioni su un pesante normalizzato secondo la norma UNI EN ISO 10140-3 : 20

Committente
Ragione Sociale
Indirizzo
Tel. xxx-xxxxxxx - Fax xxx-xxxxxxx
e-mail: xxxxxxxx@xxxxxxxx.xxx

Denominazione del campione:
(secondo le indicazioni fornite dal committente)
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Data di ricezione del campione: xxx/xx/xxxx
Data dell'esecuzione della prova: xxx/xx/xxxx
Luogo e data di Emissione: Perugia, xxx/xx/xxxx

Questo rapporto di prova è stampato su carta riciclata

| Frequenza [Hz] | L _{n0} [dB] | L _n [dB] | ΔL [dB] |
|----------------|----------------------|---------------------|---------|
| 100 | 55,9 | 54,8 | 1,1 |
| 125 | 66,3 | 64,1 | 2,2 |
| 160 | 68,5 | 57,2 | 11,3 |
| 200 | 65,7 | 55,4 | 10,3 |
| 250 | 67,8 | 53,3 | 14,5 |
| 315 | 69,0 | 49,0 | 19,9 |
| 400 | 68,1 | 48,4 | 19,7 |
| 500 | 70,9 | 46,0 | 24,9 |
| 630 | 70,9 | 45,9 | 25,1 |
| 800 | 72,8 | 45,0 | 27,8 |
| 1000 | 73,4 | 42,3 | 31,1 |
| 1250 | 74,7 | 38,9 | 35,8 |
| 1600 | 75,2 | 35,2 | 39,9 |
| 2000 | 75,0 | 33,1 | 42,0 |
| 2500 | 74,9 | 32,6 | 42,3 |
| 3150 | 73,5 | 31,6 | 41,9 |
| 4000 | 72,3 | 26,5 | 45,8 |
| 5000 | 69,9 | 20,5 | 49,4 |

Legenda:
L_{n0}: livello di pressione sonora da calpestio normalizzato del solaio nudo
L_n: livello di pressione sonora da calpestio normalizzato del rivestimento di pavimento
ΔL: attenuazione del livello di pressione sonora da calpestio

Risultati della prova

Superficie utile di misura del campione: 13,50 m²
Volume della camera emittente: 23,35 m³
Volume della camera ricevente: 53,36 m³

INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ATTENUAZIONE DEL LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DI CALPESTIO ΔL_w secondo la norma UNI EN ISO 717-2 : 2007

ΔL_w = 26 dB
C₀ = -14 dB C₁ = 3 dB

Il Responsabile Tecnico di Prova Il Responsabile del Laboratorio del CIRIAF Il Direttore del CIRIAF

Rapporto di Prova n° xxx/xx Il presente rapporto di prova è composto da 7 fogli. Rapporto di Prova n° xxx/xx Il presente rapporto di prova è composto da 7 fogli. Rapporto di Prova n° xxx/xx Il presente rapporto di prova è composto da 7 fogli. Foglio 7 di 7





Misure di assorbimento acustico

Misurazione dell'assorbimento acustico in camera riverberante UNI EN ISO 354

Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale. Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica

Caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico UNI EN 1793-1



◆ Caratteristiche della camera di misura

La norma ISO 354 descrive il metodo di misura del coefficiente di assorbimento acustico e dell'area di assorbimento acustico equivalente di materiali e componenti edilizi in camera riverberante.

Il Laboratorio di Acustica del CIRIAF dispone di camere riverberanti adiacenti provviste di un'apertura di prova che le rende comunicanti e nella quale possono essere effettuate misure di assorbimento acustico.

Tali camere accoppiate hanno la forma di due parallelepipedi strutturalmente isolati l'uno dall'altro tramite l'interposizione di uno strato di polistirolo di 10 cm. Le pareti laterali e le basi delle camere, intonacate con calce, sono realizzate in cemento armato di spessore pari a 40 cm.

Il pavimento è di tipo industriale con finitura al quarzo. Parte del soffitto di una delle due camere è costituita da un solaio normalizzato asportabile in calcestruzzo dello spessore di 13 cm, mentre la seconda camera dispone di un unico solaio fisso, sempre dello spessore di 40 cm.

L'accesso alle camere è garantito da due aperture praticate sulle pareti laterali, con porte costituite da uno scatolato metallico di 6 cm di spessore, realizzato in lamiera e riempito di sabbia.

Il complesso dei componenti poggia su un pavimento galleggiante posto in opera al di sopra delle travi rovesce di fondazione, con interposto materiale elastico (neoprene) per lo smorzamento di eventuali vibrazioni trasmesse dalla struttura portante dell'edificio, realizzando in tal modo un filtro meccanico passa-basso.

◆ Strumentazione di misura

La norma specifica un metodo per misurare il coefficiente di assorbimento acustico dei materiali impiegati come trattamenti acustici a parete o soffitto, nonché la superficie equivalente di assorbimento acustico di oggetti e persone.

La strumentazione di cui è dotato il Laboratorio di Acustica è regolarmente tarata presso un centro SIT; nello specifico è composta da:

- sorgente dodecaedrica omnidirezionale modello DL-301 LOOKLINE, dotata di amplificatore e generatore di rumore (bianco, rosa e sweep);
- microfoni: a condensazione GRAS 40AR da 1/2";
- preamplificatori: 01dB-Stell PRE12H;
- sistema d'acquisizione: Sinus SoundBook.





Laboratorio di Acustica

◆ Procedura di prova

Il metodo della camera riverberante prevede l'impiego di uno speciale ambiente all'interno del quale viene generato, da parte di una sorgente dodecaedrica omnidirezionale, un campo sonoro perfettamente diffuso che incide sul provino in maniera casuale.

Elementi diffusori sono sospesi al soffitto della camera di prova, al fine di rendere il campo sonoro il più prossimo possibile alle condizioni di campo sonoro perfettamente diffuso richiesto dalla teoria di Sabine.

Dalla misura del tempo di riverberazione T_{60} (intervallo di tempo in cui il livello di energia sonora decresce di 60 dB dopo lo spegnimento della sorgente) in 1/3 di ottava tra 100 e 5000 Hz a camera vuota ed in presenza del provino da testare, si ricava, attraverso la relazione di Sabine, l'incremento di unità assorbenti introdotto nell'ambiente dal campione e quindi l'andamento in frequenza del coefficiente di assorbimento α_s .

La procedura di prova utilizzata è quella della stazionalità interrotta. La sorgente sonora presente nella camera è alimentata con un segnale stazionario (rumore rosa o bianco); successivamente la sorgente viene spenta e si misura il decadimento del segnale e quindi si calcola il tempo di riverberazione dell'ambiente.

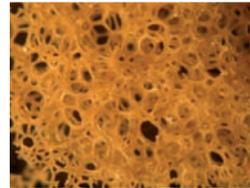
Tale prova va eseguita usando diverse posizioni della sorgente e dei microfoni, sia a camera vuota che in presenza dei campioni da testare, posti solitamente sul pavimento.

La superficie minima del campione da testare è di 10 m².

Altre procedure di prova che possono essere utilizzate sono quelle di tipo impulsivo che impiegano come sorgente sollecitazioni acustiche brevi ed intense o segnali deterministici in grado di simulare stimoli di tipo impulsivo (MLS Maximum Length Sequence).

Nel caso di barriere antirumore, la procedura di prova richiesta dalla norma UNI EN 1793-1 è sostanzialmente identica a quella prescritta dalla UNI EN ISO 354, con la differenza che il campione deve essere rappresentativo dell'effettiva posa in opera dello stesso. Per tale motivo una sezione di barriera antirumore va disposta nell'ambiente di prova comprensiva dei montanti e di altri eventuali elementi costituenti il sistema.

Dalla misura del coefficiente di assorbimento è possibile ottenere l'indice a singolo numero DL_{α} , che determina per la barriera testata la classe di assorbimento acustico di appartenenza, così come richiesto dai capitolati dei maggiori enti gestori delle infrastrutture di trasporto nazionali.



Misure di assorbimento acustico

◆ Certificazione delle prove

Al termine dell'effettuazione delle misure viene rilasciato un certificato di prova conforme alla norma tecnica UNI EN ISO 354. Si riportano di seguito la prima e le ultime due pagine di un rapporto di prova, solitamente composto da 7 o 8 pagine.





CRIAF
Centro Interuniversitario di Ricerca
sull'inquinamento da Agenti Fisici "Mauro Fatti"
Laboratorio di Acustica

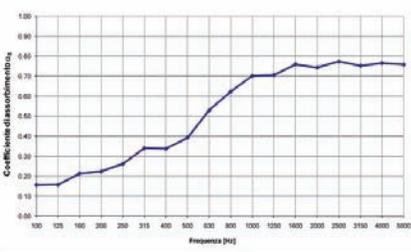
Università degli Studi di Perugia
Via G. Duranti, 67 - 06124
tel. 075.385.3717 - fax 075
P. IVA 024488200
Web site: www.criaf.it - email

Risultati della prova

| Frequenza (Hz) | T ₁ (s) | T ₂ (s) |
|----------------|--------------------|--------------------|
| 100 | 13.12 | 5.78 |
| 125 | 12.56 | 5.66 |
| 160 | 9.49 | 4.21 |
| 200 | 7.97 | 3.79 |
| 250 | 8.13 | 3.52 |
| 315 | 8.10 | 3.01 |
| 400 | 6.58 | 2.78 |
| 500 | 6.13 | 2.47 |
| 630 | 6.06 | 2.05 |
| 800 | 5.61 | 1.79 |
| 1000 | 4.98 | 1.59 |
| 1250 | 4.26 | 1.50 |
| 1600 | 3.93 | 1.39 |
| 2000 | 3.58 | 1.36 |
| 2500 | 3.27 | 1.28 |
| 3150 | 2.82 | 1.22 |
| 4000 | 2.31 | 1.10 |
| 5000 | 1.98 | 1.02 |

Legenda:
T₁: Tempo di riverberazione misurato a camera vuota;
T₂: Tempo di riverberazione misurato con il campione in camera;
 α_s : coefficiente di assorbimento sonoro per incidenza diffusa.

