



Sede Amministrativa: Università degli Studi di Padova

Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale

Indirizzo Fisica Tecnica

Ciclo XXIII

ANALISI DEI METODI DI MISURA PER I PARAMETRI DI ACUSTICA EDILIZIA E CLASSIFICAZIONE ACUSTICA

Direttore della Scuola: Ch.mo Prof. Paolo F. Bariani

Coordinatore di Indirizzo: Ch.mo Prof.ssa Luisa Rossetto

Supervisore: Ch.mo Prof. Antonino Di Bella

Dottorando: Chiara Martina Pontarollo

Sommario

Riassunto	11
Summary.....	11
1) INTRODUZIONE.....	13
2) INQUADRAMENTO LEGISLATIVO.....	16
2.1.1 D.P.C.M. 5/12/97	16
2.2 Situazione attuale.....	18
2.3 Norma UNI 11367.....	19
3) DESCRIZIONE DELLE MISURE SULLE PALAZZINE AGECE	21
3.1 Il progetto AGECE di riqualificazione urbana e le sperimentazioni eseguite	21
3.1.1 Stato di avanzamento del progetto.....	21
3.1.2 Descrizione delle palazzine interessate dai collaudi e dei metodi di ristrutturazione attuati	23
3.2 Misure sulla palazzina E1 (civico 177)	24
3.2.1 Potere fonoisolante apparente (palazzina E1)	27
3.2.2 Livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico (palazzina E1).....	28
3.2.3 Isolamento di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero(palazzina E1).....	29
3.2.4 Misure aggiuntive di potere fonoisolante apparente e calpestio dalle scale agli ambienti contigui (palazzina E1)	31
3.2.5 Misure degli impianti a funzionamento discontinuo (palazzina E1)	32
3.3 Misure sulla palazzina D (civico 176).....	35
3.3.1 Potere fonoisolante apparente (palazzina D).....	37
3.3.2 Livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico (palazzina D)	37
3.3.3 Isolamento di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero (palazzina D)	37
3.3.4 Misure degli impianti a funzionamento discontinuo (palazzina E1)	39
3.4 Misure sulla palazzina E2 (civico 172)	41
3.4.1 Potere fonoisolante apparente (palazzina E2)	41
3.4.2 Livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico (palazzina E2).....	42
3.5 Confronto tra misure sugli edifici E1 ed E2	43
3.6 Confronto tra misure prima e dopo la ristrutturazione per gli edifici in laterizio.....	46
3.7 Confronto tra misure prima e dopo la ristrutturazione per gli edifici in cemento armato (edifici D e A)	47
3.8 Confronto dell'efficacia della ristrutturazione per le due tipologie di edifici	50
4) CONFRONTO TRA METODI DI MISURA.....	52
4.1 Descrizione dei metodi di misura utilizzati.....	52
4.2 Raggruppamento delle misure	54

4.3	Confronto tra metodi di misura nel caso dell'isolamento di facciata	56
4.4	Confronto tra i metodi di misura nel caso del calpestio misurato dall'alto al basso	59
4.5	Confronto tra i metodi di misura nel caso del calpestio misurato dal basso verso l'alto	63
4.6	Confronto tra i metodi di misura per il potere fonoisolante apparente dei solai.....	64
4.7	Confronto tra i metodi di misura per il potere fonoisolante apparente delle pareti.....	70
4.8	Conclusioni nel confronto tra i metodi di misura	72
5)	CLASSIFICAZIONE ACUSTICA.....	74
5.1	Norma UNI 11367	74
5.2	Misure di rumore d'impianto secondo l'appendice D della norma 11376	75
5.2.1	Descrizione delle misure d'impianto discontinuo sull'edificio E1	75
5.2.2	Descrizione delle misure d'impianto discontinuo sull'edificio D.....	80
5.3	Classificazione palazzina E1 mediante misure su tutti gli elementi tecnici.....	84
5.4	Classificazione palazzina D mediante misure su tutti gli elementi tecnici	86
5.5	Campionamento nell'edificio E1.....	88
5.5.1	Potere fonoisolante apparente	88
5.5.2	Potere fonoisolante apparente (campionamento sull'intero edificio).....	91
5.5.3	Livello di calpestio	93
5.5.4	Livello di calpestio (campionamento sull'intero edificio).....	97
5.5.5	Isolamento di facciata.....	99
5.5.6	Isolamento di facciata (campionamento sull'intero edificio).....	100
5.5.7	Livello dovuto agli impianti discontinui (campionamento sull'intero edificio)	101
5.5.8	Conteggio complessivo delle prove da eseguire sull'edificio E1 con e senza campionamento	102
5.6	Campionamento nell'edificio E2.....	103
5.6.1	Potere fonoisolante apparente	104
5.6.2	Livello di calpestio	105
5.6.3	Isolamento di facciata.....	107
5.6.4	Isolamento di facciata (campionando sull'intero edificio)	108
5.6.5	Livello immesso dagli impianti a funzionamento discontinuo	109
5.7	Classificazione con misure fatte secondo la 10052	110
5.8	Confronto dei risultati della classificazione sull'edificio E1.....	111
5.8.1	Appartamento 1	111
5.8.2	Appartamento 2	112
5.8.3	Appartamento 3	113
5.8.4	Appartamento 4	114

5.8.5	Appartamento 5	115
5.8.6	Appartamento 6	116
5.9	Confronto dei risultati della classificazione sull'edificio D	117
5.9.1	Appartamento 1	117
5.9.2	Appartamento 2	118
5.9.3	Appartamento 3	118
5.9.4	Appartamento 4	119
5.9.5	Appartamento 5	119
5.9.6	Appartamento 6	120
5.10	Considerazioni	121
6)	APPLICAZIONE DI METODI STATISTICI PER DETERMINARE LA VARIABILITÀ DELLE PROPRIETÀ ACUSTICHE DI UN GRUPPO OMOGENEO DI ELEMENTI TECNICI.....	123
6.1	Modalità di applicazione del Test interlaboratorio	123
6.2	Descrizione della procedura utilizzata.....	124
6.3	Analisi dei dati	125
6.4	Confronto dei risultati con i valori di riferimento dati dalla norma UNI EN ISO 20140-2	128
6.5	Confronto dei risultati con quelli ottenuti in una differente analisi statistica per la determinazione della variabilità della posa in opera.....	129
6.6	Conclusioni	130
7)	ANALISI DEL TEST INTERLABORATORIO ESEGUITO PRESSO IL LABORATORIO ISOLGOMMA.....	131
7.1	Descrizione del laboratorio	131
7.2	Organizzazione del esperimento collaborativo	132
7.3	Istruzioni fornite ai partecipanti.....	133
7.4	Analisi delle posizioni di misura utilizzate dalle differenti squadre	134
7.5	Anomalie riscontrate nei calcoli	137
7.6	Misure di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 140-7.....	139
7.6.1	Test grafici per verificare la coerenza dei dati (prima analisi su tutti i dati)	141
7.6.2	Test numerici per i valori anormali (prima analisi su tutti i dati)	143
7.6.3	Ripetizione dell'analisi statistica dopo l'eliminazione del laboratorio3	145
7.6.4	Valori di precisione per le misure di calpestio (secondo la norma UNI EN ISO 140-7)	145
7.6.5	Verifica dei valori di ripetibilità e riproducibilità per le misure di calpestio (secondo la norma UNI EN ISO 140-7).....	147
7.7	Misure di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 10052.....	149
7.7.1	Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (prima analisi su tutti i dati)	151

7.7.2	Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (dopo l'eliminazione del laboratorio 3)	153
7.7.3	Valori di precisione per le misure di calpestio (secondo la norma UNI EN ISO 10052)	154
7.7.4	Verifica dei valori di ripetibilità e riproducibilità per le misure di calpestio (secondo la norma UNI EN ISO 10052)	155
7.8	Confronto tra i risultati ottenuti, per il livello normalizzato di calpestio, con le due norme UNI EN ISO 140-7 e UNI EN ISO 10052.....	156
7.9	Misure di potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 140-4.....	159
7.9.1	Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (prima analisi su tutti i dati)	161
7.9.2	Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (dopo l'eliminazione del laboratorio 9)	163
7.9.3	Valori di precisione il potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4).....	164
7.9.4	Verifica dei valori di ripetibilità e riproducibilità per le misure di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4).....	165
7.10	Misure di potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 10052	166
7.10.1	Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (prima analisi su tutti i dati)	168
7.10.2	Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (dopo la correzione dei dati del lab.1).....	169
7.10.3	Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (dopo la correzione dei dati del lab.1 e l'eliminazione dei lab.7 e 9).....	171
7.10.4	Valori di precisione il potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052)	172
7.10.5	Verifica dei valori di ripetibilità e riproducibilità per le misure di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052).....	173
7.11	Confronto tra i risultati ottenuti, per il potere fonoisolante, con le due norme UNI EN ISO 140-4 e UNI EN ISO 10052.....	174
7.12	Confronto dei valori di precisione ottenuti per il calpestio, con i risultati di altri Test Interlaboratorio.....	177
7.13	Confronto dei valori di precisione ottenuti per il potere fonoisolante, con i risultati di altri Test Interlaboratorio.....	179
7.14	Osservazioni.....	182
8)	Conclusioni	183
APPENDICI	.....	185
A	Tabelle di tutte le misure AGECE.....	187
A.1	Misure eseguite sulla palazzina E1 (civico 177).....	187
A.2	Misure eseguite sulla palazzina D (civico 176)	212
A.3	Misure eseguite sulla palazzina E2 (civico 172).....	222

A.4	Misure eseguite sulla palazzina E1, prima e dopo la ristrutturazione	229
A.5	Misure eseguite sulle palazzine in cemento armato (D e A), prima e dopo la ristrutturazione ...	233
B	Tabelle e grafici per il confronto tra metodi di misura.....	239
B.1	Descrizione dei metodi di misura e numero minimo di rilievi microfonici	239
B.2	Gruppi omogenei di elementi tecnici	242
B.3	Confronto tra le singole misure eseguite con i diversi metodi di misura: tabelle e grafici.....	246
B.4	Confronto tra i valori medi delle misure su gruppi di ambienti simili, con i diversi metodi di misura 306	
C	Norma UNI 11367 sulla classificazione acustica.....	312
C.1	Parte generale	312
C.1.1	Definizione dei requisiti e delle classi acustiche.....	312
C.1.2	Valore utile	314
C.1.3	Modalità di valutazione dei requisiti oggetto di classificazione.....	315
C.1.4	Classificazione acustica per requisito e per unità immobiliare	315
C.1.5	Classificazione acustica dell' unità immobiliare	316
C.1.6	Appendici	317
C.2	Rumore d'impianto secondo la norma UNI 11367.....	318
C.2.1	Descrittori del rumore d'impianto e parametri da rilevare.....	318
C.2.2	Definizione degli impianti da rilevare.....	318
C.2.3	Definizione degli ambienti in cui effettuare le misure	319
C.2.4	Posizioni di misura	320
C.2.5	Tempo di misura e cicli operativi.....	321
C.2.6	Correzione per il rumore residuo (solo per gli impianti continui).....	321
C.2.7	Correzione per il tempo di riverbero (sia per impianti continui che per quelli discontinui). 322	
C.2.8	Calcolo dei parametri per la valutazione della classe per il rumore degli impianti.....	322
C.2.9	Confronto tra i diversi metodi di misura del rumore d'impianto.....	323
C.3	Gruppi omogenei e campionamento	325
C.3.1	Definizione di gruppo omogeneo di elementi tecnici	325
C.3.2	Calcolo delle classi dei requisiti con l'utilizzo del campionamento.....	326
D	Tabelle per la classificazione degli edifici AGECE senza campionamento.....	330
D.1	Classificazione per l'edificio E1 (civico 177). Caso con fori di aerazione in facciata chiusi	330
D.2	Classificazione per l'edificio E1 (civico 177). Caso con fori di aerazione in facciata aperti.....	333
D.3	Classificazione per l'edificio D (civico 176).....	336
E	Tabelle per la classificazione AGECE con campionamento e con variazione del livello di fiducia	338
E.1	Edificio E1, potere fonoisolante apparente verticale, campionamento (gruppi omogenei)	338

E.2	Edificio E1, potere fonoisolante apparente verticale, campionamento (tutte le misure)	340
E.3	Edificio E1, livello di calpestio, campionamento (gruppi omogenei)	342
E.4	Edificio E1, livello di calpestio, campionamento (tutte le misure).....	345
E.5	Edificio E1, isolamento di facciata, campionamento (gruppi omogenei).....	347
E.6	Edificio E1, isolamento di facciata, campionamento (intero edificio).....	348
E.7	Edificio D, potere fonoisolante apparente verticale, campionamento (un unico gruppo omogeneo coincidente con tutti i solai dell'edificio)	351
E.8	Edificio D, livello di calpestio, campionamento (tutti i solai dell'edificio, con due gruppi omogenei a seconda del verso della prova)	352
E.9	Edificio D, isolamento di facciata, campionamento (gruppi omogenei)	354
E.10	Edificio D, isolamento di facciata, campionamento (intero edificio)	355
E.11	Classificazione edificio E1, con campionamento (gruppi omogenei).....	357
E.11.1	Edificio E1, appartamento 1	357
E.11.2	Edificio E1, appartamento 2	358
E.11.3	Edificio E1, classificazione per gli appartamenti 1 e 2, con campionamento sull'intero edificio 359	
E.11.4	Edificio E1, appartamento 3	360
E.11.5	Edificio E1, appartamento 4	361
E.11.6	Edificio E1, classificazione per gli appartamenti 3 e 4, con campionamento sull'intero edificio 362	
E.11.7	Edificio E1, appartamento 5	363
E.11.8	Edificio E1, appartamento 6	364
E.11.9	Edificio E1, classificazione per gli appartamenti 5 e 6, con campionamento sull'intero edificio 365	
E.12	Classificazione edificio D, con campionamento (gruppi omogenei)	366
E.12.1	Edificio D, appartamento 1.....	366
E.12.2	Edificio D, appartamento 2.....	367
E.12.3	Edificio D, appartamento 3.....	368
E.12.4	Edificio D, appartamento 4.....	369
E.12.5	Edificio D, appartamento 5.....	371
E.12.6	Edificio D, appartamento 6.....	372
E.12.7	Edificio D, classificazione per gli appartamenti 1, 2, 3, 4, con campionamento sull'intero edificio 373	
E.12.8	Edificio D, classificazione per gli appartamenti 5, 6, con campionamento sull'intero edificio 374	
F	Classificazione per l'edificio E1,utilizzando metodi di misura semplificati	375

F.1	Classificazione per l'edificio E1 (civico 177), utilizzando le misure eseguite secondo la norma UNI EN ISO 10052, per bande di 1/3 d'ottava	375
F.2	Classificazione per l'edificio E1 (civico 177), utilizzando le misure eseguite secondo la norma UNI EN ISO 10052, per bande d'ottava e con tempi di riverbero tabulari	378
G	Norma UNI ISO 5725-2 per il calcolo di ripetibilità e riproducibilità	381
G.1	Termini e definizioni	382
G.2	Requisiti di un esperimento di precisione	383
G.3	Modello statistico di base.....	383
G.4	Calcolo dei valori di precisione, utilizzando il modello statistico di base.....	384
G.5	Analisi statistica di un esperimento di precisione	384
G.5.1	Tabulazione dei risultati	385
G.5.2	Ricerca di valori incoerenti	387
G.5.3	Calcolo della media generale e delle varianze	392
G.6	Esposizione passo-passo dell'analisi statistica	393
H	Norma UNI EN ISO 20140-2 sulla determinazione, verifica e applicazione della precisione dei dati in acustica edilizia.....	395
H.1	Definizioni.....	395
H.2	Determinazione del valore di ripetibilità r e del valore di riproducibilità r mediante prove interlaboratorio	397
H.3	Condizioni di prova	397
H.3.1	Numero di laboratori partecipanti	397
H.3.2	Scelta del provino	398
H.4	Verifica dei valori di precisione	398
H.4.1	Verifica dei valori di ripetibilità r , nell'ambito della prova interlaboratorio	398
H.4.2	Verifica dei valori di riproducibilità R , nell'ambito della prova interlaboratorio	398
H.5	PROCEDIMENTO DI VERIFICA	399
H.5.1	Verifica dei valori di ripetibilità	399
H.5.2	Verifica dei valori di riproducibilità	399
H.6	APPLICAZIONE DEI VALORI DI RIPETIBILITÀ E DI RIPRODUCIBILITÀ	400
H.6.1	Interpretazione del valore di ripetibilità r	400
H.6.2	Interpretazione del valore di riproducibilità R	400
H.7	Intervalli di confidenza derivabili dal valore di ripetibilità r e di riproducibilità R	400
H.8	Valori di ripetibilità r e di riproducibilità R	401
I	Dati relativi all'analisi del test statistico svolto in AGECE.....	402
J	Dati relativi all'analisi del test interlaboratorio svolto presso il laboratorio Isolgomma	412

J.1	Elenco misure e fogli per l'annotazione delle posizioni utilizzate.....	412
J.2	Schematizzazione delle modalità di misura utilizzate dalle differenti squadre	419
J.2.1	Misura del potere fonoisolante apparente secondo la norma UNI EN ISO 140-4	419
J.2.2	Misura del livello di calpestio normalizzato, secondo la norma UNI EN ISO 140-7	420
J.2.3	Misura del potere fonoisolante apparente secondo la norma UNI EN ISO 10052.....	421
J.2.4	Misura del livello di calpestio normalizzato, secondo la norma UNI EN ISO 10052.....	422
J.2.5	Misura del tempo di riverberazione	423
J.2.6	Strumentazione utilizzata dalle squadre partecipanti.....	424
J.3	Analisi dei dati di livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-7 (ANALISI INIZIALE SU TUTTI I DATI).....	425
J.4	Analisi dei dati di livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-7 (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LABORATORIO 3)	435
J.5	Valori di ripetibilità e riproducibilità per il livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-7.....	445
J.6	Analisi dei dati di livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (ANALISI INIZIALE SU TUTTI I DATI).....	446
J.7	Analisi dei dati di livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LAB.3).....	456
J.8	Valori di ripetibilità e riproducibilità per il livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052	466
J.9	Analisi dei dati del potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4 (ANALISI INIZIALE SU TUTTI I DATI)	467
J.10	Analisi dei dati del potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4 (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LABORATORIO 9).....	480
J.11	Valori di ripetibilità e riproducibilità per il potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4	494
J.12	Analisi dei dati del potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (ANALISI INIZIALE SU TUTTI I DATI)	495
J.13	Analisi dei dati del potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LABORATORIO 1)	508
J.14	Analisi dei dati del potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LABORATORIO 1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB. 7 E 9, E DI DUE DATI DEL LAB. 11) 518	
J.15	Valori di ripetibilità e riproducibilità per il potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052.....	528
J.16	Confronto dei valori di precisione per il potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4 e 10052, senza l'eliminazione di alcun dato	530
	Bibliografia.....	534

Riassunto

Nel presente lavoro sono stati analizzati diversi aspetti relativi alle misure di acustica edilizia in opera. Ciò è stato possibile grazie ad un'ampia campagna di misure, che ha permesso l'esecuzione di diverse sperimentazioni.

La contemporaneità temporale con l'uscita della norma sulla classificazione acustica UNI 11367 ha permesso di provare il metodo proposto su due edifici. Oltre alla classificazione derivata da misure su tutti gli elementi edilizi, è stata sperimentata anche la tecnica del campionamento che permette la riduzione del numero di collaudi da effettuare, valutando, tra l'altro, gli effetti dell'utilizzo di differenti fattori di copertura sul risultato finale.

Un'ulteriore indagine ha riguardato il confronto tra diversi metodi di misura; in particolare sono stati comparati i risultati ottenuti da misure eseguite per punti fissi, secondo l'interpretazione usuale delle norme UNI EN ISO 140, e con movimentazione manuale del microfono e del fonometro, rispettivamente utilizzando le norme UNI EN ISO 140 e la norma di controllo UNI EN ISO 10052.

Tale confronto è stato perfezionato con l'esecuzione di un Test Interlaboratorio, a cui hanno partecipato 11 squadre, che ha riguardato misure di potere fonoisolante su una parete in laterizio rivestita e misure di calpestio su un solaio nudo in laterocemento. Le misure sono state ripetute utilizzando sia il metodo per punti fissi, secondo le norme UNI EN ISO 140, che il metodo con movimentazione manuale del fonometro, secondo la norma di controllo UNI EN ISO 10052, applicato però per bande di terzo d'ottava. Ciò ha permesso di determinare i valori di ripetibilità e riproducibilità di questi due metodi e di effettuare un confronto più accurato.

Summary

Different aspects of acoustic measurements in building have been analyzed in this work. By the performing of a large number of field measurements, many experimental studies have been carried out.

Contemporary to these field measurements, the new Italian Classification scheme, described in standard UNI 11367, has been published so the classification of the two buildings under analysis has been performed. In the Italian classification standard two procedures are described: the final classes of the different acoustic parameters can be found both by measurements on every single building structures and facilities and by using a sampling procedure applied to the building elements. Both these methods have been used. In particular, when using the sampling methods, the coverage factor, used for the determination of sampling uncertainty, has been investigated.

Another experimentation was about the comparison between different methods for acoustic field measurements. Each measurement has been repeated with different methods: the standard interpretation of ISO 140, with fixed microphone positions; the manually moving technique, also allowed according to ISO 140; and finally the survey method described in ISO 10052, with the sound level meter held on hand by the operator and moved.

In order to improve this comparison, an Interlaboratory Test has been performed: airborne sound insulation of a wall and impact sound insulation of a bare floor in hollow brick and concrete have been measured by eleven teams, using both ISO 140 standards, with fixed point of measurement, and ISO 10052, modified by using 1/3 octave bands measurements.

Determining repeatability and reproducibility of the two standards analysed, a better comparison was possible.

1) INTRODUZIONE

Il presente lavoro raccoglie diverse sperimentazioni riguardanti l'acustica edilizia: sono stati analizzati diversi metodi di misura in opera e la loro precisione, ed è stata studiata l'applicazione della nuova norma sulla classificazione acustica.

La maggior parte delle misure analizzate sono state eseguite presso delle palazzine di edilizia popolare, risalenti agli anni '50 e '60, recentemente ristrutturate, che fanno parte di un più ampio progetto di riqualificazione urbana, su cui hanno collaborato l'Azienda Gestione Edifici Comunali della città di Verona, AGECE, e il Dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università degli studi di Padova.

Avendo a disposizione, per un lungo periodo di tempo gli edifici ultimati, non ancora occupati dagli inquilini, oltre ai collaudi necessari alla verifica del rispetto dei limiti, è stato possibile effettuare delle sperimentazioni aggiuntive.

Nel capitolo 3 vengono descritte le misure di verifica dei requisiti acustici eseguite nelle prime palazzine ristrutturate (E1 e D), dove sono stati collaudati tutti gli elementi tecnici presenti. Dato che erano stati eseguiti dei collaudi anche prima dell'inizio dei lavori di adeguamento, è stato possibile verificare l'incremento delle prestazioni ottenuto grazie alle scelte tecnologiche attuate e confrontare i risultati della stessa tecnica di ristrutturazione, applicata su due diverse tipologie di edifici (in laterizio e in cemento armato). I risultati prima e dopo i lavori sono stati rapportati ai limiti di legge definiti dal DPCM 5/12/97 (1).

Nel periodo di inizio dei collaudi acustici sugli edifici finiti, era in fase di ultimazione la norma sulla classificazione acustica delle unità immobiliari, UNI 11367 (2), poi pubblicata nel luglio 2010. È stato quindi possibile sperimentare, su tali immobili, il metodo di classificazione proposto, non solo nella sua forma definitiva, ma anche nelle sue versioni preliminari.

È stato interessante verificare le classi ottenibili per delle unità immobiliari di edifici esistenti, risanati: i risultati sono stati soddisfacenti, a prova che il metodo di classificazione è applicabile non solo alle nuove costruzioni, ma anche ai casi di ristrutturazione.

Nel capitolo 5 vengono analizzati tutti gli aspetti dell'applicazione della classificazione agli edifici in esame: in particolare nei paragrafi 5.3 e 5.4 vengono riportati i risultati della classificazione dei due edifici eseguita con misure su tutti gli elementi tecnici.

In aggiunta è stata eseguita un'analisi dettagliata del metodo per la misura del rumore d'impianto descritto nell'Appendice D della norma sulla classificazione acustica, confrontandolo con i metodi fin'ora utilizzati, cioè quelli delle norme UNI EN ISO 10052 (3) e UNI EN ISO 16032(4). Sono state evidenziate le novità introdotte da tale metodo rispetto a quanto attualmente richiesto dal DPCM 5/12 /97, che presenta notevoli lacune specialmente per la misura degli impianti. Tale analisi è descritta nel paragrafo 5.2.

La norma UNI EN ISO 11367 ha introdotto un nuovo strumento per i collaudi sugli edifici, al fine della classificazione: il campionamento. Nel caso di edifici seriali, cioè caratterizzati da elementi edilizi che si ripetono uguali, è possibile limitare il numero di prove in opera e di estendere i risultati trovati dalle misure, agli altri elementi uguali dell'edificio, previa una correzione che tiene conto dell'incertezza legata a tale operazione.

Il fatto di aver misurato completamente gli edifici, ha permesso di fare numerose osservazioni relative all'incertezza di campionamento, confrontando i risultati della classificazione acustica con misure su tutti gli elementi tecnici e con misure su un numero ridotto di campioni. In particolare è stata studiata l'influenza del fattore di copertura che si utilizza nel calcolo dell'incertezza di campionamento, sulla classe finale ottenibile. Un indagine simile è già stata presentata ad un convegno nazionale (5) durante la fase di

inchiesta pubblica della norma, quindi basandosi su un testo della norma non definitivo e che ha poi subito delle modifiche in fase di pubblicazione. In questa sede, nei paragrafi 5.5 e 5.6 verrà ripreso tale lavoro, aggiornandolo alla versione definitiva del metodo di campionamento.

Un'ulteriore indagine ha riguardato il confronto tra diverse tecniche di misura per la determinazione dei requisiti acustici passivi in opera. Nella palazzina E1, le misure di tutti gli elementi tecnici sono state ripetute utilizzando i seguenti metodi:

- Norme UNI EN ISO 140 -4(6), 140-5 (7) e 140-7 (8), applicate per punti fissi di misurazione;
- Norme UNI EN ISO 140, utilizzate con movimentazione manuale del microfono;
- Norma UNI EN ISO 10052, con misure eseguite per bande d'ottava e con tempi di riverberazione tabulari;
- Norma UNI EN ISO 10052, con misure eseguite per bande d'ottava e con tempi di riverberazione misurati;
- Norma UNI EN ISO 10052, con misure eseguite per bande di 1/3 d'ottava e correzione tabulare per il tempo di riverberazione.

I risultati delle usuali misure per punti fissi, sono stati confrontati con quelli ottenuti con le due diverse tecniche di movimentazione manuale: quella derivata da un'interpretazione delle norme UNI EN ISO 140 (con movimentazione del microfono) e quella prevista dalla norma di controllo UNI EN ISO 10052 (con fonometro tenuto in mano dall'operatore e movimentato secondo una traiettoria ellittica).

Tale analisi è stata presentata anche in dei precedenti articoli (9)(10), e in questa sede, nel capitolo 4, viene descritta con maggior dettaglio, riportando anche, in appendice B, le tabelle e i grafici di confronto per tutte le misure eseguite con le diverse tecniche.

La sperimentazione di metodi di misura che comportano un ridotto numero di rilievi microfonici è interessante anche nell'ottica di una loro possibile applicazione alla classificazione acustica. Una delle critiche più ricorrenti alla norma UNI EN ISO 11367 è stata infatti l'onerosità, in termini di numero di collaudi in opera, necessari per la classificazione. Il gruppo di lavoro GL5 dell'UNI sta attualmente lavorando ad un rapporto tecnico, che vada ad integrare la norma sulla classificazione, da applicare nel caso di edifici non seriali, per i quali non è possibile l'applicazione del campionamento.

Potrebbe risultare interessante, per ridurre i tempi necessari per i collaudi, utilizzare, al posto delle norme di carattere tecnico-progettuale della serie UNI EN ISO 140, il metodo di controllo della norma UNI EN ISO 10052, in una delle modalità indagate (per banda d'ottava o di 1/3 d'ottava e con tempo di riverbero tabulare o misurato). Prima di poter proporre l'utilizzo di un metodo di controllo, è necessario però indagarne l'affidabilità. Per questo sono state confrontate tra loro le misure eseguite sugli stessi elementi tecnici con i metodi sopra citati. Nel paragrafo 5.7 si è anche provato a ripetere la classificazione dell'edificio E1, mediante le misure secondo la norma UNI EN ISO 10052, confrontandole poi con la classificazione "effettiva".

Sulla palazzina D, come analisi aggiuntiva, sono stati utilizzati i metodi statistici delle norme della serie UNI ISO 5725, utilizzando in particolare la parte 2 (11), per determinare l'incertezza legata alle misure in opera su un gruppo omogeneo di elementi tecnici. Sono stati analizzati i 4 solai che dividono i sei soggiorni-pranzo, identici tra loro, dell'edificio, eseguendo le misure bidirezionalmente e ripetendo cinque volte ciascuna misura. Su tali dati è stata eseguita l'analisi statistica per la determinazione di ripetibilità e riproducibilità. Dato che le misure sono state eseguite tutte dallo stesso operatore, con la stessa strumentazione, quelli che si determinano sono due estremi di precisione legati a misure ripetute su elementi edilizi simili, che danno quindi delle informazioni sull'affidabilità del sistema costruttivo. Tale analisi è descritta nel capitolo 6.

L'ultima sperimentazione ha riguardato l'esecuzione di un esperimento collaborativo, realizzato presso il laboratorio privato della ditta Isolgomma, che ha coinvolto 11 squadre, composte da personale universitario, professionisti e personale di aziende del settore dell'acustica.

Questo Test Interlaboratorio, va a continuare e perfezionare l'indagine preliminare, eseguita su uno degli edifici AGECC, sui metodi di misura.

Infatti sono state eseguite misure di potere fonoisolante e di calpestio, sia utilizzando le norme della serie UNI EN ISO 140 per le misure in opera (metodo di carattere tecnico-progettuale), che impiegando la norma la UNI EN ISO 10052, che costituisce un metodo di controllo.

I risultati, in termini di ripetibilità e riproducibilità, sono stati confrontati con quelli ottenuti in altri Test Interlaboratorio eseguiti in Italia e in altri paesi Europei.

Inoltre i valori medi, derivanti dai due metodi, sono stati confrontati tra loro per verificare se si riscontrano gli stessi scostamento osservati in opera tra le misure eseguite per punti fissi e con movimentazione manuale.

La descrizione dell'organizzazione del Test Interlaboratorio, dell'analisi statistica effettuata e dei risultati trovati sono descritti nel Capitolo 7.

2) INQUADRAMENTO LEGISLATIVO

In Italia, i limiti di legge per i requisiti acustici passivi degli edifici, sono attualmente definiti dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5/12 /97 (1): “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”.

Esso è stato emanato in attuazione dell’art. 3 comma 1 lettera e) della legge 447 del 1995 (Legge quadro sull’inquinamento acustico) che prevedeva anche la predisposizione di criteri per la progettazione, l’esecuzione e la ristrutturazione delle costruzioni edilizie, che ad oggi non sono ancora stati emanati.