Risultati della prova



Andamento del coefficiente di assorbimento per incidenza diffusa

INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ASSORBIMENTO ACUSTICO DI RUMORE STRADALE
secondo la norma UNI EN 1793-1:1999

DL_α = 4 dB Categoria A2

Il Responsabile Tecnico di Prova Il Responsabile del Laboratorio del CRIAF Il Direttore del CRIAF

Il presente rapporto di prova è composto da 7 fogli

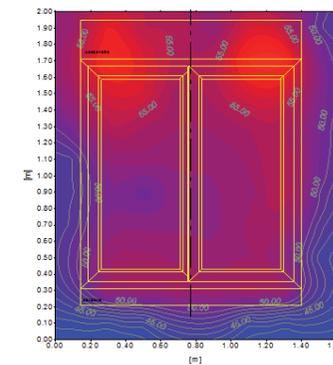
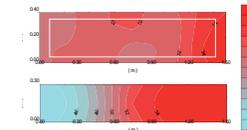
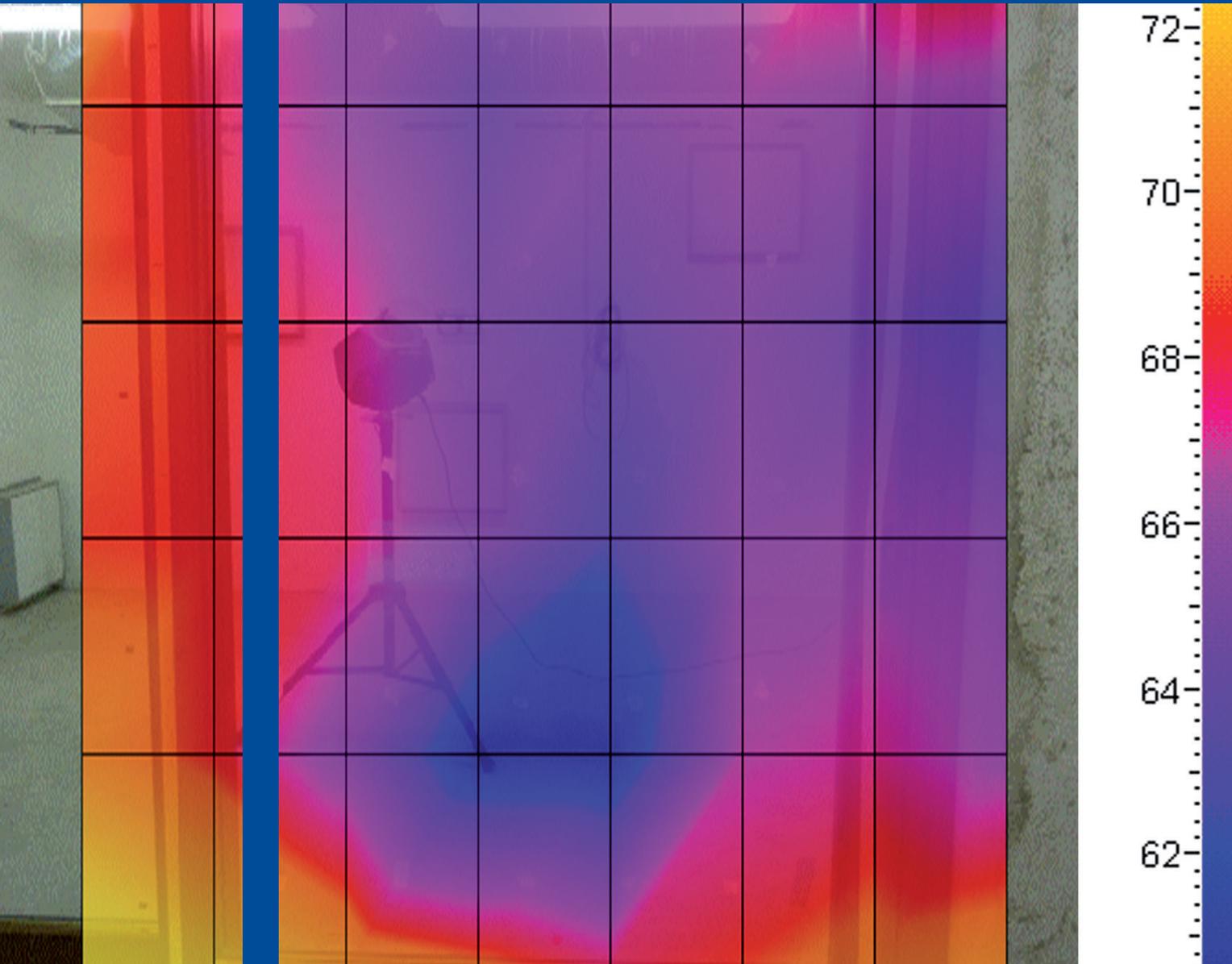
Reporto di prova n° xxx/xx Foglio 6 di 7





Misure di intensità sonora su componenti edili

Determinazione dei livelli di intensità sonora e redazione di mappe di trasmissione sonora di componenti di edifici secondo le norme UNI EN ISO 15186-1 e UNI EN ISO 9614-1



◆ Caratteristiche

Ogni singolo componente che costituisce la facciata o la tamponatura interna di un edificio (partizioni opache, serramenti, vetrate, piccoli elementi, etc.) può essere caratterizzato nel suo complesso attraverso il valore del potere fonoisolante R secondo la norma UNI EN ISO 10140-2 e dell'indice del potere fonoisolante R_w secondo la norma UNI EN ISO 717-1.

E' tuttavia possibile analizzare in maniera più approfondita il comportamento di tali componenti costruendo delle mappe acustiche attraverso la misura dei livelli di intensità sonora.

L'intensità sonora è una grandezza vettoriale alla quale è associato il flusso dell'energia sonora che passa per unità di superficie. A differenza del livello di pressione sonora, questa grandezza consente di ottenere informazioni "localizzate" di maggiore dettaglio, permettendo di individuare le fughe sonore e, in generale, di avere una visione più dettagliata delle prestazioni dei singoli componenti, consentendo a progettisti ed installatori di ottimizzarne le prestazioni.

Nelle figure a lato sono riportati alcuni esempi di mappe dei livelli di intensità sonora ottenute sottoponendo a prova una finestra in alluminio dotata di cassonetto coprirullo: è di assoluta immediatezza comprendere quali sono le zone più deboli nei confronti della trasmissione sonora (in questo caso gli angoli del cassonetto e la zona destra di connessione telaio-muratura).

Misure di questo tipo sono estremamente utili anche per individuare la presenza di difetti di posa in opera, problema molto frequente nell'installazione dei serramenti.

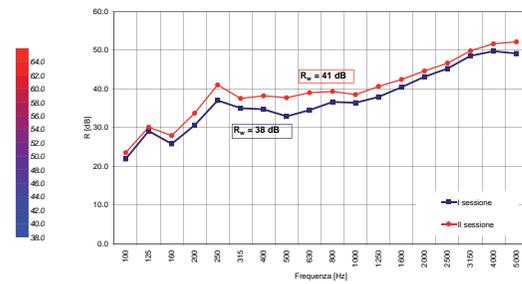
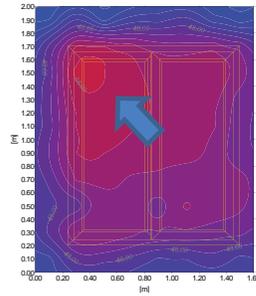
In questa figura è riportata la mappa del livello di intensità globale con relativa legenda.

La stessa mappa può essere creata per tutte le bande di terzi d'ottava tra 100 e 5000 Hz in modo da avere informazioni dettagliate in corrispondenza delle frequenze di interesse.





Con le misure di intensità sonora i progettisti e i produttori hanno un ottimo strumento per correggere e/o ottimizzare le prestazioni di isolamento sonoro dei propri prodotti.



Dalla mappa intensimetrica si nota una criticità nell'angolo superiore sinistro.

Un'analisi successiva ha verificato che le ante generavano una battuta sul telaio insufficiente, di 6 mm complessivi.

Con la sistemazione dell'anta l'indice di potere fonoisolante R_w è passato da 38 a 41 dB.

◆ Procedura di prova

La prova si esegue all'interno delle camere di prova accoppiate del laboratorio. Il campione è installato tra le due camere: nel caso di finestre, porte o altri elementi di piccole dimensioni, deve essere predisposta una parete di separazione tra le camere che sia in grado di contenere il campione e che, nello stesso tempo, abbia proprietà di isolamento acustico sufficientemente più elevate rispetto al campione in prova.