Quindi, il D.P.C.M. 5/12/97 è sempre rimasto privo di una parte rilevante, relativa alla progettazione preliminare, fatto che ha dato un contributo alla sua inadempienza.

Altri problemi sono legati al mancato controllo da parte delle amministrazioni pubbliche della rispondenza degli edifici ai limiti minimi e all’assenza di sanzioni in caso del loro mancato rispetto.

Per tali motivi, tale legge che risale a più di 10 anni fa è rimasta per anni non solo inattuata, ma addirittura sconosciuta a chi operava in ambito edilizio.

Si riporta a seguito una breve descrizione del D.P.C.M. 5/12 /97, con un commento alle sue parti più critiche.

2.1.1 D.P.C.M. 5/12/97

Il campo di applicazione del D.P.C.M. 5/12/97 è la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore

Tale definizione non definisce in modo chiaro se il decreto si debba applicare a tutti gli edifici o solo a quelli successivi all’entrata in vigore della legge. Tale dubbio è poi stato chiarito con una circolare ministeriale del 9 Marzo 1999 che ha stabilito che il decreto si applica per nuovi edifici; ristrutturazioni totali e nuovi impianti, anche senza opere edili.

Inoltre, successivamente, molte regioni hanno associato il rispetto dei limiti di questo decreto ad un requisito igienico sanitario, il cui rispetto è obbligatorio in tutte le nuove costruzioni, nelle ristrutturazioni e nei cambi di destinazione d’uso.

Gli edifici sono suddivisi in base alla loro destinazione nelle seguenti categorie:

- *categoria A*: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
- *categoria B*: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;
- *categoria C*: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
- *categoria D*: edifici adibiti ad ospedali, cliniche. case di cura e assimilabili;
- *categoria E*: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
- *categoria F*: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
- *categoria G*: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

Rientrano nel campo di applicazione della norma tutti gli edifici esclusi quelli industriali ed artigianali, che comunque devono rispettare i limiti previsti dal decreto attuativo della legge quadro sulla determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore

Per gli edifici sopra classificati occorre rispettare i seguenti cinque requisiti:

- Indice dell’isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,W}$;
- Indice del potere fonoisolante apparente, R'_w ;

- Indice del livello di calpestio, normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, L'_{nW} ;
- Livello equivalente, ponderato A, immesso dagli impianti a funzionamento continuo, L_{Aeq} ;
- Livello massimo, rilevato con costante di tempo Slow e con ponderazione A, immesso dagli impianti a funzionamento discontinuo, L_{ASmax} .

Viene indicato di valutare il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari, ma non viene data alcuna indicazione se anche il calpestio e il rumore d'impianto vadano valutati tra unità differenti.

Le norme tecniche riportate nel D.P.C.M. 5/12/97 per la misura dei primi tre parametri da valutare (R'_w , $D_{2m,nT,W}$, L'_{nW}) sono in tutti i casi o sbagliate o non aggiornate; inoltre non viene data alcuna norma di riferimento per la misura del rumore degli impianti.

I valori limite per i diversi requisiti, vengono definiti in base alla destinazione d'uso degli immobili e sono riportati nella seguente Tabella 1.

Tabella 1 – Limiti fissati dal DPCM 5/12/97

Categoria	R'_w	$D_{2m,nT,W}$	L'_{nW}	L_{ASmax}	L_{Aeq}
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	25 (35)
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	25 (35)

Nell'ultima colonna, relativa ai limiti per gli impianti a funzionamento discontinuo, i valori tra parentesi sono quelli pubblicati nella tabella riportata nel DPCM, questi tuttavia risultavano in contrasto con quanto scritto nel testo dello stesso decreto:

“La rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non deve superare i seguenti limiti:

a) 35 dB(A) L_{Amax} con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;

b) 25 dB(A) L_{Aeq} per i servizi a funzionamento continuo”

Il Ministero dell'Ambiente in una circolare del 9 marzo 1999 chiarisce che i limiti da rispettare sono quelli definiti nel paragrafo riportato, tuttavia vi sono ancora pareri discordanti a riguardo.

Da Tabella 1 si può osservare che per gli ospedali si fissa un limite di potere fonoisolante apparente più elevato che per le altre tipologie di immobili. Tuttavia non è chiaro se tale requisito vada rispettato tra camere di degenza o solo nel caso di contiguità con ambienti con differente autonomia reddituale.

Il limite per l'isolamento di facciata risulta, immotivatamente più alto per gli uffici che non per le residenze; inoltre i valori di 45 dB per gli ospedali e soprattutto di 48 dB per le scuole risultano eccessivamente elevati e difficilmente raggiungibili.

Il limite per il livello di calpestio risulta più protettivo per gli uffici, attività commerciali e ricreative e molto meno per abitazioni e alberghi (il livello di calpestio risulta tanto migliore quanto più è basso).

Infine i livelli degli impianti risultano eccessivamente cautelativi e difficilmente raggiungibili in opera, e non prevedono la correzione per il tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente, con la conseguenza che la misura eseguita risulta diversa se effettuata ad ambiente spoglio o arredato.

2.2 Situazione attuale

Come già detto nell'introduzione a questo capitolo, il D.P.C.M. 5/12/97 è stato per anni ignorato, tanto dalle pubbliche amministrazioni, quanto dai costruttori. Congiuntamente a tale fatto la crescita edilizia esponenziale che si è vista negli anni scorsi, ha portato alla costruzione di un gran numero di immobili con prestazioni acustiche decisamente scadenti. A ciò ha contribuito anche la tendenza a ridurre sempre più le dimensioni delle unità immobiliari, senza rispettare le regole di corretta distribuzione dei vani che solitamente evitano gli accostamenti critici come quelli tra camere da letto e zone giorno di differenti appartamenti.

Questa situazione ha portato ad un numero crescente di cause tra gli acquirenti ed i costruttori: nel caso di mancato rispetto di limite e nell'impossibilità di effettuare correzioni a posteriori (come ad esempio avviene spesso per il livello di calpestio) i contenzioni si sono spesso conclusi con una svalutazione dell'immobile.

A seguito a questa situazione critica, è nata una pressione crescente affinché venga revisionato il DPCM 5/12/97.

La situazione si è ulteriormente complicata quando, a Luglio 2009, all'interno di una legge di recepimento delle direttive europee in tema di inquinamento ambientale ed acustico, è stato inserito il seguente comma:

"In attesa del riordino della materia, la disciplina relativa ai requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti di cui all'articolo 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, non trova applicazione nei rapporti tra privati e, in particolare, nei rapporti tra costruttori-venditori e acquirenti di alloggi sorti successivamente alla data di entrata in vigore della presente legge".

Questa frase, inserita per sospendere in via provvisoria i contenzioni, non va ad abrogare il D.P.C.M. 5/12/97, come molti hanno affermato, ed i valori limite di legge vanno ancora rispettati. Essendo "bloccate" le cause tra acquirenti e costruttore, dovrebbe essere ora l'amministrazione pubblica a richiedere la verifica del rispetto dei requisiti acustici passivi, al momento del rilascio dell'agibilità, dato che tali limiti rientrano tra i requisiti di carattere igienico-sanitario definiti nei regolamenti edilizi.

La legge del luglio 2009, stabiliva inoltre che entro sei mesi vi fosse un riordino del decreto sui requisiti acustici passivi. Tale termine è stato dapprima prorogato ed infine disatteso.

A maggio 2010 è stata approvata la legge comunitaria 2009, e all'interno del documento di approvazione è riportata la seguente disposizione, sostitutiva del comma 5 dell'art. 11 della precedente Legge comunitaria:

«5. In attesa dell'emanazione dei decreti legislativi di cui al comma 1, l'articolo 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, si interpreta nel senso che la disciplina relativa ai requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti non trova applicazione nei rapporti tra privati e, in particolare, nei rapporti tra costruttori-venditori e acquirenti di alloggi, fermi restando gli effetti derivanti da pronunce giudiziali passate in giudicato e la corretta esecuzione dei lavori a regola d'arte asseverata da un tecnico abilitato» (così l'art. 15 del testo approvato in via definitiva dal Senato in data 12 maggio 2010).

Le precisazioni di questa nuova legge, hanno contribuito a creare ulteriore confusione in materia, soprattutto in riferimento alla non meglio specificata "asseverazione da parte di un tecnico abilitato della corretta esecuzione dei lavori". Molti hanno anche messo in dubbio la costituzionalità di questa "sospensione".

Inoltre non si è raggiunto l'obiettivo di far cessare i contenzioni: nei casi di mancato rispetto dei limiti ci si appella ora alla mancanza di uno dei requisiti per l'agibilità dell'immobile.

2.3 Norma UNI 11367

In questo contesto si colloca la norma UNI 11367 sulla classificazione acustica delle unità immobiliari, uscita a luglio 2010, dopo un processo di elaborazione durato più di due anni e che ha coinvolto nel gruppo di lavoro UNI che l'ha redatta rappresentanti di tutte le parti coinvolte nel processo edilizio: costruttori, produttori di materiali, professionisti e università. Lo scopo è stato quello di fornire al legislatore un valido strumento da cui partire nella redazione del nuovo documento legislativo sui requisiti acustici degli immobili.

Dato che si doveva redigere un documento tecnico che, finché non recepito a livello legislativo, resta a carattere volontario, non sono stati stabiliti dei limiti, lasciando al legislatore tale compito. Sono state invece definite delle classi per i diversi requisiti, con in aggiunta una classe che caratterizza globalmente l'unità immobiliare. Le classi vanno dalla I (corrispondente a requisiti più elevati) alla IV. La classe III presenta dei valori inferiori dei requisiti che risultano all'incirca coincidenti con i limiti del D.P.C.M. 5/12/97 per le unità residenziali, fatto che la indica, implicitamente, come possibile classe di riferimento.

La scelta di definire, per i requisiti acustici, delle classi, invece che dei singoli valori di riferimento, è stata fatta per diverse ragioni:

- per similitudine con la classificazione energetica degli edifici, che, essendo obbligatoria negli atti di compravendita, è ormai largamente conosciuta e compresa dagli acquirenti;
- sul modello di altri paesi europei che hanno già da tempo stabilito l'utilizzo di una classificazione acustica (per citare degli esempi Francia, Germania e Olanda);
- per riuscire ad informare, compiutamente, con un mezzo facilmente comprensibile, i futuri acquirenti di un immobile;
- per dare a progettisti e costruttori uno strumento che fosse più flessibile rispetto ad un limite secco sul requisito;
- per incentivare il miglioramento la costruzione di edifici sempre più performanti.

Per garantire una continuità, i parametri considerati sono gli stessi previsti dal D.P.C.M. 5/12/97, con la sola eccezione dell'introduzione di termini correttivi nel livello di rumore d'impianto.

Tra le novità:

- l'introduzione della misura dell'isolamento ai rumori aerei e del calpestio tra le camere d'albergo;
- l'indipendenza dei valori limite delle classi dalla destinazione d'uso, fatto che facilita ad esempio il cambio di utilizzo di un immobile;
- l'adozione dell'incertezza di misura, con la quale vanno corretti tutti i valori dei requisiti misurati.

Una descrizione, commentata della norma è riportata in Appendice C.

Tra le critiche fatte alla nuova norma vi è l'eccessiva onerosità, in termini di numero di misure, dato che una delle assunzioni che sta alla base del documento è che la classificazione si basa su verifiche in opera dei requisiti acustici. Tuttavia l'utilizzo dei collaudi è essenziale per la corretta definizione delle caratteristiche acustiche di un'unità immobiliare, vista la notevole incertezza associata ai calcoli previsionali, le variazioni che immancabilmente vengono fatte, in corso d'opera, ai progetti e la grande influenza della posa in opera sui risultati.

Inoltre è anche stata lamentata la complessità del documento. Anche se è vero che la norma risulta molto più articolata rispetto al DPCM 5/12 /97, va riconosciuto lo sforzo di colmare le numerose lacune ed errori

dell'attuale decreto di legge, fatto che ha portato ad introdurre un gran numero di specificazioni su come e dove eseguire le misure.

Si spera che questo nuovo strumento normativo, accompagnato dal futuro decreto legislativo, possa portare, ad un maggior interesse verso l'acustica edilizia, e soprattutto ad un miglioramento delle prestazioni attuali degli immobili.

3) DESCRIZIONE DELLE MISURE SULLE PALAZZINE AGECE

3.1 Il progetto AGECE di riqualificazione urbana e le sperimentazioni eseguite

La sperimentazione presentata è stata svolta nell'ambito di una convenzione di ricerca tra il Dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università degli Studi di Padova e AGECE, Azienda Gestione Edifici Comunali della città di Verona, relativa all'intervento di riqualificazione del quartiere Borgo Nuovo della città di Verona.

Si tratta di un quartiere di periferia, in cui sono situati numerosi edifici di edilizia popolare, gestiti da AGECE.

L'intervento edilizio, si è proposto il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- adeguamento, laddove possibile, degli stabili nel loro complesso e delle singole abitazioni alle più recenti normative tipologiche ed impiantistiche e ad uno standard abitativo qualitativamente confrontabile con quello medio cittadino;
- integrazione del complesso residenziale con il contesto urbanistico e sociale;
- riqualificazione architettonica, ecologica ed ambientale non solo delle costruzioni, ma anche degli

spazi esterni di uso pubblico o semipubblico.

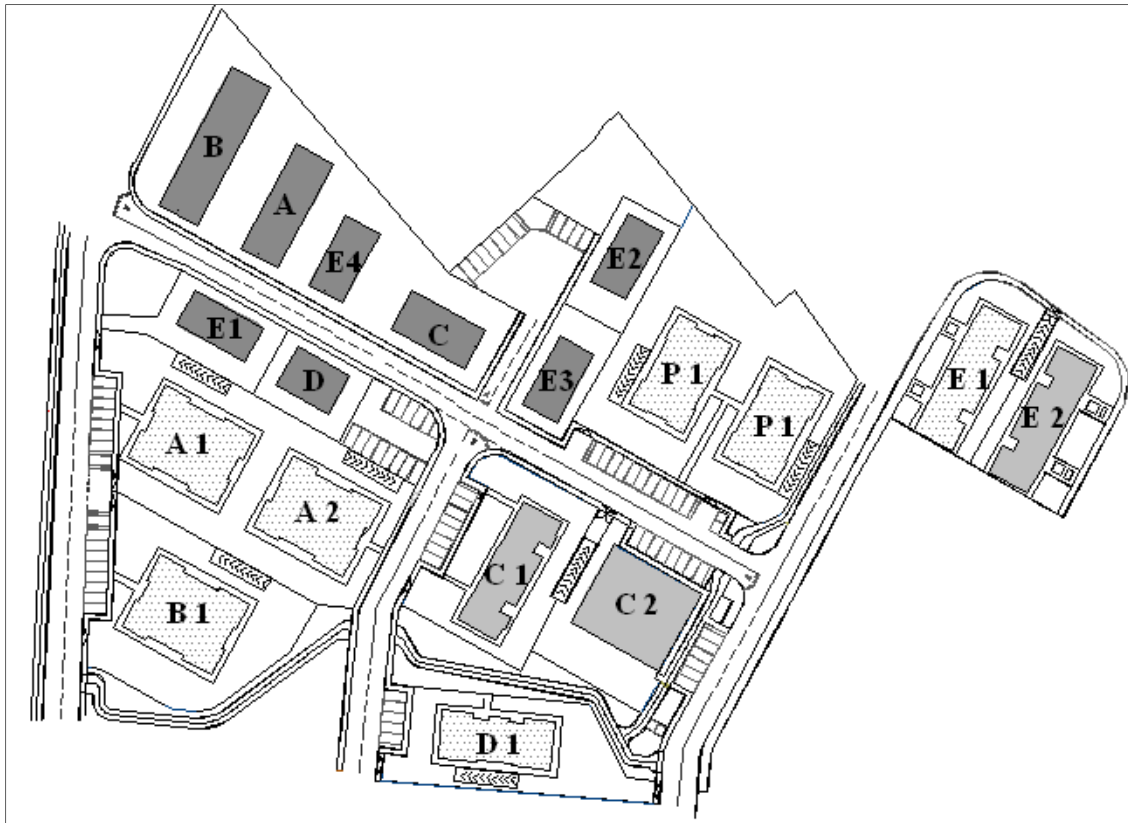
La collaborazione con il Dipartimento di Fisica tecnica riguarda la ristrutturazione di 8 palazzine residenziali (per un totale di 72 appartamenti) e la costruzione tre nuovi edifici da realizzare con edilizia sovvenzionata (40 appartamenti e 4 negozi). L'intervento edilizio sul quartiere riguarda un più ampio numero di edifici.