I tempi di prova variano fortemente in base al numero di punti in cui sono effettuate le misure (deve essere definita una griglia), dipendente dalla dimensione del campione.

Le misure sono effettuate nella camera di ricezione, mentre in camera di emissione è posta una sorgente omnidirezionale alimentata con rumore bianco.

In camera di ricezione viene posizionato un numero adeguato di pannelli fonoassorbenti, al fine di ridurre al massimo le onde sonore riflesse dalle pareti verso il campione.

Dopo aver effettuato la calibrazione in pressione dei microfoni che compongono la sonda e quella in fase tra di essi e dopo essersi assicurati che il campo sonoro generato in camera di emissione sia sufficientemente stazionario, si possono iniziare le misure di livello di intensità sonora. Queste vengono effettuate nei punti definiti posizionando la sonda in prossimità del campione (10 - 30 cm). Una volta misurati i livelli di intensità sonora in tutti i punti della griglia è possibile costruire le mappe di intensità.

Misurando il livello di pressione sonora medio in camera emittente, è anche possibile calcolare l'indice di riduzione dell'intensità sonora R_f .

◆ Dati tecnici

La strumentazione di misura è composta da:

- sistema di acquisizione bicanale 01dB Symphonie connesso ad un PC portatile;
- sonda intensimetrica p-p (a due microfoni affiancati) G.R.A.S. 50 AI-B;
- sorgente omnidirezionale dodecaedrica Look Line EM 50;
- software 01dB dBFA.

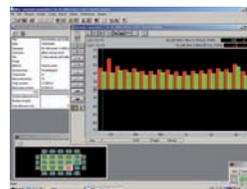
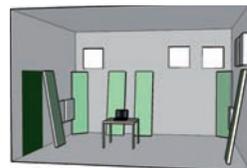
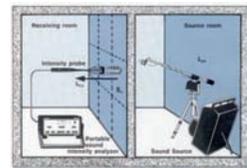
Le misure sono effettuate utilizzando distanziatori microfonicici da 12 e 50 mm, in modo da ottenere risultati significativi in tutto il campo di frequenze 100 – 5000 Hz. Altri distanziatori sono disponibili per l'analisi di frequenze non comprese nel campo precedentemente indicato.

La metodologia di misura è per punti discreti.

◆ Certificazione delle prove

In seguito all'effettuazione delle misure viene rilasciata una relazione di prova contenente le mappe dei livelli di intensità sonora valutate in prossimità del campione per le 18 bande di frequenza in terzi d'ottava comprese tra 100 e 5000 Hz e per il livello globale (ottenuto come somma logaritmica dei livelli in bande di un terzo d'ottava).

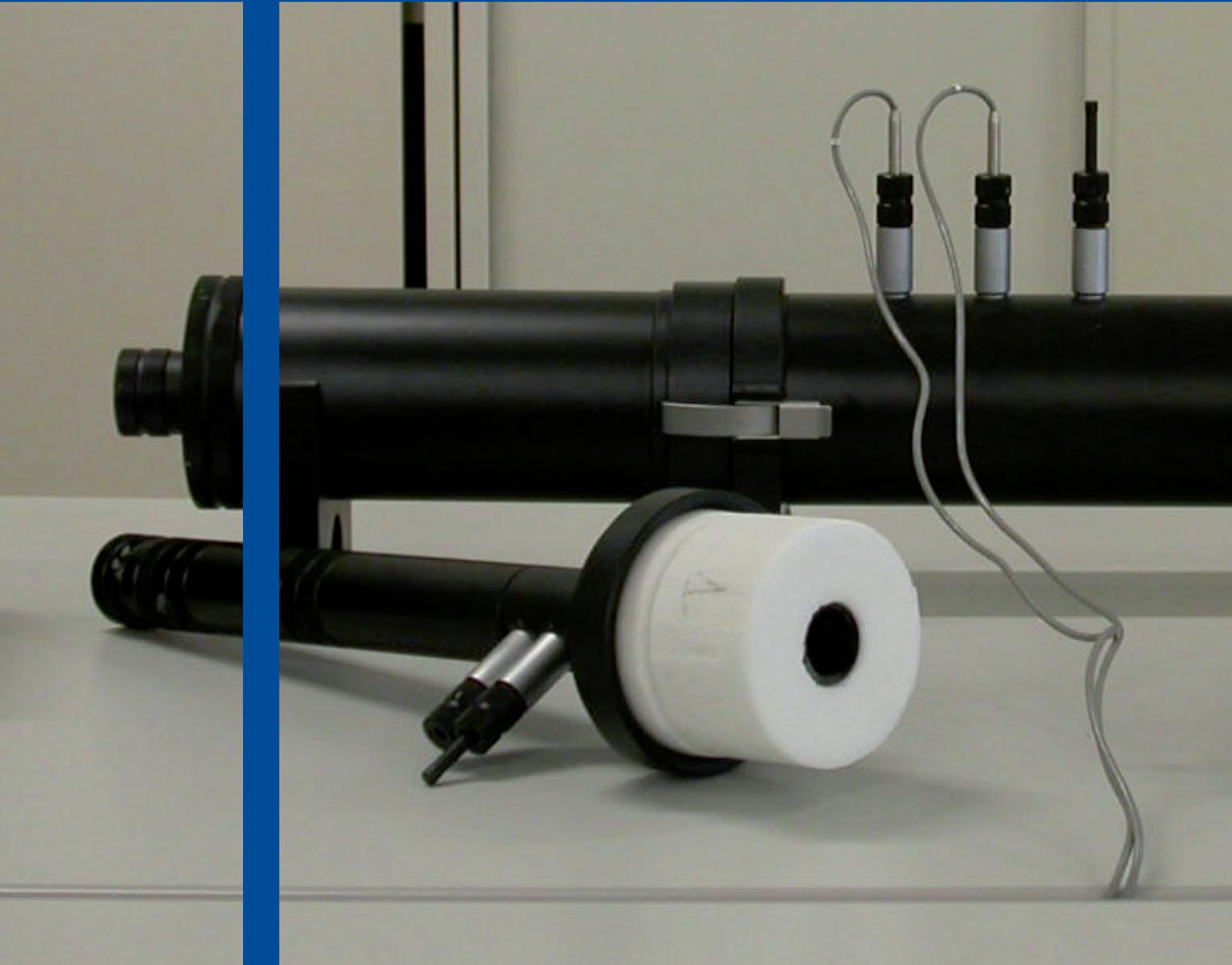
La relazione contiene, inoltre, la descrizione del campione sottoposto a prova e delle strumentazioni utilizzate, nonché la metodologia di prova adottata e i commenti ai risultati di misura.





Misura del coefficiente di assorbimento acustico in tubi di impedenza

Determinazione del coefficiente di assorbimento acustico e impedenza acustica superficiale per incidenza normale secondo la norma UNI EN ISO 10534-2



◆ Caratteristiche

Il tubo di impedenza consente la misura del coefficiente di assorbimento acustico per incidenza normale. Tale apparecchiatura è costituita di un tubo rettilineo, liscio e chiuso ermeticamente, le cui pareti consentono di isolarne acusticamente l'interno, evitando la risonanza delle frequenze emesse dalla sorgente sonora. Alle estremità del tubo sono poste da un lato la sorgente sonora e dall'altro il campione da testare. L'estremità su cui viene collocato il campione è estraibile ed è di due diverse dimensioni: 100 mm (A), per frequenze comprese fra 20 e 1600 Hz, e 29 mm (B) per frequenze comprese fra 80 e 6400 Hz.

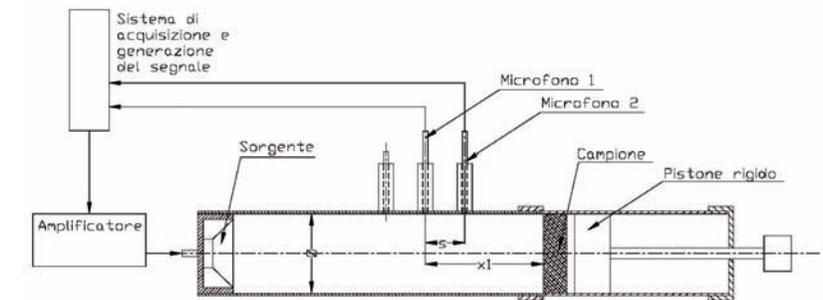
Sulla superficie esterna del tubo, ad una distanza standard dal campione, sono collocati due microfoni; dall'analisi dei segnali rilevati si determina il coefficiente di assorbimento acustico per incidenza normale.

La strumentazione consente anche di eseguire misure di Transmission Loss (TL).

Lo spessore massimo dei campioni che la strumentazione è in grado di testare varia in funzione del tipo di tubo (grande o piccolo) e della grandezza misurata (coefficiente di assorbimento acustico o Transmission Loss).

| Tipo Tubo | Parametro | Spessore massimo del campione [mm] |
|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Grande (diametro 100mm) | Coefficiente assorbimento | 200 |
| Piccolo (diametro 29mm) | Coefficiente assorbimento | 200 |
| Grande (diametro 100mm) | Transmission Loss | 65 |
| Piccolo (diametro 29mm) | Transmission Loss | 150 |

La misura è effettuata attraverso due microfoni da ¼ di pollice del tipo 4187 della Brüel & Kjær (quattro per la misure di TL), collegati ad un sistema di acquisizione dati PULSE multicanale.





◆ Procedura di prova

Per la corretta valutazione del coefficiente di assorbimento acustico per incidenza normale è necessario ripetere la prova su due campioni cilindrici di diametro pari a 29 mm e 100 mm. Un sistema di acquisizione multicanale consente di collegare sia i microfoni che la sorgente sonora ad un software studiato appositamente per questa tipologia di misura.

Particolare cura deve essere posta nell'alloggiamento del campione nel tubo, evitando ad esempio che vi sia spazio tra il bordo del campione e la parete interna del tubo.

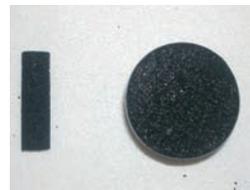
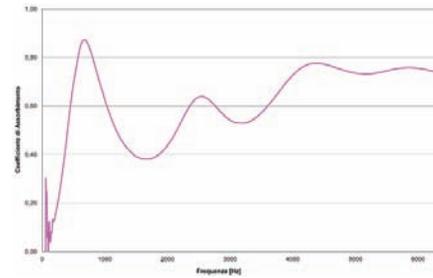
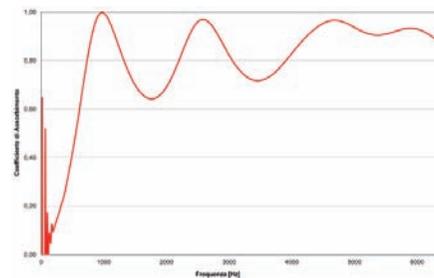
Il coefficiente di assorbimento per incidenza normale è determinato per mezzo del metodo della funzione di trasferimento per entrambe le configurazioni dei campioni; combinando le due misure si ottiene il valore del coefficiente di assorbimento del materiale testato nell'intero campo di frequenze compreso tra 20 e 6400 Hz.

◆ Dati tecnici

La strumentazione di misura è realizzata in modo da ottenere risultati con incertezze dell'ordine dell'1%. La prova prevede diverse fasi di settaggio comprendenti la calibrazione dei microfoni, l'analisi del segnale emesso e del rumore di fondo ed infine la calibrazione della funzione di trasferimento; quest'ultima procedura è ripetuta ogni volta che il campione viene sostituito o ruotato. Per la determinazione del comportamento medio è buona norma effettuare più misure su uno stesso campione, variandone la configurazione spaziale.

Al termine delle misure è necessaria una fase di elaborazione, nella quale è necessario:

1. mediare le misure eseguite per i campioni dello stesso tipo (29 e 100 mm di diametro);
2. combinare le misure mediate nel campo di frequenze compreso fra 80 e 1600 Hz.



◆ Certificazione delle prove

Al termine dell'effettuazione delle misure viene rilasciato un certificato di prova conforme alla norma UNI EN ISO 10534-2. Si riportano di seguito la prima e l'ultima pagina di un rapporto di prova, solitamente composto da 7 o 8 pagine.



Rapporto di Prova n° XXX/XX

Determinazione del coefficiente di assorbimento acustico e dell'impedenza acustica in tubo di impedenza UNI EN ISO 10534-2:2001

Committente:
Ragione Sociale
Indirizzo

Tel. xxx-xxxxxxx - Fax xxx-xxxxxxx
e-mail: xxxxxxxx@xxxxxxxx.xxx

Denominazione del campione:
(secondo le indicazioni del committente)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

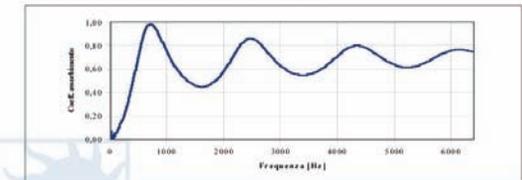
Data di ricezione del campione: XX/XX/XXXX
Data di esecuzione della prova: XXXX/XXXX
Luogo e data di Emissione: Perugia, XXXX/XXXX



Risultati della prova

| Provino | Altezza (mm) | Diametro (mm) | Peso (gr) |
|---------|--------------|---------------|-----------|
| A | 110 | 29 | 81,1 |
| B | 110 | 29 | 80,9 |
| C | 110 | 29 | 81,2 |
| D | 110 | 100 | 276,4 |
| E | 110 | 100 | 276,8 |
| F | 110 | 100 | 276,2 |

Coefficiente di assorbimento (valori tabellari in allegato)



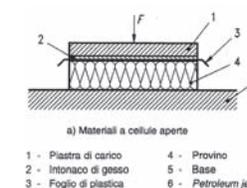
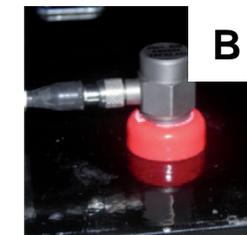
Il Responsabile Tecnico di Prova (Xxx Xxx) Il Responsabile del Laboratorio del CIRIAF (Xxx Xxx) Il Direttore del CIRIAF (Xxx Xxx)





Determinazione della Rigidità Dinamica

Determinazione della Rigidità Dinamica di materiali resilienti utilizzati sotto i pavimenti galleggianti, secondo la norma UNI EN 29052-1



- a) Materiali a cellule aperte
- | | |
|------------------------|---------------------|
| 1 - Piastra di carico | 4 - Provino |
| 2 - Intonaco di gesso | 5 - Base |
| 3 - Foglio di plastica | 6 - Petroleum jelly |

Caratteristiche

La UNI EN 29052-1 dispone che i campioni da sottoporre alla valutazione della rigidità dinamica devono essere di dimensioni pari a 200 ± 3 mm x 200 ± 3 mm e collocati fra due superfici rigide caratterizzati da irregolarità inferiori a 0,5 mm. Una delle due superfici è costituita da una piastra di carico quadrata (lato pari a 200 mm) e peso di 8 Kg (carico superficiale pari a 200 kg/m^2). La seconda è costituita dalla pavimentazione di una camera riverberante, in quanto isolata dalle vibrazioni generate da sorgenti diverse dalla apparecchiatura di misura.

Al di sopra della piastra di carico sono applicati un dispositivo di eccitazione (shaker, A) e un accelerometro (B). Il funzionamento di tali dispositivi è regolato da un apposito software che consente di regolare l'eccitazione, valutare la risposta del campione e conseguentemente determinarne direttamente la frequenza di risonanza e quindi il valore di rigidità dinamica, grazie alla procedura di calcolo contenuta nella UNI EN 29052-1.

Al fine di rendere maggiormente omogenea la superficie di contatto fra la piastra di carico ed il campione, la norma stabilisce che tra i due sia applicato uno strato di intonaco di gesso dello spessore di 5 mm; inoltre il campione deve essere protetto dall'intonaco da uno strato di plastica impermeabile dello spessore di 0,2 mm, in modo da evitare che quest'ultimo penetri all'interno del materiale da testare alterandone le caratteristiche elastiche.

La gestione delle apparecchiature è eseguita mediante il software MR01A della Microbel, attraverso il quale è possibile regolare la modalità e l'intervallo di frequenze nel quale generare l'eccitazione del sistema, il numero di linee utilizzate per calcolare lo spettro tramite FFT (Fast Fourier Transform), il numero di medie da calcolare ed altri dettagli.

Inoltre il laboratorio è dotato di un martello strumentato per la determinazione della frequenza di risonanza (e di conseguenza anche della rigidità dinamica) attraverso un'eccitazione di tipo impulsivo.





Misure della resistenza termica di materiali e componenti – Metodo della camera calda

Determinazione della trasmittanza termica di serramenti secondo la norma UNI EN ISO 12567-1

Determinazione della resistenza termica di componenti omogenei secondo la norma UNI EN 1934

Determinazione della trasmittanza termica di telai per serramenti secondo la norma UNI EN 12412-2

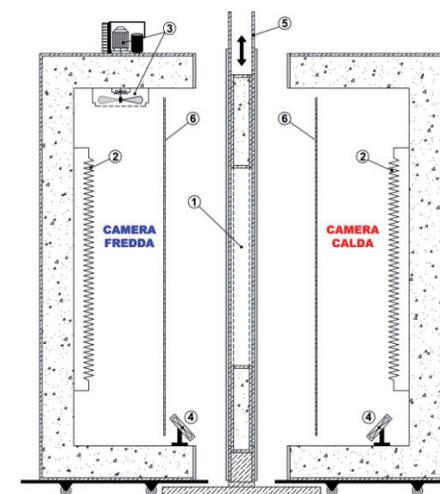


◆ Caratteristiche

L'apparato di misura è stato progettato per accogliere campioni di dimensioni reali. Il sistema si compone di due parti principali: una struttura di sostegno, dove viene alloggiato il campione di prova, costituita da legno e polistirene espanso (di proprietà termiche note), e due camere climatizzate (calda e fredda), anche esse in legno, le cui pareti presentano un elevato isolamento, grazie a 24 cm di polistirene espanso.

Le camere, che hanno un volume interno pari a 4,8 mc, si sviluppano su 3,2 metri di altezza, 2,5 di larghezza e 1,2 di profondità per dare spazio alle strumentazioni necessarie per la climatizzazione. In camera calda è installato un sistema di riscaldamento a filo caldo che permette il mantenimento costante della temperatura per mezzo di un regolazione tipo PID. Un sistema di raffreddamento serve la camera fredda, controllando la temperatura in maniera accurata grazie anche a una resistenza scaldante. In entrambe le camere è presente un pannello di note proprietà emissive, che evita il contatto visivo tra le sorgenti di calore ed il campione, così da valutare in maniera appropriata la temperatura ambiente. Inoltre, per evitare la stratificazione dell'aria nella parte calda ed assicurare un corretto scambio convettivo sul lato freddo, ciascuna camera è dotata di sistemi di ventilazione a velocità regolabile.