3.1.1 Stato di avanzamento del progetto

Le palazzine sono state nominate come indicato in Figura 1 e, dove si vede una planimetria della parte del quartiere Borgo Nuovo di Verona coinvolta nel progetto di riqualificazione urbana. In grigio scuro sono indicati gli edifici da ristrutturare e in grigio più chiaro e con campitura a punti gli edifici di nuova costruzione. Le lettere indicate indicano la tipologia di edificio (per identificare univocamente i quattro edifici di tipo E, identici tra loro, è stato aggiunto un numero). Figura 2 mostra gli edifici che sono oggetto di ristrutturazione, con indicazione anche del numero civico corrispondente.

Lo stato di avanzamento del progetto è il seguente:

- Attualmente i lavori di adeguamento delle palazzine E1 e D sono stati ultimati ed è stato eseguito il collaudo acustico di tutti gli elementi tecnici verificabili per la classificazione acustica delle unità immobiliari. Gli appartamenti sono stati da poco consegnati agli inquilini. In questi due stabili erano stati eseguiti anche alcuni collaudi acustici prima della ristrutturazione, in modo da poter valutare il miglioramento delle prestazioni ottenuto.
- La ristrutturazione degli edifici E2 e C è ultimata e sono in corso i collaudi acustici.
- Delle palazzine B ed A sono appena stati eseguiti i collaudi nella situazione ante-opera e sono iniziati i lavori di ristrutturazione.
- Gli edifici E3 ed E4 non sono ancora interessati dai lavori e sono ancora abitati.
- Gli edifici C1 ed E2 (edifici di nuova costruzione) sono quasi finiti e a breve inizieranno i collaudi acustici.






INTERVENTI EDILIZI			
	Edilizia sovvenzionata (edifici nuovi)		Ristrutturazione del Comune di Verona
	Altri edifici coinvolti nell'intervento edilizio		

Figura 1 – Planimetria della parte del quartiere Borgo Nuovo di Verona, coinvolta nel progetto di riqualificazione urbana

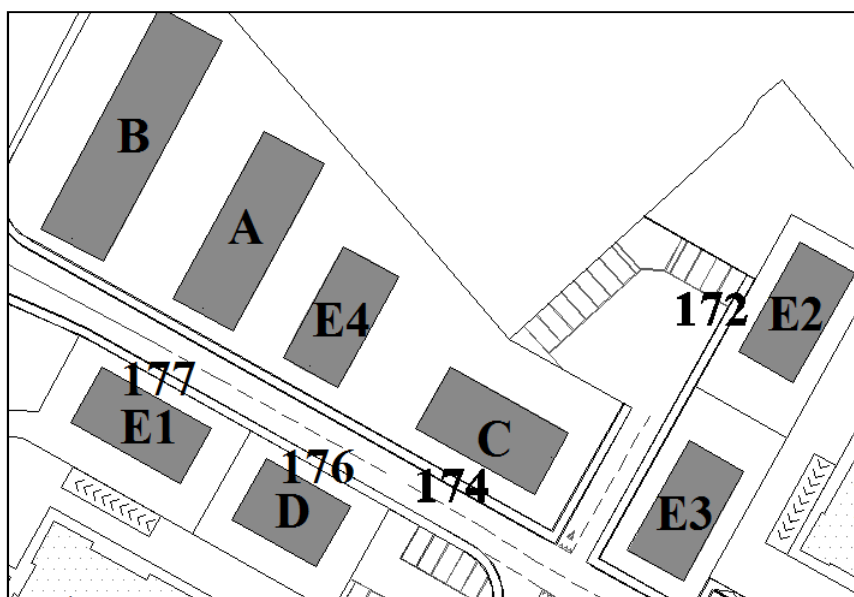


Figura 2 – Edifici da ristrutturare e edifici già ristrutturati, con indicazione del numero civico corrispondente

3.1.2 Descrizione delle palazzine interessate dai collaudi e dei metodi di ristrutturazione attuati

Oggetto della ristrutturazione sono due diverse tipologie di edifici, costruiti con le seguenti tecnologie costruttive:

- a) edifici costruiti dopo gli anni '60, con tipologia a "tunnel", cioè una struttura in calcestruzzo armato, realizzata in loco (edifici A, B, C, D);
- b) edifici costruiti a partire dagli anni '50, con in muratura portante realizzata nel basamento con pietra locale e per la restante parte in laterizio, e con i solai in laterocemento (edifici di tipo E).

Per la scelta dei materiali e della tecnologia costruttiva da utilizzare nella ristrutturazione, è stata eseguita preliminarmente una verifica previsionale dei requisiti acustici passivi, con i metodi previsti dalle norme della serie UNI EN 12354 (12), in modo da garantire il soddisfacimento dei limiti di legge stabiliti dal DPCM 5/12/97 (1).

Per gli edifici da ristrutturare è stato previsto un cantiere prevalentemente "a secco", vale a dire con il minor utilizzo possibile di calcestruzzi e malte. Si è fatto infatti un largo utilizzo di manufatti prefabbricati e prefiniti: quali ad esempio pannelli di gesso rivestito accoppiati a lastre di isolante acustico. Questo tipo di intervento ha consentito di ultimare i lavori in un tempo minore.

All'interno dei singoli alloggi è stato previsto l'utilizzo di un impianto di riscaldamento a soffitto radiante: la soluzione prescelta consente l'installazione dell'impianto radiante senza la demolizione di pavimenti e massetti e senza alterazione della quota del pavimento con conseguenti problemi di allineamento delle scale.

L'isolamento termico degli edifici è stato realizzato utilizzando un rivestimento "a cappotto" sulla superficie esterna delle pareti. Tutti i serramenti, interni ed esterni sono stati sostituiti.

3.2 Misure sulla palazzina E1 (civico 177)

La prima palazzina su cui sono stati eseguiti i collaudi acustici è la palazzina E1 (civico 177), realizzata con muratura in laterizio e solai in laterocemento, composta da tre piani, con due appartamenti per piano, per un totale di sei unità immobiliari.

Non considerando le misure eseguite con i metodi di misura alternativi, ma solo quelle eseguite secondo le norme della serie UNI EN ISO 140, applicate per punti fissi, sono state eseguite le seguenti prove:

- 36 misure di potere fonoisolante apparente verticale;
- 12 misure di potere fonoisolante apparente orizzontale;
- 3 misure di potere fonoisolante dalle scale agli ambienti contigui;
- 21 misure di livello di rumore di calpestio in verticale;
- 2 misure di livello di rumore di calpestio in orizzontale;
- 5 misure di livello di rumore di calpestio dalle scale agli ambienti contigui;
- 34 misure di isolamento di facciata (conteggiando le misure su ciascun affaccio);
- 4 misure di livello di rumore immesso dagli impianti discontinui.

In totale sono state effettuate 117 misure.

In Figura 3 e Figura 4 sono riportate le immagini dell'esterno e di alcuni ambienti prima e dopo la ristrutturazione.

Immagini dell'esterno della palazzina E1 prima della ristrutturazione



Immagini dell'esterno della palazzina E1 dopo la ristrutturazione



Figura 3- Immagini dell'esterno della palazzina E1 prima e dopo la ristrutturazione

Immagini dell'interno della palazzina E1 prima della ristrutturazione



Immagini dell'interno della palazzina E1 dopo la ristrutturazione



Figura 4 - Immagini di alcune stanze prima e dopo la ristrutturazione

A seguire sono riportate le piante dei tre piani della palazzina: gli ambienti sono stati denominati, come indicato nelle piante riportate in Figura 5, con una lettera, da A a G, che individua il tipo di stanza, e con un numero, da 1 a 3, che identifica il piano in cui si trova l'ambiente.

Prima dell'esecuzione delle misure, sul pavimento degli ambienti della palazzina sono stati segnati i punti di misura, scelti in modo da soddisfare le distanze minime imposte dalle norme della serie UNI EN ISO 140 (distanze minime tra le diverse posizioni microfoniche, tra posizioni di microfono e di sorgente, e tra questi e le superfici degli ambienti).

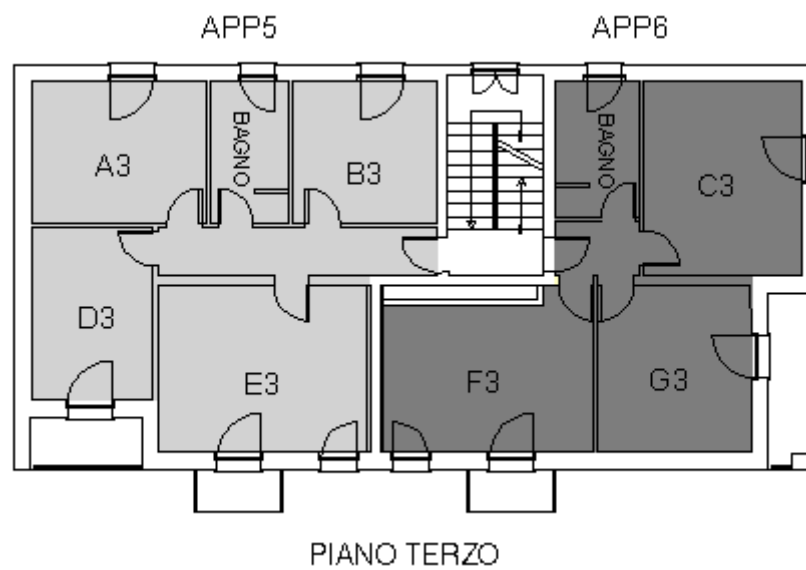
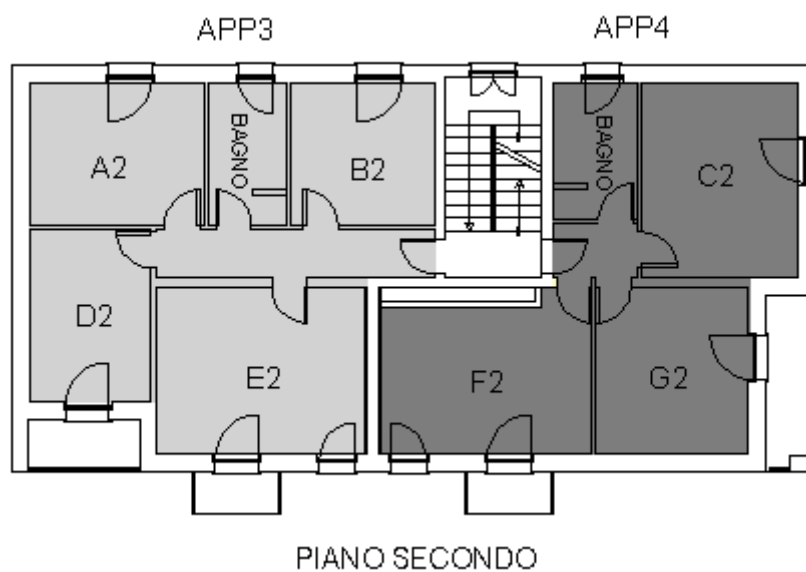
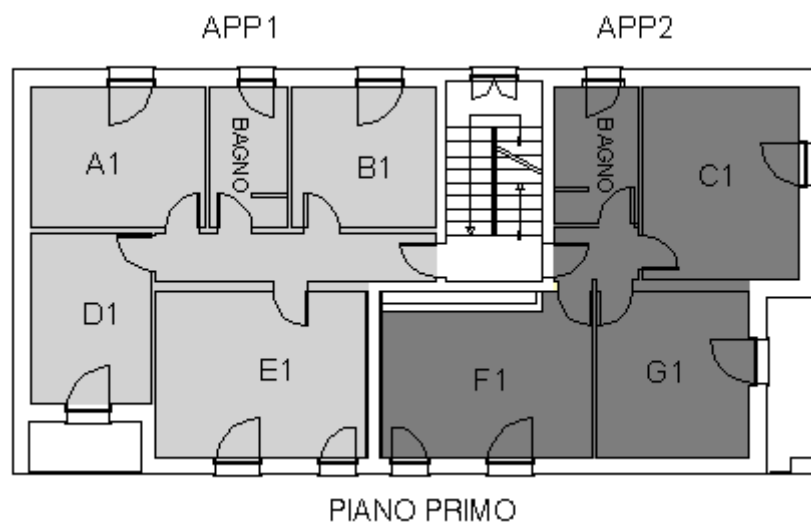


Figura 5 . Piante dei tre piani dell'edificio con denominazione degli ambienti

3.2.1 Potere fonoisolante apparente (palazzina E1)

Il potere fonoisolante apparente è stato valutato in conformità con le disposizioni della norma UNI EN ISO 140-4. Per quanto riguarda il verso di misura, la norma UNI EN ISO 140-14 (13) prescrive di valutare l'isolamento dai rumori aerei dal basso all'alto, nel caso di ambienti sovrapposti e dall'ambiente di volume maggiore (ambiente trasmittente) verso quello di dimensioni minori, nel caso di misure tra stanze affiancate. Data la presenza di controsoffitto nella parte inferiore dei solai, le misure di potere fonoisolante apparente sono state effettuate in entrambe le direzioni possibili di misura (sia dal basso all'alto che viceversa), ciò per valutare la possibile influenza del controsoffitto nella direzione di misura. Dalle prove non è emersa nessuna differenza sistematica riconducibile al verso di prova.

Nella seguente Tabella 2 sono riportati i valori misurati per il potere fonoisolante apparente dei solai tra differenti unità immobiliari; i valori sono associati ad una sigla che individua quali sono gli ambienti trasmittenti e riceventi: ad esempio la sigla A2-A3 indica che la misura è stata eseguita utilizzando come trasmittente l'ambiente A2 e come ricevente l'ambiente A3. I valori in frequenza delle misure sono riportati in appendice A (Tabella 97, Tabella 98, Figura 118, Figura 119).

Tabella 2 – Risultati espressi come indice di valutazione delle misure di potere fonoisolante dei solai (ambienti A, B, C, D, G)

	R'_w [dB]		R'_w [dB]		R'_w [dB]
A1-A2	57	C1-C2	54	G1-G2	57
A2-A1	57	C2-C1	54	G2-G1	56
A2-A3	57	C2-C3	55	G2-G3	57
A3-A2	56	C3-C2	55	G3-G2	57
B1-B2	54	D1-D2	55		
B2-B1	54	D2-D1	54		
B2-B3	55	D2-D3	56		
B3-B2	54	D3-D2	56		

Nel caso del potere fonoisolante dei solai tra ambienti E sovrapposti e tra ambienti F sovrapposti vi è un ponte acustico attraverso il foro presente in ciascun ambiente per il collegamento della cappa delle cucine. Dato che nel normale utilizzo, i fori non saranno aperti ma collegati alle cappe, il potere fonoisolante è stato valutato anche tappando i fori con del poliestere, nonostante il requisito minimo di isolamento, richiesto dal DPCM 5/12/97, risulti soddisfatto anche in presenza della trasmissione indiretta attraverso il camino. I risultati di tali misure sono illustrati in Tabella 3 come indice unico di valutazione: le differenze riscontrate tra le misure i fori aperti e chiusi vanno da zero a tre decibel.