La parete di separazione è munita di organi di spinta pneumatica per serrare il campione; l'intera parete è formata da polistirene espanso interposto tra una struttura in legno con parti in gomma nelle zone di contatto con il provino.



Grazie alle numerose termocoppie installate nelle camere, è possibile valutare la temperatura dell'aria e la temperatura delle varie superfici interessate allo scambio termico: campione in prova, pannelli di schermatura, parete di separazione e bordi di appoggio del campione. È inoltre possibile porre sulla superficie del campione alcune sonde termoflussimetriche per misure puntuali.

- 1 – posizionamento campione di prova
- 2 – sistema di riscaldamento
- 3 – sistema di raffreddamento
- 4 – sistema di ventilazione
- 5 – struttura di supporto
- 6 – schermo radiativo





◆ Procedura di prova

La peculiarità della procedura di prova consiste nella possibilità di effettuare valutazioni di prestazioni termiche con sole acquisizioni di temperatura e senza misure termoflussimetriche. Il flusso termico passante per il campione in prova è ottenuto valutando la potenza immessa in camera calda ed il flusso passante attraverso il pannello di supporto, le cui proprietà termiche sono note grazie a procedure di calibrazione.

La possibilità di effettuare prove senza l'ausilio di sonde di flusso termico rende praticabile la misura su campioni non omogenei. L'apparato è stato infatti concepito e progettato per effettuare misure su serramenti ai sensi della norma UNI EN ISO 12567-1.

Per misure su campioni omogenei il sistema è dotato, oltre alle 94 termocoppie, anche di sonde termoflussimetriche in ottemperanza a quanto previsto dalla norma UNI EN 1934.

La prova, dalla ricezione del campione al termine della misura, ha una durata di circa 72 ore, con una prima fase di posa in opera del campione e dei sensori, una fase di raggiungimento dello stato stazionario ed un'ultima fase di acquisizione e di elaborazione dati. Il sistema è stato pensato per accogliere due tipologie di campioni in relazione alle dimensioni standard di costruzione di serramenti: campioni di 1,23x1,48 m (finestre) e di 1,48x2,18 m (porte e porte-finestre).

◆ Dati tecnici

La possibilità di inserire nell'apparato campioni di altro tipo (omogenei e non) e di effettuare misure in un range di temperatura tra -10 e 35 °C rende il sistema un ottimo strumento per valutare proprietà termiche di qualsiasi materiale. Il peso massimo del campione è di 150 kg.

Le termocoppie installate nell'intero apparato sono 94 tutte di tipo T (Cu-Ni); il sistema di acquisizione è costituito da un'interfaccia ethernet FieldPoint cFP-1808 della National Instruments con collegamento a pc e software di elaborazione dati Labview versione 8.2.

Il sistema di spinta per il serraggio del campione di prova alla struttura è fornito da 4 pistoni ad aria compressa.

Il sistema scaldante in camera calda ha una potenza di 500 W, in camera fredda di 2 kW. L'impianto frigorifero ad evaporatore ventilato ha una potenza di 2,2 kW ed è controllato da un regolatore stand-alone. Il calcolo della potenza immessa in camera calda è effettuato per mezzo di una pinza amperometrica collegata ad un contatore di energia.



◆ Certificazione delle prove

Al termine dell'effettuazione delle misure viene rilasciato un certificato di prova conforme alle norme tecniche UNI EN ISO 12567-1 e UNI EN 1934. Si riportano di seguito la prima e l'ultima pagina di un rapporto di prova, solitamente composto da 7 o 8 pagine.

CRIF Laboratorio di Termotecnica
 Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici - "Mauro Falli"
 Università degli Studi di Perugia
 Via G. Duranti, 67 - 06125 - Perugia
 tel. 075.585.3717 - fax 075.585.3697
 P. IVA 00448820548

Rapporto di Prova n° TXXX/XX

Determinazione della trasmittanza termica ai sensi della UNI EN ISO 12567-1:2010 di un infisso completo

Committente
 Ragione Sociale
 Indirizzo
 Tel. XXX.XXXXXX - Fax XXX-XXXXXX
 Email: xxxxxx@xxxxxx.xx

Denominazione del campione:
 (secondo le indicazioni fornite dal committente)
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

L'operatore:.....
 Rilasciato da: CIRIAF
 Il Responsabile del Laboratorio:.....

Data dell'esecuzione della prova: xxx/xx/xxxx
 Data di emissione: xxx/xx/xxxx
 Luogo: Perugia xxx/xx/xxxx

Rapporto di Prova n° Txxx/xx Il presente rapporto di prova è composto da 6 fogli Foglio 1 di 6

CRIF Direzione e Amministrazione
 via Facoltà di Ingegneria
 Via G. Duranti, 67
 06125 Perugia
 Tel. +39 075 585 3717-3844
 Fax +39 075 585 3697
 E-mail: crif@unipg.it Web Site: www.criaf.it

CRIF Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici - "Mauro Falli"

Calcolo della resistenza termica

Prima di avviare la misura, le camere sono state climatizzate e portate in condizioni stazionarie. La prova ha avuto una durata pari a 60 minuti; in tabella 1 si riportano i valori delle grandezze misurate durante il test.

Tabella 1 – Grandezze rilevate durante la prova

| Dimensioni del provino | |
|--|------------------------|
| Larghezza | 123 cm |
| Altezza | 148 cm |
| Spessore | 7 cm |
| Valori misurati lato caldo | |
| Temperatura dell'aria | 24,30 °C |
| Temperatura superficiale all'interno dell'intercapedine | 22,30 °C |
| Temperatura superficiale schermo radiativo | 24,11 °C |
| Potenza immessa in camera calda | 54,34 W |
| Valori misurati lato freddo | |
| Temperatura dell'aria | 4,10 °C |
| Temperatura superficiale all'interno dell'intercapedine | 6,13 °C |
| Temperatura superficiale schermo radiativo | 5,13 °C |
| Valori calcolati | |
| Flusso attraverso il provino | 10,34 W/m ² |
| Differenza di temperatura superficiale del campione di prova | 16,17 °C |
| Temperatura media del campione di prova | 14,22 °C |

Il valore della **resistenza termica** è pari a:

R = 1,56 m²K/W
 (secondo norma UNI EN ISO 8990)

Il valore calcolato fa riferimento alla resistenza termica complessiva di un pacchetto formato da intercapedine d'aria - Thermoreflex 15 - intercapedine d'aria.

L'incertezza totale di misurazione è stimata a ± 6% sulla base di incertezza standard moltiplicato per un fattore di copertura k = 2, che prevede un livello di confidenza del 95%.

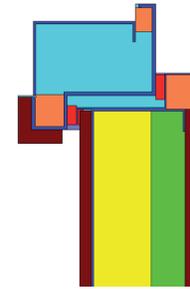
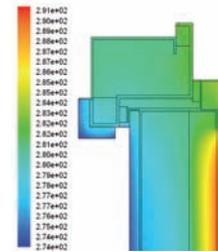
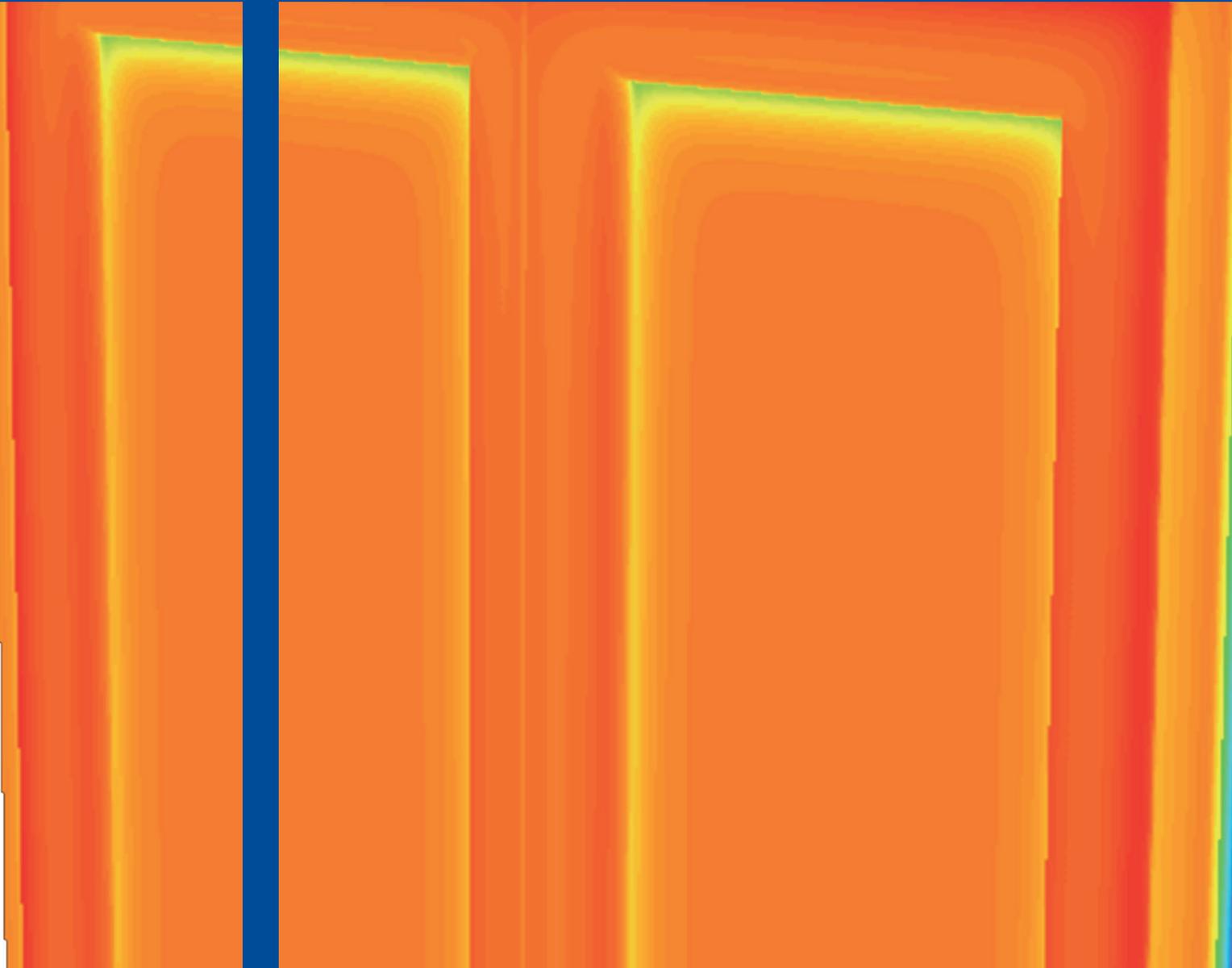
Data dell'esecuzione della prova: xxx/xx/xxxx
 L'operatore:.....

Rapporto di Prova n° Txxx/xx
 Il Responsabile del Laboratorio:.....

Data emissione: xxx/xx/xxxx
 Rapporto di Prova n° Txxx/xx Il presente rapporto di prova è composto da 6 fogli Foglio 6 di 6

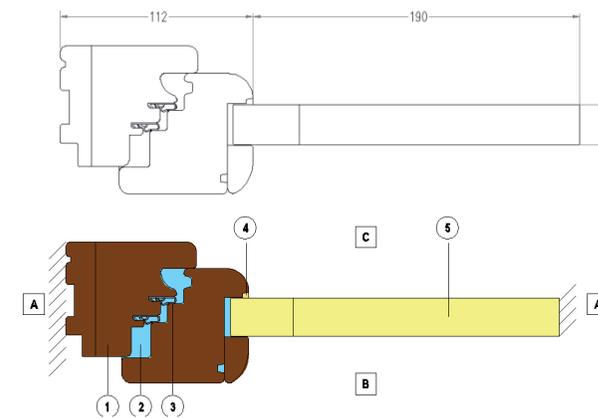
CRIF Direzione e Amministrazione
 via Facoltà di Ingegneria
 Via G. Duranti, 67
 06125 Perugia
 Tel. +39 075 585 3717-3844
 Fax +39 075 585 3697
 E-mail: crif@unipg.it Web Site: www.criaf.it





◆ Simulazioni Numeriche

La Norma UNI EN ISO 10077-2 fornisce un metodo numerico per il calcolo della trasmittanza termica dei componenti di finestre e porte; il procedimento descritto dalla normativa è implementato in un apposito codice di calcolo termofluidodinamico che prevede la costruzione di un modello, la suddivisione del dominio in volumi di controllo mediante l'applicazione di mesh di opportuna forma e dimensioni, l'assegnazione delle condizioni al contorno e delle proprietà dei materiali. In particolare, la normativa regola la determinazione delle caratteristiche termiche da assegnare alle intercapedini d'aria presenti nella sezione del nodo. La cavità d'aria viene considerata come un materiale solido con conducibilità equivalente dipendente dalle caratteristiche di scambio convettivo e radiativo dell'intercapedine stessa.



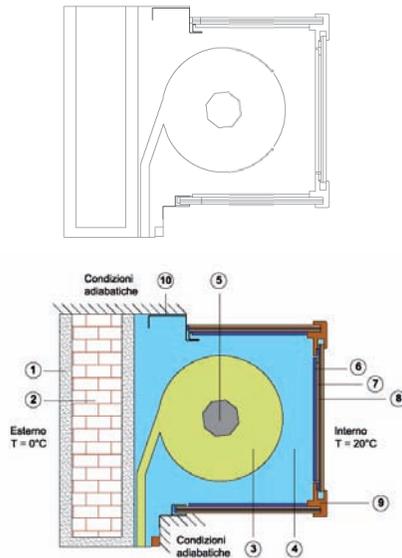
| | | T (°C) |
|---|------------------------|--------|
| A | Condizioni adiabatiche | - |
| B | Interno | 20 |
| C | Esterno | 0 |

| | Materiale | λ (W/mK) |
|---|----------------------------|------------------|
| 1 | Legno tenero | 0,13 |
| 2 | Cavità d'aria | 10077-2:2004 |
| 3 | TPE espanso | 0,25 |
| 4 | Silicone | 0,15 |
| 5 | Pannello isolante/Vetro | 0,035/1,00 |
| 6 | Intercapedine d'aria/argon | 10077-2:2004 |
| 7 | Sigillante polisolfuro | 0,40 |
| 8 | Sali disidratati | 0,13 |
| 9 | Distanziatore in alluminio | 160 |





| | Materiale | λ (W/mK) |
|----|---|------------------|
| 1 | Intonaco per esterni spessore 2 cm | 0,700 |
| 2 | Veletta in laterizio forato spessore 8 cm | 0,297 |
| 3 | Avvolgibile in PVC | 0,350 |
| 4 | Cavità d'aria | 10077-2:2004 |
| 5 | Supporto avvolgibile in alluminio | 220 |
| 6 | Guarnizione 4 mm e coibentazione 5 mm | 0,033 |
| 7 | MDF | 0,120 |
| 8 | Sughergomma | 0,177 |
| 9 | Legno tenero | 0,13 |
| 10 | Profilati in alluminio | 220 |

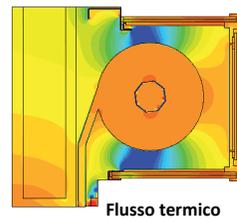
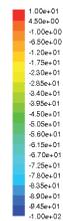
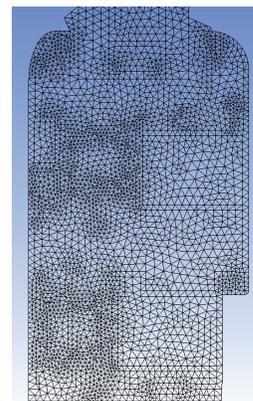


◆ **Calcolo della trasmittanza termica**

Al termine della simulazione è possibile visualizzare l'andamento della temperatura, del flusso termico, e calcolare il calore totale che attraversa la sezione di calcolo.

Dal calore, mediante le relazioni fornite dalla UNI EN ISO 10077-1, si ricava la trasmittanza termica dell'elemento sottoposto a calcolo.

Il metodo numerico permette non solo il calcolo della trasmittanza termica, ma soprattutto di studiare le prestazioni termiche dei diversi componenti di finestre, porte e chiusure oscuranti, attraverso la modellazione delle sezioni di calcolo con elevata precisione, al fine di ottimizzarle.



◆ **Certificazione delle prove**

Al termine dello studio viene stilato un rapporto di prova che contiene tutte le informazioni utili ai fini della determinazione delle prestazioni termiche dell'elemento simulato. Si riportano di seguito la prima e l'ultima pagina di un rapporto di prova, solitamente composto da 7 o 8 pagine.



Reporto di Prova n° Txxx/xxxx

Determinazione della trasmittanza termica ai sensi della UNI EN ISO 10077-2 / 2004

Committente

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 Tel. Xxx.xxxxxx – Fax xxx.xxxxxx
 e-mail: xxxxxxxx@xxxxxxxxxx.xx

Denominazione del campione virtuale:
 (secondo le indicazioni fornite dal committente)

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Data dell'esecuzione della prova: xx/xx/xxxx
 Data di emissione: xx/xx/xxxx
 Luogo: Perugia xx/xx/xxxx

L'operatore:
 Rilasciato da: CRIAF
 Il Responsabile del Laboratorio:

Reporto di Prova n° Txxx/xxxx Il presente rapporto di prova è composto da 8 fogli Foglio 1 di 8



Calcolo della trasmittanza termica

$$U = \frac{\Phi}{\Delta T \times l}$$

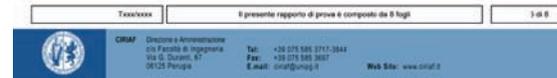
| | | |
|---|------------|-------|
| Densità di flusso termico [W/m²] | Φ | 9,189 |
| Differenza di temperatura imposta tra lato interno ed esterno [K] | ΔT | 20,00 |
| Lunghezza di pertinenza [m]* | l | 0,314 |

* riferita alla proiezione del cassonetto sul lato interno

$$U = 1,46 \text{ W/m}^2\text{K}$$

I risultati sopra riportati sono riferiti solo alla sezione sottoposta a calcolo e sono da ritenersi validi solo nelle condizioni dichiarate.