Figura 6 – Immagini delle misure in uno degli ambienti F, con foro della cappa aperto e chiuso

I risultati in frequenza sono invece riportati in Tabella 99 e Tabella 100; dai grafici di Figura 120 si vedono le perdite in frequenza causate dai fori.

Tabella 3– Risultati espressi come indice di valutazione delle misure di potere fonoisolante dei solai (ambienti E ed F, con fori della cappa aperti e chiusi)

		E 1-E2	E2-E3	E2-E3	E3-E2	F1-F2	F2-F1	F2-F3	F3-F2
R_w [dB]	fori chiusi	57	57	56	57	58	59	56	56
R_w [dB]	fori aperti	55	55	56	56	56	56	55	55
	differenza	2	2	0	1	2	3	1	1

Per la palazzina E1, le uniche partizioni verticali di separazione tra differenti unità immobiliari sono le tre pareti tra gli ambienti E ed F. Anche in queste misure è presente il ponte acustico determinato dai fori delle cappe e le misure sono state eseguite con i fori sia aperti che chiusi. I risultati del potere fonoisolante apparente, espressi come numero unico, sono mostrati in Tabella 4, mentre infrequenza sono riportati in Tabella 100 e in Figura 121. In alcuni di questi casi la perdita di prestazione, causata dalla trasmissione attraverso il camino, risulta più marcata e va da uno fino a sei decibel.

Tabella 4 - Risultati espressi come indice di valutazione per il potere fonoisolante apparente delle partizioni verticali tra gli ambienti E ed F (misure eseguite con i fori per le cappe sia aperti che chiusi)

		E 1-F1	F1-E1	E2-F2	F2-E2	E3-F3	F3-E3
R_w [dB]	fori chiusi	57	58	61	60	59	57
R_w [dB]	fori aperti	56	56	57	54	53	55
	differenza	1	2	4	6	6	2

In tutti i casi il potere fonoisolante apparente risulta superiore al limite di 50 dB fissato dal DPCM 5/12/97 per gli edifici ad uso residenziale.

3.2.2 Livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico (palazzina E1)

Il livello di pressione sonora di calpestio è stato misurato in conformità alla norma UNI EN ISO 140-7. In aggiunta alle usuali verifiche eseguite dall'ambiente superiore verso quello inferiore, sono state eseguite delle misure dal basso verso l'alto e in orizzontale, per caratterizzare gli ambienti all'ultimo piano, secondo quanto previsto dalla norma UNI 11367 sulla classificazione acustica, che verrà trattata nel capitolo 5.

Tabella 5 - Risultati espressi come indice di valutazione per il livello di rumore di calpestio, valutato tra ambienti sovrapposti

	L'_{nw} [dB]		L'_{nw} [dB]		L'_{nw} [dB]
A 2-A1	57	D 2-D1	57	G 2-G1	57
A 3-A2	58	D 3-D2	57	G 3-G2	57
A 2-A3	50	D 2-D3	51	G 2-G3	51
B 2-B1	58	E 2-E1	58		
B 3-B2	58	E 3-E2	57		
B 2-B3	49	E 2-E3	50		
C 2-C1	58	F 2-F1	56		
C 3-C2	57	F 3-F2	56		
C 2-C3	50	F 2-F3	49		

Nella precedente Tabella 5 sono riportati i risultati delle misure di calpestio, espressi come numero unico: in grigio sono evidenziate le misure eseguite dal basso verso l'alto.

I livelli di calpestio, in frequenza sono riportati in appendice A (Tabella 103, Tabella 104, Figura 123, Figura 124).

Il livello di rumore da calpestio ha dato, in tutti i casi, valori minori rispetto a 63 dB, rispettando quindi il limite di legge.

3.2.3 Isolamento di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero (palazzina E1)

In accordo con il metodo di misura descritto nella norma UNI EN ISO 140-5, nel caso di ambienti con più affacci verso l'esterno, sono stati utilizzate più posizioni della sorgente sonora esterna e il valore globale dell'isolamento acustico di facciata dell'ambiente è stato determinato facendo una media energetica dei due valori di isolamento rilevati.

Per l'ambienti 3A e 3B, a causa dell'impossibilità di posizionare la sorgente sonora direzionale esterna a distanza sufficiente dalla facciata, non è stato possibile valutare l'isolamento acustico di facciata.

Per gli ambienti 3C e 2G è stata misurata solo la facciata finestrata, mentre non è stato possibile posizionare la cassa esterna a distanza sufficiente dalla parete opaca, che quindi non è stata valutata.

Infine, per l'ambiente 1E l'impossibilità di effettuazione della misura è stato dovuto alla presenza all'esterno dei contatori con effetto schermante rispetto a qualsiasi posizione della cassa esterna.

Per l'ambiente C1 le misure sono state eseguite anche con le tapparelle abbassate: in tale condizione l'indice unico di valutazione non cambia ma in frequenza si ha una perdita di isolamento alle basse frequenze ed un incremento alle alte frequenze (vedi Figura 126).

Tabella 6 - Risultati espressi come indice di valutazione per l'isolamento acustico di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti con due affacci verso l'esterno

	$D_{2m,nT,W}$ [dB]		
	parete opaca	parete finestrata	globale
A1	49	41	44
A2	48	42	44
A3	-	-	-
C1	46	42	44
C2	42	41	41
C3	-	39	-
D1	47	37	39
D2	48	38	41
D3	46	39	41
G1	48	39	42
G2	-	41	-
G3	44	39	41

Tabella 7- Risultati espressi come indice di valutazione per l'isolamento acustico di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti con un solo affaccio verso l'esterno

	$D_{2m,nT,W}$ [dB]
1B	41
2B	41
3B	-
1E	-

Gli ambienti di tipo E ed F (soggiorni-cucina) sono caratterizzati dalla presenza di un foro di aerazione. Al fine di valutare le prestazioni dei soli serramenti si è cercato di limitare il ponte acustico dato dal foro di aerazione: questo è stato riempito con del poliestere fonoassorbente ma non essendo possibile applicare uno strato massivo, come ad esempio una o più lastre di cartongesso, la correzione del ponte acustico è stata solo parziale.

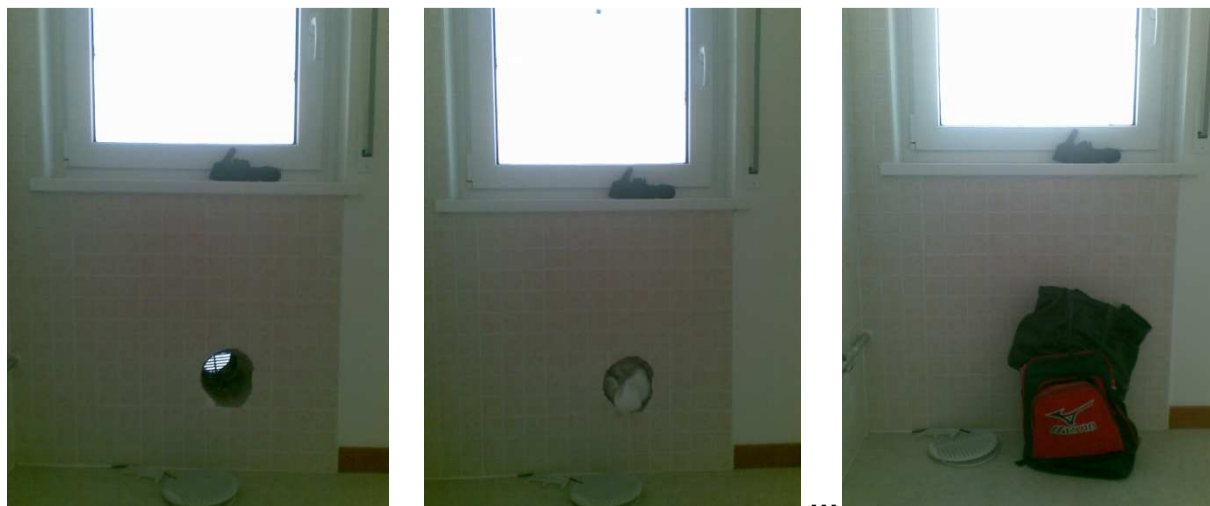


Figura 7 – Immagine del foro di ventilazione presente nell’ambiente E, le prove sono state eseguite sia con il foro aperto che con il foro tappato con del poliestere

Tabella 8 - Valori misurati per l’indice unico dell’isolamento acustico di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti con un solo affaccio verso l’esterno e con presenza di un foro di aerazione.

	$D_{2m,nT,W}$ [dB]		$D_{2m,nT,W}$ [dB]
2E foro chiuso	38	2E foro aperto	32
3E foro chiuso	37	3E foro aperto	31
1F foro chiuso	41	1F foro aperto	39
2F foro chiuso	39	2F foro aperto	31
3F foro chiuso	38	3F foro aperto	31

I valori in frequenza dell’isolamento acustico di facciata sono riportati in appendice A.1, sia sotto forma di tabelle che di grafici, da pag.202 a 211.

I risultati della valutazione dell’isolamento di facciata hanno portato a risultati in quasi tutti i casi rispondenti al limite di legge. Nei casi in cui il valore dell’isolamento di facciata è risultato minore rispetto ai 40 dB, ciò è imputabile a ponti acustici (foro di aerazione dove presente, cassonetti) o alla necessità di una miglior regolazione della tenuta dei serramenti. Le prestazioni di isolamento acustico dei serramenti risultano soddisfacenti.

3.2.4 Misure aggiuntive di potere fonoisolante apparente e calpestio dalle scale agli ambienti contigui (palazzina E1)

Sono state eseguite delle misure aggiuntive per valutare l'isolamento dal rumore aereo e il livello di calpestio dalle scale agli ambienti B ad esse contigui e non direttamente collegati alle scale stesse mediante porte.

Per effettuare le misure sono state seguite le indicazioni riportate nella norma UNI EN ISO 140-14 (13).

In Tabella 9 sono riportati i risultati ottenuti per l'indice del potere fonoisolante apparente misurato dalle scale agli ambienti B. Va sottolineato che tale misura è risultata fortemente influenzata dalla trasmissione laterale attraverso le porte (porta di ingresso dell'appartamento e porta dell'ambiente B), per cui i valori risultanti sottostimano la reale prestazione di isolamento delle pareti che danno verso le scale.

In Tabella 86 vi sono i livelli di calpestio, normalizzati, registrati negli ambienti B, posizionando il generatore di calpestio sulle rampe delle scale.



Figura 8 – Alcune immagini delle misure eseguite dalle scale agli ambienti B

Tabella 9 - Risultati espressi come indice di valutazione per il potere fonoisolante apparente misurato dalle scale (ambiente trasmittente) alle stanze B (ambienti riceventi)

	R'_w [dB]	
1B	47	(misura influenzata dalla trasmissione attraverso le porte)
2B	47	(misura influenzata dalla trasmissione attraverso le porte)
3B	48	(misura influenzata dalla trasmissione attraverso le porte)

Tabella 10 - Risultati espressi come indice di valutazione per il livello di rumore di calpestio valutato dalle rampe delle scale agli ambienti B contigui

Ambiente ricevente	Ambiente trasmittente	L'_{nw} [dB]
1B	scale, rampa affiancata all'ambiente	59
1B	scale, rampa superiore rispetto all'ambiente	63
2B	scale, rampa affiancata all'ambiente	60
2B	scale, rampa superiore rispetto all'ambiente	62
3B	scale, rampa affiancata all'ambiente	60

I risultati in frequenza sono riportati, espressi sia come tabelle che come grafici, in Appendice A.1 (Tabella 102 e Figura 122).

3.2.5 Misure degli impianti a funzionamento discontinuo (palazzina E1)

In questo paragrafo verranno trattate le misure degli impianti discontinui, valutati secondo la norma UNI EN ISO 10052 (3). Tale norma prescrive l'utilizzo di una rilevazione del livello sonoro massimo (come globale ponderato A) per ciascuno dei tre punti di misura (uno in angolo e due in campo diffuso).

Le misure di rumore d'impianto verranno trattate con maggior dettaglio nel capitolo 5, relativo alla classificazione acustica, valutate secondo il metodo dell'appendice D della norma UNI EN ISO 111367.

Misure nell'ambiente C1

Si riporta un esempio dei calcoli eseguiti per la determinazione dei livelli L_{ASmax} e $L_{ASmax,nT}$, misurati nell'ambiente C1 e dovuti all'azionamento dello scarico del wc nel bagno al piano superiore.

Avendo a disposizione più misure rispetto al minimo indicato dalla norma UNI EN ISO 10052, è stato scelto di utilizzarle tutte, mediando tra loro i valori con criterio energetico.

Tabella 11 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, dovuti allo scarico del WC del bagno superiore, misurati nell'ambiente C1

L_{ASmax} [dB(A)]	Pos.1 (angolo)	Pos.2 (campo diff.)	Pos.3 (campo diff.)	media energetica sulle tre posizioni	media energetica delle tre misure
1	41,5	40,9	41,2	41,2	
2	39,6	38,6	39,9	39,4	39,4
3	36,4	36,7	35,2	36,2	

Tabella 12 – Calcolo dell'indice di riverberazione

f [Hz]	T_{rev} [s]	T_{rev} per bande d'ottava a 500, 1000 e 2000 Hz	T_{rev} medio	k
100	3,05			
125	2,84			
160	2,70			
200	2,35			
250	2,05			
315	2,04			
400	2,01			
500	1,88	1,93		
630	1,89			
800	1,88			
1000	1,86	1,84	1,84	5,65
1250	1,79			
1600	1,79			
2000	1,74	1,74		
2500	1,69			
3150	1,64			

Tabella 13 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, normalizzati rispetto al tempo di riverbero

$L_{ASmax,nT}$ [dB(A)]	non mediando le misure	media energetica delle tre misure
1	35,6	
2	33,8	33,7
3	30,5	

Va osservato che, in questo caso, la massima differenza tra le medie delle tre misure successive eseguite è di ben 5 dB; l'esecuzione di una sola rilievo in ciascun punto di misura risulterebbe inadeguato.

Inoltre risulta rilevante effettuare o meno la correzione data dall'indice di riverberazione, che in questo caso risulta superiore a 5 dB.

Misure nell'ambiente C2

In Tabella 14 e Tabella 15 sono riportati i risultati delle misure d'impianto discontinuo eseguite nell'ambiente C2.

Tabella 14 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, dovuti allo scarico del WC del bagno superiore, misurati nell'ambiente C2 e valore dell'indice di riverberazione

L_{ASmax} [dB(A)]	Pos.1 (angolo)	Pos.2 (campo diff.)	Pos.3 (campo diff.)	media energetica sulle tre posizioni	media energetica delle tre misure	k
1	32,5	32,9	33,3	32,9		
2	33,1	33,3	32,9	33,1	33,2	3,7
3	34,8	34	31,7	33,7		

Tabella 15 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, normalizzati rispetto al tempo di riverbero

$L_{ASmax,nT}$ [dB(A)]	non mediando le misure	media energetica delle tre misure
1	29,2	
2	29,4	29,5
3	30,0	

Misure nell'ambiente B1

In Tabella 16 e Tabella 17 sono riportati i risultati delle misure d'impianto discontinuo eseguite nell'ambiente B1.

Tabella 16 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, dovuti allo scarico del WC del bagno superiore, misurati nell'ambiente B1 e valore dell'indice di riverberazione

L_{ASmax} [dB(A)]	Pos.1 (angolo)	Pos.2 (campo diff.)	Pos.3 (campo diff.)	media energetica sulle tre posizioni	media energetica delle due misure	k
1	38,1	37,1	37,5	37,59	37,7	4,60
2	38,2	37,5	37,8	37,84		

Tabella 17 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, normalizzati rispetto al tempo di riverbero

$L_{ASmax,nT}$ [dB(A)]	non mediando le misure	media energetica delle due misure
1	33,0	33,1
2	33,2	

Misure nell'ambiente B2

In Tabella 90 e Tabella 92 sono riportati i risultati delle misure d'impianto discontinuo eseguite nell'ambiente B2.