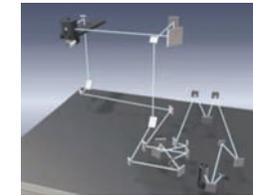
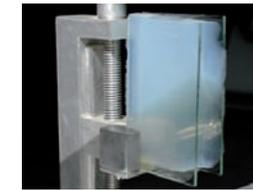
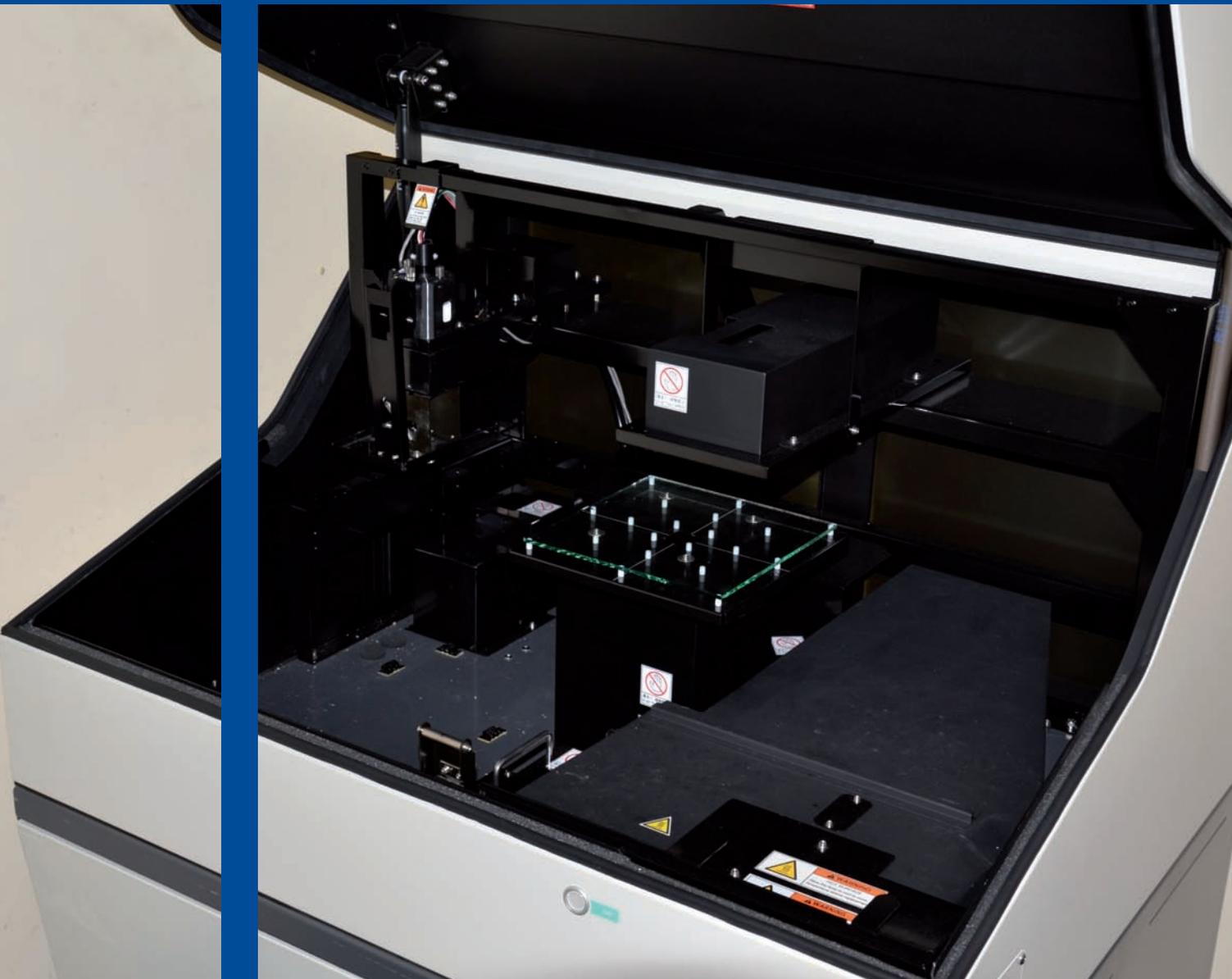
Data dell'esecuzione della prova: xx/xx/xxxx
 Rapporto di Prova n° Txxx/xxxx L'operatore:
 Data di emissione: xx/xx/xxxx Il Responsabile del Laboratorio:





Misure spettrofotometriche UV/VIS/NIR

Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate UNI EN 410:2011



◆ Caratteristiche

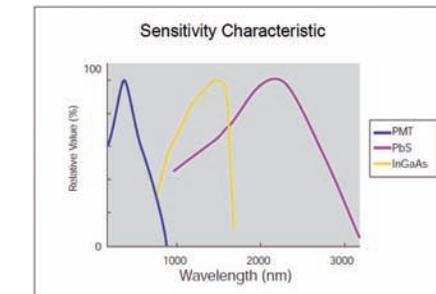
Lo Spettrofotometro UV/VIS/NIR è dotato di un sistema ottico a doppio raggio nel tempo e di una sfera integratrice. L'apparecchiatura è dotata inoltre di tre rilevatori: un tubo fotomoltiplicatore per la porzione spettrale ultravioletta (UV) e visibile (VIS) e due fotodiodi, uno all'Arseniuro di Gallio ed Indio (InGaAs) ed un altro al Solfuro di Piombo (PbS), per il vicino infrarosso (NIR). Come sorgenti di luce sono utilizzate due lampade, una al Deuterio (range di impiego 240-393 nm) ed una al Tungsteno (282-2600 nm).

Lo spettrofotometro consente la determinazione delle principali grandezze spettrofotometriche nel campo di lunghezze d'onda compreso fra 240 e 2600 nm:

- coefficiente di trasmissione totale, diretta e diffusa assoluta;
- coefficiente di riflessione totale e diffusa relativa al Solfato di Bario ($BaSO_4$);
- coefficiente di riflessione speculare relativa ad uno specchio argenteo;
- coefficiente di assorbimento.

Tali grandezze consentono la valutazione dei seguenti parametri, attraverso le procedure contenute nella UNI EN 410:2011:

- fattore di trasmissione e riflessione luminosa, τ_v e ρ_v ;
- fattore di trasmissione diretta dell'energia solare τ_e , parametro fondamentale per la valutazione del fattore solare g;
- fattore di riflessione solare diretta ρ_e ;
- fattore di trasmissione UV τ_{uv} ;
- resa del colore R_a .





Laboratorio di Termotecnica

◆ Procedura di prova

La dimensione consigliata dei campioni da testare è di 100x100 mm; per le misure di trasmissione lo spessore massimo ammissibile è di 40 mm, per quelle di riflessione 6 mm. Tuttavia è possibile effettuare misure su provini di dimensioni fino a 500x500 mm.

Le prestazioni spettrofotometriche di campioni di spessori maggiori possono essere ricavate anche attraverso algoritmi di calcolo e software di simulazione illuminotecnica basati sulla tecnica del ray-tracing. E' comunque consigliabile l'effettuazione di misure spettrofotometriche su campioni delle dimensioni sopra riportate.

◆ Dati tecnici

La strumentazione consente di determinare il coefficiente di trasmissione assoluta e di riflessione relativa nell'intervallo di lunghezze d'onda compreso fra 240 e 2600 nm, con una risoluzione di 0,1nm. L'accuratezza dichiarata è di $\pm 0,003$ Abs (per valori di assorbimento ≈ 1 Abs) e di $\pm 0,002$ (0,5-1 Abs).

| | |
|----------------------------------|--|
| Range di lunghezza d'onda | 240-2600 nm |
| Sistema ottico | Schema a doppio raggio nel tempo ad ottica sigillata |
| Velocità di scansione | 5.000 nm/min nella regione UV/VIS 20.000 nm/min nella regione NIR |
| Intervallo fotometrico | da -6 a 6 Abs |
| Accuratezza fotometrica | $\pm 0,003$ Abs (per valori di assorbimento ≈ 1 Abs) $\pm 0,002$ (0,5-1 Abs). |
| Ripetibilità fotometrica | 0,001 Abs (0-0.5Abs) 0,002 Abs (0.5-1) |
| Sorgenti di luce | Lampada alogena da 50 W al Tungsteno Lampada al Deuterio |
| Temperature di funzionamento | da 15 a 35 °C |



Spettrofotometro UV/VIS/NIR

◆ Certificazione delle prove

Al termine dell'effettuazione delle misure viene rilasciato un certificato di prova conforme alla norma UNI EN 410:2011. Si riportano di seguito la prima e l'ultima pagina di un rapporto di prova, solitamente composto da 7 o 8 pagine.



Rapporto di Prova n° XXX/XX

Determinazione delle caratteristiche luminose e solari di vetrate secondo la norma UNI EN 410:2011

Committente:
Ragione Sociale
Indirizzo

Tel. xxx-xxxxxxx - Fax xxx-xxxxxxx
e-mail: xxxxxxxx@xxxxxxxx.xxx

Denominazione del campione:
(secondo le indicazioni del committente)

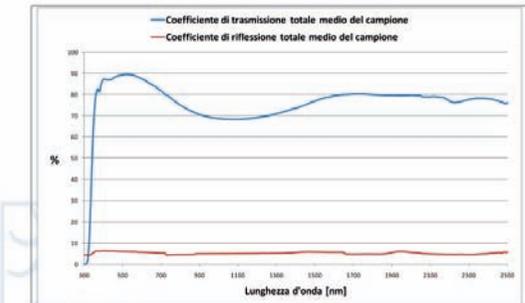
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Data di ricezione del campione: XX/XX/XXXX
Data di esecuzione della prova: XX/XX/XXXX
Luogo e data di Emissione: Perugia, XX/XX/XXXX



Risultati della prova

| Parametro | Valore | Parametro | Valore |
|---|--------|---------------------------------------|--------|
| Fattore di trasmissione luminosa tv | 88.46 | Fattore di riflessione luminosa | 5.85 |
| Fattore di trasmissione diretta dell'energia solare | 79.17 | Fattore di riflessione solare diretta | 5.45 |
| Fattore di trasmissione UV | 0.56 | Resa del colore | 98 |



Il Responsabile Tecnico di Prova (xxx xxx)
Il Responsabile del Laboratorio del CIRIAF (xxx xxx)
Il Direttore del CIRIAF (xxx xxx)





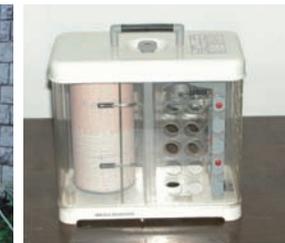
◆ Elenco prove



Il laboratorio di Controlli Ambientali si occupa prevalentemente della valutazione della qualità dell'aria, della misura delle emissioni inquinanti e dello studio delle condizioni di benessere termoisometrico negli ambienti confinati, quali ad esempio edifici residenziali, scolastici, museali, ecc.

I principali settori di attività sono i seguenti:

- monitoraggio in continuo dei parametri ambientali esterni (temperatura, pressione, velocità e direzione del vento, radiazione solare) mediante apposite centraline;
- monitoraggio del microclima di ambienti indoor con centraline non presidiate ; dal rilievo dei principali parametri ambientali (temperatura dell'aria, temperatura media radiante, velocità dell'aria, umidità relativa, temperatura di rugiada, pressione atmosferica, illuminamento naturale medio) è possibile determinare gli indici del benessere, quali il voto medio previsto (PMV) ed il valore delle percentuali previste di insoddisfatti (PPD);
- monitoraggio della qualità dell'aria in ambienti interni (anidride carbonica, biossido di azoto, biossido di zolfo, formaldeide, benzene e ozono) mediante fiale colorimetriche;
- misura della concentrazione di gas radon in ambienti interni;
- monitoraggio delle emissioni inquinanti (monossido di carbonio, ossidi di zolfo, ossidi di azoto, polveri) di impianti di riscaldamento alimentati a diversi combustibili mediante analizzatore di fumi a celle elettrochimiche e sistema di captazione a filtri con aspirazione dal condotto di evacuazione;
- elaborazione di mappe di dispersione degli inquinanti in atmosfera per diverse sorgenti mediante codici di calcolo;
- valutazione della qualità dell'aria in ambienti esterni (polveri e PM10);
- misure di campi elettromagnetici;
- progettazione e verifica delle prestazioni di impianti di climatizzazione e valutazione della qualità dell'aria in situazioni particolari, quali ambienti museali, gallerie d'arte, ecc.



◆ Elenco prove in Laboratorio



| Grandezza fisica determinata | Norma di riferimento |
|---|---------------------------------------|
| Isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio | UNI EN ISO 10140-2 |
| Isolamento dal rumore di calpestio di partizioni orizzontali | UNI EN ISO 10140-3 |
| Riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazione su solaio pesante normalizzato | UNI EN ISO 10140-3 |
| Isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misura mediante intensità sonora | UNI EN ISO 15186-1 |
| Assorbimento acustico per incidenza diffusa | UNI EN ISO 354 |
| Caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico di barriera antirumore | UNI EN 1793-1 |
| Caratteristiche intrinseche di isolamento acustico per via aerea di barriera antirumore | UNI EN 1793-2 |
| Livello di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante misura della pressione sonora | UNI EN ISO 3741 |
| Livello di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante il metodo intensimetrico - Misura per punti discreti | UNI EN ISO 9614-1 |
| Livello di potenza sonora sorgenti con metodo intensimetrico - Misura per scansione | UNI EN ISO 9614-2 |
| Coefficiente di assorbimento acustico e impedenza acustica superficiale per incidenza normale | UNI EN ISO 10534-2 |
| Isolamento acustico per via aerea per incidenza normale (Transmission Loss) | - |
| Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda - Finestre e porte complete | UNI EN ISO 12567-1 |
| Determinazione della resistenza termica con il metodo della camera calda - Divisori di spessore max 14 cm e peso max 150 kg | UNI EN 1934 |
| Determinazione della rigidità dinamica. Materiali utilizzati sotto i pavimenti galleggianti negli edifici residenziali. | UNI EN 29052-1 |
| Misura dell'emissività superficiale con emissometro. Determinazione del Solar Reflectance Index (così come definito dalla certificazione LEED). | ASTM C1371 ASTM E903 ASTM E1980 |





Elenco completo delle prestazioni dei Laboratori di Acustica, Termotecnica e Controlli Ambientali



Elenco completo delle prestazioni dei Laboratori di Acustica, Termotecnica e Controlli Ambientali

◆ Elenco prove in Opera / in Situ

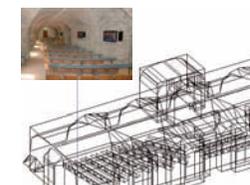
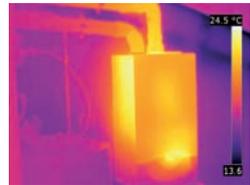
| Grandezza fisica determinata | Norma di riferimento |
|---|----------------------|
| Isolamento acustico per via aerea tra ambienti | UNI EN ISO 140-4 |
| Isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate | UNI EN ISO 140-5 |
| Isolamento dal rumore di calpestio di partizioni orizzontali | UNI EN ISO 140-7 |
| Isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio mediante intensità sonora | ISO 15186-2 |
| Caratteristiche intrinseche di diffrazione sonora di barriera antirumore | UNI CEN/TS 1793-4 |
| Caratteristiche intrinseche di riflessione e isolamento acustico di barriera antirumore | UNI CEN/TS 1793-5 |
| Perdita d'inserzione di barriera antirumore | ISO 10847- UNI 11022 |
| Tempo di riverberazione di ambienti | UNI EN ISO 3382 |
| Livello di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante pressione sonora. Metodo in campo libero su piano riflettente | UNI EN ISO 3744 |
| Assorbimento acustico di superfici stradali | UNI ISO 13472-1 |
| Misura di rumore ambientale con stazioni mobili o fisse | DPCM 16-03-98 |
| Ispezione termografica dell'involucro edilizio per diagnosi energetica | UNI 13187 |
| Misura della trasmittanza termica con termoflussimetro | ISO 9869 |
| Misura delle condizioni microclimatiche indoor e valutazione dei principali indici di benessere | UNI 7730 |
| Misure di illuminamento in condizioni di luce diurna o artificiale | UNI 10380 - 12464 |
| Misura di gas Radon ed inquinanti indoor in ambienti residenziali | - |
| Misura di esposizione a campi elettromagnetici | CEI 221-6/7 |
| Misura della concentrazione di polveri sottili in ambiente esterno | - |
| Misura dei principali parametri meteorologici in ambiente esterno | - |
| Misura del flusso di traffico di infrastrutture stradali | - |
| Misura delle prestazioni di visibilità e di resistenza al derapaggio di segnaletica stradale orizzontale | UNI EN 1436 |

◆ Elenco Simulazioni

| Grandezza fisica determinata | Norma di riferimento |
|---|----------------------|
| Calcolo della trasmittanza termica di finestre, porte e chiusure. Metodo semplificato | UNI EN ISO 10077-1 |
| Calcolo della trasmittanza termica di finestre, porte e chiusure | UNI EN ISO 10077-2 |
| Calcolo del potere fonoisolante di infissi - Metodo semplificato | UNI EN 14351-1 |
| Acustica architettonica: simulazione della propagazione sonora all'interno di ambienti chiusi con metodi ray-tracing e progettazione acustica | - |
| Acustica ambientale: simulazione della propagazione sonora generata da infrastrutture di trasporto e attività produttive con software SoundPLAN | - |
| Caratteristiche energetiche degli edifici in condizioni estive ed invernali con codici di calcolo stazionari e dinamici | UNI TS 11300 |
| Life Cycle Assessment: Analisi del Ciclo di Vita | UNI EN ISO 14040 |
| Simulazioni e progettazioni illuminotecniche | UNI EN 12464 |
| Simulazioni termofluidodinamiche con codici di calcolo ai volumi finiti | - |
| Simulazioni della dispersione di inquinanti in atmosfera | - |

◆ Responsabili Laboratori

| Docente | Laboratorio |
|---------------------------|----------------------|
| prof. Federico Rossi | Acustica |
| prof.ssa Cinzia Buratti | Controlli Ambientali |
| prof. Francesco Asdrubali | Termotecnica |





Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici 'Mauro Felli'

Via G. Duranti, 67 - 06125 Perugia

Tel. 075.585.3717 - Fax 075.585.3697

www.ciriaf.it - Email: ciriaf@unipg.it