Tabella 18 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, dovuti allo scarico del WC del bagno superiore, misurati nell'ambiente B2 e valore dell'indice di riverberazione

L_{ASmax} [dB(A)]	Pos.1 (angolo)	Pos.2 (campo diff.)	Pos.3 (campo diff.)	media energetica sulle tre posizioni	media energetica delle tre misure	k
1	32,5	32,2	31,9	32,2	32,4	4,99
2	32,8	32,3	32,5	32,5		

Tabella 19 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, normalizzati rispetto al tempo di riverbero

$L_{ASmax,nT}$ [dB(A)]	non mediando le misure	media energetica delle tre misure
1	27,22	27,4
2	27,55	

Riepilogo misure d'impianto

Nella sottostante tabella si riassumono i risultati delle misure di rumore d'impianto per la palazzina E1. Per gli ambienti all'ultimo piano tale parametro non va valutato.

	1C	2C	3C	1B	2B	3B
L_{ASmax} [dB(A)]	39,4	33,2	-	37,7	32,4	-
$L_{ASmax,nT}$ [dB(A)]	33,7	29,5	-	33,1	27,4	-

Senza effettuare la correzione per il tempo di riverbero dell'ambiente ricevente, solo due risultati su quattro sono inferiori al limite di legge di 35 dB(A). Tuttavia, se tale correzione viene effettuata il limite viene rispettato in tutti i casi. Si sottolinea che si ritiene la seconda condizione maggiormente rappresentativa del livello che effettivamente si verificherà nelle normali condizioni di utilizzo dell'immobile, cioè ad ambienti arredati. Si considera quindi l'isolamento ottenuto rispetto al rumore immesso dagli impianti di tipo discontinuo soddisfacente.

3.3 Misure sulla palazzina D (civico 176)

La seconda palazzina collaudata, alla fine dei lavori di ristrutturazione, è stata la palazzina D (civico 176). Si tratta di un edificio risalente agli anni '70, costruito in cemento armato (tipologia "a tunnel"), composto da sei appartamenti, distribuiti su tre piani. Al piano terra sono presenti le cantine e due garage.

Oltre alle misure strettamente necessarie alla verifica dei requisiti acustici passivi imposti dal DPCM 05/12/97, sui solai dei soggiorni sono state eseguite anche numerose misure sperimentali per valutare l'incertezza nella determinazione del potere fonoisolante apparente su un gruppo omogeneo di elementi tecnici. Tali misure verranno esposte nel Capitolo 6.

A seguito si riportano i risultati ottenuti con i metodi descritti dalle norme della serie UNI EN ISO 140 (parte 4 per la valutazione del potere fonoisolante apparente, parte 5 per l'isolamento di facciata, e parte 7 per il livello di rumore da calpestio) con misure eseguite utilizzando punti fissi di misura.

Per la valutazione del livello di rumore immesso dagli impianti a funzionamento discontinuo, è stata utilizzata la norma UNI EN ISO 10052.

Sono state eseguite le seguenti misure:

- 16 misure di potere fonoisolante apparente;
- 12 misure di livello di calpestio;
- 12 misure di isolamento di facciata (conteggiando le misure su ciascun affaccio);
- 3 misure del rumore immesso dagli impianti discontinui.

Trascurando le ripetizioni necessarie per determinare ripetibilità e riproducibilità del metodo di misura, sono state effettuate in totale 43 prove.

Immagini dell'esterno della palazzina D prima della ristrutturazione



Immagini dell'esterno della palazzina D dopo la Ristrutturazione



Figura 9 - Immagini dell'esterno della palazzina D prima e dopo la ristrutturazione

Immagini dell'interno della palazzina D prima della ristrutturazione



Immagini dell'interno della palazzina D dopo la ristrutturazione



Figura 10 - Immagini di alcune stanze prima e dopo la ristrutturazione

PIANO TIPO

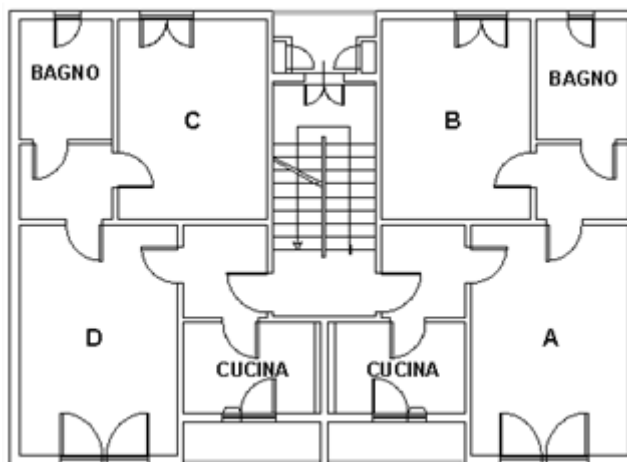


Figura 11 - Pianta del piano tipo della palazzina

Gli ambienti delle cucine risultano troppo piccoli per rispettare le distanze minime imposte dalle norme UNI EN ISO 140 parti 4, 5, 7 e quindi sono stati considerati non collaudabili.

3.3.1 Potere fonoisolante apparente (palazzina D)

Nella tabella seguente sono riportati i valori misurati per il potere fonoisolante apparente dei solai tra differenti unità immobiliari. Le misure sono state eseguite bidirezionalmente. Le misure dei solai dei soggiorni qui riportate corrispondono alla prima ripetizione delle cinque misure eseguite per l'analisi statistica dell'incertezza all'interno di un gruppo omogeneo.

Tabella 20 - Risultati espressi come indice di valutazione per il potere fonoisolante apparente delle partizioni orizzontali

	R'_w [dB]		R'_w [dB]		R'_w [dB]		R'_w [dB]
A1-A2	51	B1-B2	52	C1-C2	53	D1-D2	51
A2-A1	51	B2-B1	53	C2-C1	53	D2-D1	53
A2-A3	52	B2-B3	51	C2-C3	54	D2-D3	53
A3-A2	51	B3-B2	53	C3-C2	54	D3-D2	52

In tutti i casi il potere fonoisolante apparente delle partizioni orizzontali risulta superiore ai 50 dB, rispettando quindi il limite di legge.

I valori di R' in frequenza sono riportati in Appendice A.2 (Tabella 110, Tabella 111).

3.3.2 Livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico (palazzina D)

Il livello di pressione sonora di calpestio è stato misurato in conformità alla norma UNI EN ISO 140-7.

Come nel primo edificio considerato, per gli ambienti al primo e secondo piano il calpestio è stato valutato dall'ambiente superiore; per gli ambienti all'ultimo piano, è stato invece misurato dal basso verso l'alto.

In Tabella 21 sono riportati i risultati delle misure di calpestio, espresse come numero unico: in grigio sono evidenziate le misure eseguite dal basso verso l'alto.

Tabella 21 - Risultati espressi come indice di valutazione per il livello di rumore di calpestio, valutato tra ambienti sovrapposti

	L'_n [dB]		L'_n [dB]		L'_n [dB]		L'_n [dB]
A2-A1	62	B2-B1	62	C2-C1	62	D2-D1	62
A3-A2	62	B3-B2	62	C3-C2	61	D3-D2	62
A2-A3	54	B2-B3	54	C2-C3	53	D2-D3	51

I valori e le curve dei livelli di calpestio, in frequenza sono riportati in appendice A.2 (Tabella 112, Figura 131).

Il livello di rumore da calpestio ha dato, in tutti i casi, valori minori rispetto a 63 dB, rispettando quindi il limite di legge.

3.3.3 Isolamento di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero (palazzina D)

In accordo con il metodo di misura descritto nella norma UNI EN ISO 140-5, nel caso di ambienti con più affacci verso l'esterno (ambienti A e D), sono stati utilizzate più posizioni della sorgente sonora esterna e il valore globale dell'isolamento acustico di facciata dell'ambiente è stato determinato facendo una media energetica dei due valori di isolamento rilevati.

Gli ambienti B e C hanno un solo affaccio verso l'esterno.

Per l'ambienti B2, B3, C2, C3 a causa dell'impossibilità di posizionare la sorgente sonora direzionale esterna a distanza sufficiente dalla facciata, non è stato possibile valutare l'isolamento acustico di facciata.

Per gli ambienti A2 e A3 è stata misurata solo la facciata finestrata, mentre non è stato possibile posizionare la cassa esterna a distanza sufficiente dalla parete opaca, che quindi non è stata valutata.

Nel caso della palazzina D, non sono state misurate facciate contenenti fori di aerazione in quanto questi sono collocati nelle cucine, troppo piccole per essere misurate in conformità con la norma UNI EN ISO 140-5. Inoltre, in questi ambienti, è probabile che il ponte acustico costituito dai fori di aerazione sia limitato dato che i poggiatesta delle cucine hanno un parapetto opaco.

Tabella 22 - Risultati espressi come indice unico di valutazione per l'isolamento acustico di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero

	$D_{2m,nT,W}$ [dB]			$D_{2m,nT,W}$ [dB]	
	finestra	muro	media en	(ambienti con un solo affaccio)	
A1	40	43	41	B1	37
A2	41	NV	NV	B2	NV
A3	39	NV	NV	B3	NV
D1	37	44	40	C1	40
D2	40	47	42	C2	NV
D3	44	39	41	C3	NV

I valori e le curve dell'isolamento di facciata, in frequenza, sono riportati in appendice A.2 (Tabella 113, Tabella 114, Tabella 115, Figura 132, Figura 133).

I risultati della valutazione dell'isolamento di facciata hanno portato a risultati in quasi tutti i casi rispondenti al limite di legge. Nei casi in cui il valore dell'isolamento di facciata è risultato minore rispetto ai 40 dB, ciò è imputabile alla presenza di ponti acustici in corrispondenza dei cassonetti degli avvolgibili o ad una cattiva regolazione dei serramenti.

Va osservato che, in questa palazzina, sui cassonetti degli avvolgibili sono presenti degli ingressi d'aria igroregolabili, visibili nella sottostante figura.



Figura 12 – Immagine di una delle finestre della palazzina D. È presente un ingresso d'aria e sul cassonetto dell'avvolgibile

3.3.4 Misure degli impianti a funzionamento discontinuo (palazzina E1)

Vengono riportati i risultati delle misure di rumore d'impianto, misurate in conformità con la norma UNI EN ISO 10052. Per le misure eseguite secondo il metodo proposto in Appendice D alla norma sulla classificazione acustica, si rimanda al capitolo 5.

Misure nell'ambiente C1

In Tabella 86 e Tabella 87 sono riportati i risultati delle misure d'impianto discontinuo eseguite nell'ambiente C1.

Tabella 23 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, dovuti allo scarico del WC del bagno superiore, misurati nell'ambiente C1 e valore dell'indice di riverberazione

L_{ASmax} [dB(A)]	Pos.1 (angolo)	Pos.2 (campo diff.)	Pos.3 (campo diff.)	media energetica sulle tre posizioni	media energetica delle tre misure	k
1	31,19	30,13	29,24	30,3		
2	34,87	29,18	30,31	32,2	31,0	5,1
3	30,1	29,65	30,75	30,2		

Tabella 24 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, normalizzati rispetto al tempo di riverbero

$L_{ASmax,nT}$ [dB(A)]	non mediando le misure	media energetica delle tre misure
1	25,2	
2	27,1	25,9
3	25,1	

Misure nell'ambiente C2

Nell'ambiente C2 non è stato possibile effettuare le misure del rumore dello scarico del wc, in quanto nell'appartamento superiore non era ancora collegato l'impianto idrico. Nella figura sottostante si vede l'assenza del contatore dell'acqua dell'appartamento 6.



Figura 13 – Immagine dei contatori dell'acqua della palazzina D2 al momento dei collaudi: era assente uno dei contatori.

Misure nell'ambiente B1

In Tabella 25 e Tabella 26 sono riportati i risultati delle misure d'impianto discontinuo eseguite nell'ambiente B1. In questo caso, avendo rilevato due misure in angolo e solo una misura in ciascuna delle due posizioni in campo diffuso, prima sono stati mediati energeticamente tra loro i due valori misurati in angolo e quindi il risultato di tale operazione è stato mediato con le due misure in campo diffuso.

Mediando differentemente le quattro misure o utilizzando ad esempio solo una misura d'angolo le differenze sul risultato sarebbero state, in questo caso, limitate a qualche decimo di decibel.

Tabella 25 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, dovuti allo scarico del WC del bagno superiore, misurati nell'ambiente B1 e valore dell'indice di riverberazione

L_{ASmax} [dB(A)]	Ripetizione 1	Ripetizione 2	Media energetica sulle ripetizioni	Media energetica sulle posizioni
Pos.1 (angolo)	31,6	28,1	30,2	
Pos.2 (campo diff.)	28,4	-	28,4	28,8
Pos.3 (campo diff.)	27,4	-	27,4	

Tabella 26 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, normalizzati rispetto al tempo di riverbero

k	$L_{ASmax,nT}$ [dB(A)]
5,36	23,45

Misure nell'ambiente B2

In Tabella 27, Tabella 28 sono riportati i risultati delle misure d'impianto discontinuo eseguite nell'ambiente B2. I calcoli eseguiti sono analoghi a quelli descritti nel caso precedente.

Tabella 27 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, dovuti allo scarico del WC del bagno superiore, misurati nell'ambiente B2 e valore dell'indice di riverberazione

L_{ASmax} [dB(A)]	Ripetizione 1	Ripetizione 2	Media energetica sulle ripetizioni	Media energetica sulle posizioni
Pos.1 (angolo)	29,6	30,3	29,9	
Pos.2 (campo diff.)	29,0		29,0	29,4
Pos.3 (campo diff.)	29,1		29,1	

Tabella 28 – Livelli massimi di pressione sonora ponderato A, normalizzati rispetto al tempo di riverbero

k	$L_{ASmax,nT}$ [dB(A)]
5,02	24,36

Nel caso della palazzina D, il livello immesso dagli impianti rispetta il limite di 35 dB(A), imposto dal DPCM 5/12/97, anche senza la correzione per il tempo di riverbero.

3.4 Misure sulla palazzina E2 (civico 172)

La palazzina E2 è identica alla palazzina E1, sia come distribuzione e dimensione degli ambienti che come sistemi costruttivi. L'edificio risale agli anni '50/'60, è costruito in laterizio, ed è stato ristrutturato con le stesse tecnologie viste per le due palazzine precedenti.

Per le piante dei tre piani della palazzina si può far riferimento a Figura 5.

L'unica differenza riscontrata, rispetto all'edificio E1, è l'installazione delle bocchette d'aria igroregolabili sui cassonetti degli avvolgibili (presenti anche nell'edificio D) e di un sistema di ventilazione meccanica controllata, che comporta un ulteriore punto debole nella facciata dei soggiorni-cucina (come si vede nella sottostante immagine).



Figura 14 – Immagine di un ingresso d'aria igroregolabile su un cassonetto dell'avvolgibile (a sinistra) e vista esterna della facciata dei soggiorni-cucina in cui si vedono sia il foro di aerazione che quello per la ventilazione meccanica

Su questo edificio non sono ancora stati ultimati tutti i collaudi acustici. Al momento sono state fatte tutte le misure di potere fonoisolante apparente (dei solai e delle pareti) e tutte le prove di calpestio. Mancano ancora i collaudi delle facciate e del rumore d'impianto.

In questo caso le misure di isolamento dai rumori aerei sono state eseguite in un solo verso, scegliendo quello preferibilmente indicato dalla norma UNI EN ISO 140-14 (13); nei soggiorni-cucina, è stata considerata solo la condizione con il foro di collegamento della cappa chiuso (in questo caso erano presenti dei tappi in metallo sui fori).

Fino ad ora sono state eseguite 40 misure:

- 17 misure di potere fonoisolante apparente;
- 23 misure di livello di calpestio.

3.4.1 Potere fonoisolante apparente (palazzina E2)

Nella seguente Tabella 29 si riportano i risultati, espressi come numero unico, delle misure di potere fonoisolante apparente sui solai e in Tabella 30 quelli delle misure sulle pareti di separazione tra differenti unità immobiliari.

Le misure in frequenza, rappresentate sia in tabella che graficamente, si trovano in Appendice A.3 (Tabella 116, Tabella 117, Figura 134)

Tabella 29 – Risultati espressi come indice di valutazione delle misure di potere fonoisolante dei solai (ambienti A, B, C, D, G)

	R_w [dB]		R_w [dB]		R_w [dB]		R_w [dB]
A1-A2	55	C1-C2	54	E1-E2	56	G1-G2	55
A2-A3	57	C2-C3	55	E2-E3	53	G2-G3	56
B1-B2	57	D1-D2	54	F1-F2	56		
B2-B3	55	D2-D3	56	F2-F3	56		

Tabella 30– Risultati espressi come indice di valutazione delle misure di potere fonoisolante sulle pareti di separazione tra differenti unità immobiliari

	F1-E1	F2-E2	E3-F3
R_w [dB]	53	54	55

3.4.2 Livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico (palazzina E2)

Nella seguente tabella sono mostrati gli indici del livello normalizzato di calpestio, misurati per i solai della palazzina E2:

- quelle in bianco sono le misure eseguite in direzione verticale dall'alto al basso;
- in grigio chiaro sono segnate le misure tra ambienti sovrapposti, effettuate dal basso all'alto;
- sono indicate in grigio scuro le misure tra ambienti affiancati.

I risultati in frequenza si trovano in Appendice (Tabella 118, Tabella 119, Figura 135, Figura 136).

Tabella 31 Risultati espressi come indice di valutazione delle misure di calpestio eseguite sulla palazzina E2

	L'_{nw} [dB]		L'_{nw} [dB]		L'_{nw} [dB]		L'_{nw} [dB]
A2-A1	56	C2-C1	56	E2-E1	58	G2-G1	56
A3-A2	55	C3-C2	54	E3-E2	59	G3-G2	56
A2-A3	49	C2-C3	49	E2-E3	51	G2-G3	50
B2-B1	55	D2-D1	55	F2-F1	55		
B3-B2	54	D3-D2	54	F3-F2	55	E1-F1	52
B2-B3	47	D2-D3	48	F2-F3	51	F3-E3	52

3.5 Confronto tra misure sugli edifici E1 ed E2

Le due palazzine E1 ed E2 sono uguali, ristrutturate in successione (con uno sfasamento temporale di circa un anno), con le stesse tecnologie costruttive e dalla stessa impresa.

Hanno caratteristiche leggermente diverse le facciate: sono diversi i serramenti, sui cassonetti degli avvolgibili sono presenti degli ingressi d'aria e nella facciata dei soggiorni-cucina è presente un ulteriore foro per la ventilazione meccanica controllata.

I solai sono uguali tranne per la marca di materassino anticalpestio e di linoleum utilizzati, ma comunque ci si aspetta di ottenere risultati molto simili tra i due immobili.

Le pareti delle due palazzine, sono state invece ristrutturate con diversa tecnologia: nell'edificio E1 la parete monostrato esistente è stata placcata con cartongesso su ambo i lati; nella palazzina E2, è stata invece utilizzata una parete doppia.

Confronto delle misure di potere fonoisolante apparente

Nell'edificio E1 è stato eseguito un numero maggiore di collaudi, dato che il potere fonoisolante è stato misurato bidirezionalmente: per il confronto dei risultati ottenuti, sono state quindi considerate solo le prove eseguite nella stessa direzione di misura utilizzata nella seconda palazzina (in cui le misure sono state eseguite in un solo verso). Inoltre, per gli ambienti E ed F, in cui sono presenti i fori per il collegamento delle cappe, sono state prese in esame, per il confronto, solo le misure con i fori chiusi.

In Figura 15 sono stati paragonati tra loro i risultati ottenuti, nei due immobili, per le verifiche di isolamento dal rumore aereo: da tale grafico si può osservare che, nel complesso, la palazzina E2 ha ottenuto prestazioni leggermente inferiori.

Considerando le misure eseguite in direzione verticale, tra ambienti sovrapposti, le differenze riscontrate sono limitate, con scostamenti che al massimo arrivano a 3 decibel.

I confronti eseguiti sono 14:

- in un solo caso (nella misura sul solaio tra gli ambienti B1 e B2) nella seconda palazzina si è ottenuto un valore maggiore (di 3dB) rispetto alla prima palazzina;
- in sei casi (corrispondenti circa al 43%) si ha differenza nulla;
- in tre casi il risultato della palazzina E1 è maggiore di 1 dB;
- in tre casi il risultato della palazzina E1 è maggiore di 2 dB;
- in un caso, lo scostamento è di 3 dB (misura E2-E3).

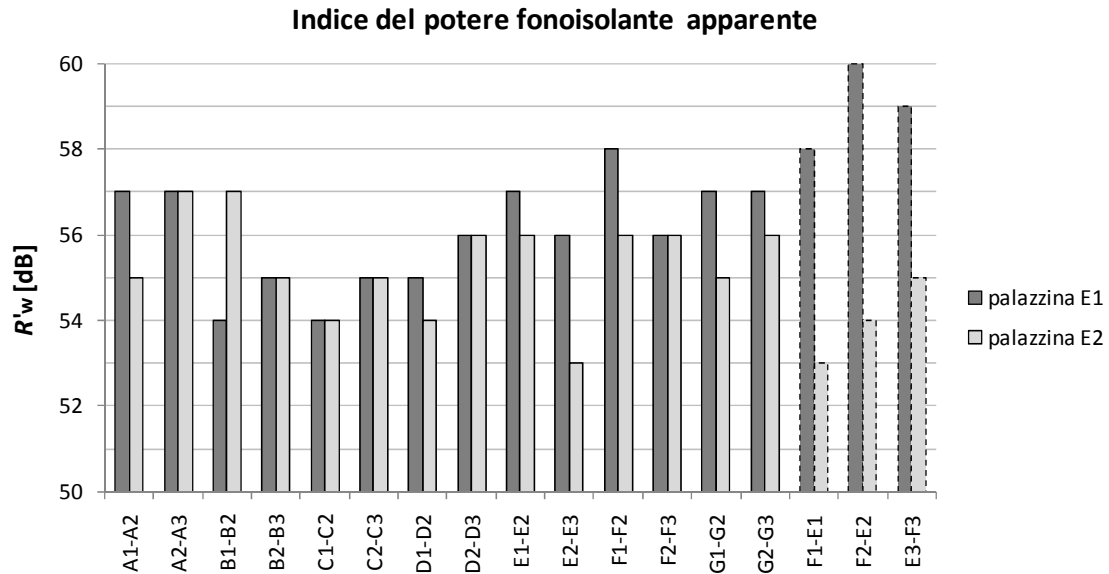


Figura 15 – Confronto tra i risultati dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente delle palazzine E1 e E2 (le barre con il contorno tratteggiato indicano le misure effettuate in direzione orizzontale)

Se invece si considerano le tre misure di potere fonoisolante eseguite in direzione orizzontale (indicate in Figura 15 con le barre tratteggiate) gli scostamenti trovati tra le due palazzine sono rilevanti e compresi tra 4 e 6 dB, conseguenti alla variazione di struttura.

Confronto delle misure di calpestio

Analogamente, in Figura 16, è stato fatto il confronto tra i risultati delle misure dell'indice del livello di calpestio, normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, ottenuti nei due edifici E1 ed E2.

Ricordando che, nel caso del calpestio, valori più bassi indicano una miglior prestazione, si vede che per tale parametro, misurato tra ambienti sovrapposti, la palazzina E2 ha invece ottenuto risultati nettamente migliori, con differenze medie maggiori rispetto a quanto riscontrato per il potere fonoisolante apparente.

Per il calpestio misurato in direzione verticale, i confronti eseguiti sono 21:

- si hanno risultati migliori per la palazzina E1 solo in tre casi (con due scostamenti di 2 dB e uno di 1 dB, che si verificano nelle misure E3-E2, E2-E3, F2-F3)
- solo in un caso le misure coincidono (caso E2-E1);
- in 8 casi (pari a circa il 38%) la prestazione della palazzina E2 è migliore di 1 dB rispetto a quella dell'edificio E1;
- in 3 casi il miglioramento delle misure, nella palazzina E2, è di 2 dB;
- in 5 casi (circa 24%) il miglioramento è di 3 dB;
- in un caso è di 4 dB (misura B3-B2).

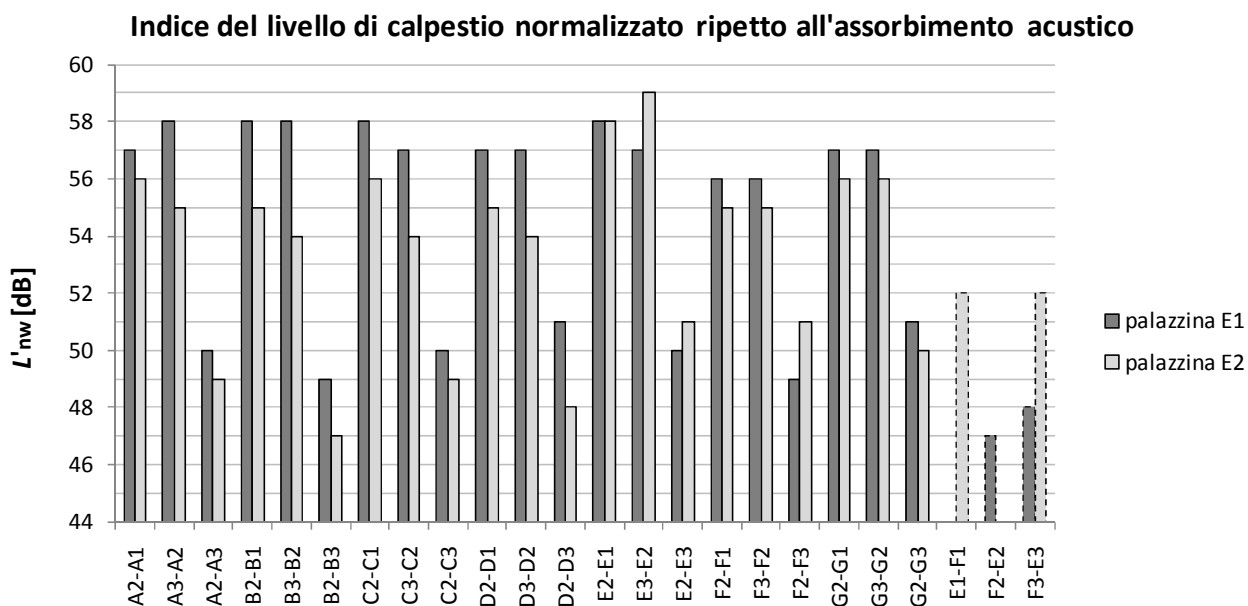


Figura 16– Confronto tra i risultati dell'indice di valutazione del livello di calpestio delle palazzine E1 e E2 (le barre con il contorno tratteggiato indicano le misure effettuate in direzione orizzontale)

Per il calpestio misurato in direzione orizzontale, si trovano risultati nettamente peggiori per la seconda palazzina, analogamente con quanto riscontrato per il potere fonoisolante apparente misurato in direzione orizzontale, confermando le peggiori prestazioni delle pareti doppie.

3.6 Confronto tra misure prima e dopo la ristrutturazione per gli edifici in laterizio

Sull'edificio E1 erano stati eseguiti dei collaudi anche prima della ristrutturazione, al fine di monitorare le prestazioni di partenza delle strutture e valutare in modo più accurato gli interventi da attuare.

Nella situazione ante-opera sono state eseguite 4 misure di potere fonoisolante apparente (3 in verticale ed una in orizzontale) e tre misure di calpestio.

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle misure eseguite sugli stessi ambienti, della palazzina E1, prima e dopo la ristrutturazione.

Tabella 32 - Confronto tra le misure di potere fonoisolante apparente

E3-E2 R'_w [dB]		F3-F2 R'_w [dB]		C3-C2 R'_w [dB]		E2-F2 R'_w [dB]	
misura in verticale		misura in verticale		misura in verticale		misura in orizzontale	
prima	dopo	prima	dopo	prima	dopo	prima	dopo
49	57	49	56	49	55	51	61

Come si può vedere, prima della ristrutturazione, i risultati del potere fonoisolante apparente verticale erano leggermente inferiori al valore limite di 50 dB, previsto dal DPCM 5/12/97 per gli edifici residenziali; invece, il risultato della misura in orizzontale risultava appena al di sopra dello stesso valore limite.

Il miglioramento ottenuto, grazie all'applicazione del controsoffitto radiante e al rivestimento in cartongesso della parete di separazione è risultato compreso tra 6 e 10 dB.

Tabella 33 - Confronto tra le misure di calpestio

E3-E2 L'_{nW} [dB]		F3-F2 L'_{nW} [dB]		C3-C2 L'_{nW} [dB]	
misura in verticale		misura in verticale		misura in verticale	
prima	dopo	prima	dopo	prima	dopo
78	57	75	56	75	57

Per quanto riguarda il calpestio, i risultati ante opera non rispettavano i limiti previsti dal DPCM 5/12/97, con scostamenti di oltre 10 dB dal valore prescritto. Nella ristrutturazione oltre all'applicazione del controsoffitto, è stato sostituito il pavimento posando un materassino in feltro e la finitura in linoleum. Questa soluzione ha permesso di ottenere risultati di 5-6 dB migliori rispetto al limite di legge, con una diminuzione media dei livelli, rispetto alla condizione iniziale, di circa 20 dB.

I valori in frequenza delle misure eseguite sulla palazzina E1, prima e dopo la ristrutturazione, sono riportate in Appendice A.4, sia come tabelle che come grafici (Tabella 120, Tabella 121, Figura 137, Figura 138).

3.7 Confronto tra misure prima e dopo la ristrutturazione per gli edifici in cemento armato (edifici D e A)

Sull'edificio D, prima della ristrutturazione, sono state eseguite due misure di potere fonoisolante apparente e due misure di calpestio tra ambienti sovrapposti (C3-C2 e D3-D2), misure che possono essere confrontate quelle eseguite, negli stessi ambienti dopo i lavori di adeguamento.

In aggiunta, le prestazioni ottenute per l'edificio D possono essere confrontate anche con quelle, valutate prima dell'inizio dei lavori, che sono tutt'ora in corso, sulla palazzina A (la denominazione degli edifici è indicata nelle planimetrie riportate in Figura 1e Figura 2).

Tale edificio è del tipo "a tunnel", in cemento armato, identico alla palazzina D, ma a doppia scala. Quindi, identificati gli ambienti analoghi tra le due palazzine, è possibile fare degli ulteriori confronti.

Nella palazzina A sono state eseguite le seguenti misure:

- isolamento di facciata su tre ambienti del primo piano, le stanze D', A' e B' (tale parametro non era stato valutato, nella condizione ante-opera, per la palazzina D);
- potere fonoisolante apparente e livello di calpestio tra ambienti C sovrapposti (C3-C2);
- potere fonoisolante apparente della parete di separazione tra gli ambienti D e D' (tale misura non trova alcun confronto nella palazzina D, in cui non sono state eseguite misure di isolamento ai rumori aerei in direzione orizzontale).

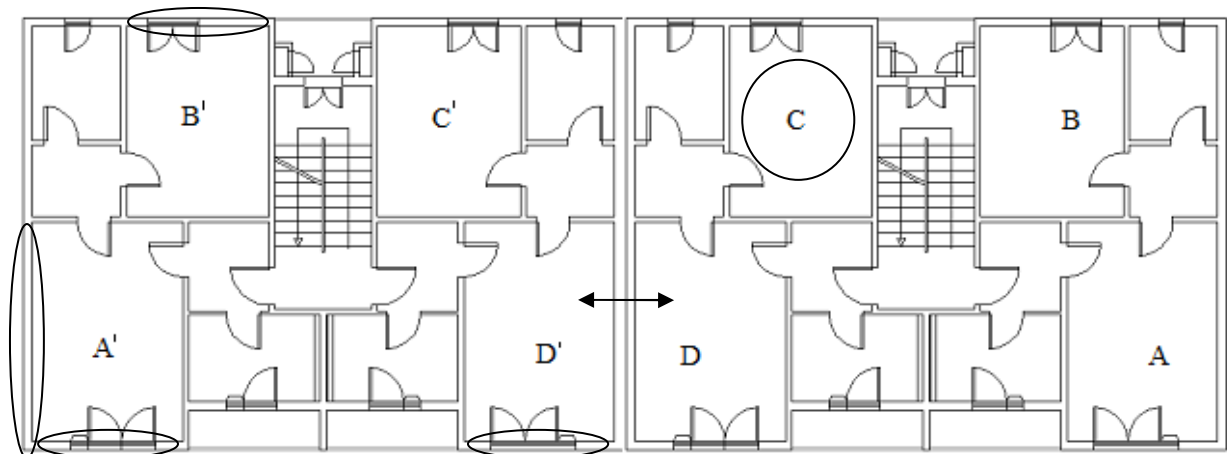


Figura 17 – Pianta della palazzina A, con indicati gli ambienti dove sono stati eseguiti i collaudi prima dell'inizio dei lavori di ristrutturazione. La pianta è identica a quella della palazzina D, ma su doppia scala.



Figura 18 – Alcune immagini delle misure nell'ambiente D' della palazzina A. Dato che al momento dei collaudi erano già state demolite molte porte interne, sono stati utilizzati dei pannelli di tamponamento per delimitare gli ambienti.

Potere fonoisolante apparente

Nella seguente Tabella 34 sono riportate le misure di potere fonoisolante apparente eseguite, sulle quali si possono fare le seguenti considerazioni:

- per l'isolamento tra le stanze D3 e D2, misurato in entrambi i casi nella palazzina D, il risultato non cambia con l'applicazione del controsoffitto radiante;
- nel caso degli ambienti di tipo C sovrapposti, i valori rilevati ante-opera nelle due palazzine, coincidono; dopo i lavori l'incremento della prestazione, misurato nella palazzina D, è di 3 dB;
- è stata riportata anche la misura di potere fonoisolante apparente tra ambienti affiancati, eseguita nella palazzina A, ma non c'è nessuna misura analoga, con cui fare un paragone, nella palazzina D.

Tabella 34 – Risultati, espressi come indice unico di valutazione, del potere fonoisolante apparente, misurato negli stessi ambienti della palazzina D, prima e dopo la ristrutturazione, e in alcuni ambienti della palazzina A, prima della ristrutturazione

	Palazzina D		Palazzina A	Palazzina D		Palazzina A
	prima	dopo		prima	dopo	
	D3-D2	D3-D2	C2-C1	C3-C2	C3-C2	D1'-D1
R'_w [dB]	52	52	51	51	54	51

Da notare che tutte le misure di potere fonoisolante, eseguite prima dei lavori, risultavano già al di sopra del limite di legge. I miglioramenti ottenuti vanno da zero a due decibel.

Livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico

Per il requisito di isolamento dal rumore di calpestio, le misure sono riportate nella seguente Tabella 35.

Prima della ristrutturazione i risultati non rispettavano i limiti previsti dal DPCM 5/12/97, ma con scostamenti minori rispetto al caso dell'edificio E1 nella condizione ante opera. La ristrutturazione è stata eseguita con la stessa tecnologia impiegata per l'altra palazzina, ed i risultati finali sono conformi al limite di legge, con però miglioramenti, rispetto alla condizione prima dei lavori, minori rispetto alla palazzina E1, e compresi tra 9 e 6 dB. Infatti, nel caso della palazzina E1, l'incremento di prestazione conseguito era stato di circa 20 dB, ottenendo dei risultati finali migliori rispetto a quelli finali dell'edificio D.

Tabella 35 - Risultati, espressi come indice unico di valutazione, del livello di calpestio, misurato negli stessi ambienti della palazzina D, prima e dopo la ristrutturazione, e in alcuni ambienti della palazzina A, prima della ristrutturazione

	Palazzina D		Palazzina A	Palazzina D	
	prima	dopo		prima	dopo
	D3-D2	D3-D2	C2-C1	C3-C2	C3-C2
L'_n [dB]	71	62	71	67	61

Isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero

Infine si confrontano le misure di isolamento di facciata, eseguite nella palazzina A, prima dei lavori, con quelle fatte su ambienti analoghi della palazzina D, a lavori ultimati. Dato che, nelle palazzine A e D in cemento armato, gli ambienti A e D e quelli C e B, sono identici, simmetrici rispetto al vano scale, sono stati considerati entrambi, per il confronto con i risultati post-opera.

I valori ottenuti nelle misure considerate, sono riportati in Tabella 36.

Nel terzo caso riportato in tabella, dato che l'ambiente D' della palazzina A ha un solo affaccio, mentre gli ambienti A e D, della palazzina D, hanno due affacci, per queste ultime due stanze è stata considerata solo la misura corrispondente al lato finestrato.

Tabella 36 - Risultati, espressi come indice unico di valutazione, dell'isolamento di facciata, misurato in alcuni ambienti della palazzina A, prima della ristrutturazione e in ambienti simili della palazzina D, dopo la ristrutturazione

Ambienti con un solo affaccio			
Palazzina	A	D	D
	prima	dopo	dopo
Ambiente	B1'	B1	C1
$D_{2m,nT,w}$ [dB]	30	37	40

Media energetica sui due affacci			
Palazzina	A	D	D
	prima	dopo	dopo
Ambiente	A1'	A1	D1
$D_{2m,nT,w}$ [dB]	31	41	40

Considerato solo l'affaccio finestrato			
Palazzina	A	D	D
	prima	dopo	dopo
Ambiente	D1'	A1	D1
$D_{2m,nT,w}$ [dB]	26	40	37

Le misure eseguite prima dei lavori di ripristino, hanno risultati da 9 a 14 dB inferiori al limite di legge.

Le misure eseguite dopo la ristrutturazione sono superiori o prossime al limite di legge di 40 dB (le prestazioni inferiori sono attribuibili ad una cattiva regolazione dei serramenti o a difetti di posa degli stessi).

I valori in frequenza delle misure eseguite sulla palazzina D, prima e dopo la ristrutturazione, e sulla palazzina A, sono riportate in Appendice A.5, sia come tabelle che come grafici (da pag. 229 a 238).

3.8 Confronto dell'efficacia della ristrutturazione per le due tipologie di edifici

Nelle due seguenti tabelle vengono riassunti i risultati medi ottenuti nelle due tipologie di edifici, valutati prima e dopo la ristrutturazione. Le prestazioni che, nel confronto tra le palazzine in cemento armato e quelle in laterizio, risultano migliori, sono state evidenziate in grassetto nelle tabelle sottostanti.

Tabella 37– Valori medi dei parametri per le due tipologie di palazzine in esame, prima della ristrutturazione

PRIMA DEI LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE				
Parametro			Palazzine in cemento armato (D, A)	Palazzina in laterocemento (E1)
R_w	misurato in direzione verticale	[dB]	51,3	49,5
R_w	misurato in direzione orizzontale	[dB]	51,0	-
L'_{nw}	misurato dall'alto verso il basso	[dB]	69,7	76
$D_{2m,nT,w}$		[dB]	29,0	-

Tabella 38 – Valori medi dei parametri per le tre palazzine in esame, dopo la ristrutturazione

DOPO I LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE					
Parametro			D	E1	E2
R_w	misurato in direzione verticale	[dB]	52,3	56,0	55,4
R_w	misurato in direzione orizzontale	[dB]	-	59,0	54,0
L'_{nw}	misurato dall'alto verso il basso	[dB]	61,9	57,5	55,6
L'_{nw}	misurato dal basso verso l'alto	[dB]	53,0	43,8	49,3
L'_{nw}	misurato in direzione orizzontale	[dB]	-	47,5	52,0
$D_{2m,nT,w}$	con i fori di aerazione chiusi (*)	[dB]	40,1	40,7	-
$D_{2m,nT,w}$	con i fori di aerazione aperti (*)	[dB]		39,1	
L_{ASmax}		[dB(A)]	29,7	35,7	-
$L_{ASmax,nT}$		[dB(A)]	24,6	30,9	-

(*) condizione pertinente solo per i soggiorni-cucina della palazzina E1

Delle due tipologie di edifici, quelli in laterocemento partivano da prestazioni molto al di sotto dei limiti di legge, mentre quelli in cemento armato presentavano prestazioni leggermente superiori ma comunque non sempre rispondenti ai valori previsti dal DPCM 5/12/97. Grazie ad un accurata progettazione previsionale dei requisiti acustici passivi, che ha permesso la scelta di tecniche di ristrutturazione idonee, tutti i requisiti hanno raggiunto i limiti di legge (ad esclusione di qualche facciata, probabilmente a causa di una cattiva regolazione dei serramenti o di errori di montaggio degli stessi).

È interessante osservare che le palazzine E, costruite con sia le pareti che i solai in laterizio, pur partendo da valori inferiori, ha raggiunto prestazioni più elevate rispetto alla palazzina D. Le strutture in cemento armato, di massa elevata, partivano da prestazioni migliori, ma, probabilmente a causa della maggior capacità di trasmissione strutturale, hanno beneficiato in misura minore dell'intervento di ristrutturazione.

Le prestazioni di facciata non sono direttamente comparabili tra i due edifici, dato che i serramenti sono differenti e tra l'altro sui cassonetti degli avvolgibili della palazzina D sono montati degli ingressi d'aria igroregolabili, non presenti nella palazzina E1.

Come ulteriore differenza, sulla palazzina E1 i soggiorni-cucina hanno un foro di arerazione in facciata che, se non silenziato, pregiudica fortemente l'isolamento dai rumori esterni. Tale elemento, nella palazzina D, è situato nelle cucine, non collaudabili a causa delle ridotte dimensioni.

Per gli impianti discontinui, le differenti prestazioni medie tra i due immobili (il livello dovuto agli scarichi dei WC è decisamente più elevato per la palazzina E1) sono probabilmente dovute a diversità nell'inserimento degli impianti nelle strutture

I risultati complessivi della riqualificazione dei due immobili risultano molto soddisfacenti e gli interventi attuati hanno permesso di ottenere degli appartamenti correttamente fruibili e funzionali.

4) CONFRONTO TRA METODI DI MISURA

Negli ultimi anni si è riscontrato un interesse crescente verso l'acustica edilizia con un'elevata richiesta di verifiche in opera dei requisiti acustici passivi. Una nuova spinta a tale settore è stata data anche dalla pubblicazione della recente norma UNI 11367 sulla classificazione acustica, e un'eventuale adozione di tale documento a livello legislativo potrebbe incrementare ulteriormente la domanda di collaudi acustici.

Da qui l'esigenza di valutare anche nuovi metodi di misura che da un lato riducano la complessità e l'onerosità delle verifiche in opera, mantenendo però elevata l'attendibilità delle misure.

A tal fine, si è provato ad applicare, il metodo di controllo descritto nella norma UNI EN ISO 10052, in tutte le sue possibili varianti di applicazione.

Inoltre si è cercato di indagare alcuni aspetti norme delle UNI EN ISO 140, legati alla modalità di esecuzione delle misure ed alla collocazione delle postazioni microfoniche, che presentano dei margini di interpretazione e si prestano ad approfondimenti metodologici: in particolare si vuole analizzare la possibilità di applicazione della tecnica della rotazione manuale del microfono in luogo delle postazioni fisse.

La scansione manuale applicata alle norme della serie UNI EN ISO 140, si presta tra l'altro al confronto con la movimentazione manuale del fonometro, specificamente prevista dalla norma UNI EN ISO 10052.

Sono stati utilizzati i 21 ambienti della palazzina E1, per valutare il potere fonoisolante apparente, il livello di calpestio e l'isolamento di facciata, sia con il consueto metodo per punti fissi, che utilizzando i diversi metodi di misura sopra citati.

4.1 Descrizione dei metodi di misura utilizzati

I parametri acustici presi in considerazione per il confronto tra i diversi metodi, sono stati: il potere fonoisolante apparente, l'isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, e il livello di calpestio, normalizzato rispetto all'assorbimento.

Sono state quindi ripetute le stesse misure, utilizzando i diversi metodi, descritti a seguito.

1) Norme UNI EN ISO 140 utilizzate per punti fissi

Sono state utilizzate le norme UNI EN ISO 140, parte 4 per il potere fonoisolante apparente, parte 5 per l'isolamento di facciata e parte 7 per il calpestio, nella loro applicazione "standard", cioè con l'utilizzo di postazioni microfoniche fisse; tali misure sono di seguito indicate con la sigla "**UNI EN ISO 140-S**".

In questo caso il numero minimo di rilievi di livello di pressione sonora è il seguente:

- 20 punti di misura per il potere fonoisolante apparente (livelli in trasmittente e in ricevente), più 5 punti di misura per il rumore di fondo (tot 25);
- 6 posizioni di misura per ogni affaccio considerato, inclusa la misura esterna, per l'isolamento di facciata, più 5 misure per il rumore di fondo (per un affaccio, tot 11);
- 6 misure per il calpestio, più 3 misure di rumore di fondo (tot 9) *(le misure riportate sono state eseguite con uno strumento quadricanale rilevando 4 livelli di pressione sonora per ognuna delle 4 posizioni del generatore di calpestio e 4 livelli per il rumore di fondo, con un totale 20 misure).*

2) Norme UNI EN ISO 140 utilizzate con movimentazione manuale del microfono

Le norme UNI EN ISO 140 per le misure in opera, prevedono la possibilità, in alternativa all'uso di punti fissi, di impiegare una traiettoria microfonica, riducendo notevolmente il numero minimo di rilievi del livello di pressione sonora necessari. Dato che non è specificato come realizzare tale traiettoria, accanto all'uso di aste rotanti, si è diffusa anche la pratica della movimentazione manuale del microfono.

Le aste rotanti, hanno lo svantaggio di avere un costo elevato e sono strumenti molto delicati, il che le rende più adatte all'utilizzo in laboratorio piuttosto che nei collaudi acustici in opera, da qui. La movimentazione manuale del microfono non richiede strumentazione aggiuntiva e consente una maggior rapidità nelle misure; tale tecnica è abbastanza diffusa e studiata nei paesi del nord Europa.

Utilizzando una traiettoria microfónica, il numero minimo di rilevamenti di livello di pressione sonora, da eseguire, è il seguente:

- 4 movimentazioni per il potere fonoisolante apparente, più due per il rumore di fondo (tot 6);
- 4 rilevamenti per il livello di calpestio, più due per il rumore di fondo (tot 6);
- 2 misure per il livello interno, una per quello esterno (con posizione fissa) per ogni affaccio considerato nell'isolamento di facciata, più 2 misure per il rumore di fondo (per un affaccio tot 5 misure).

Le misure effettuate secondo le norme UNI EN ISO 140, utilizzando la movimentazione manuale del microfono, saranno di seguito indicate con la sigla **"UNI EN ISO 140-M"**; in tali misure il microfono è stato movimentato a mano dall'operatore, eseguendo, in 30 secondi, due traiettorie semicircolari (vedere Figura 19) con velocità di movimento il più possibile costante.

3) Norma UNI EN ISO 10052 con misure in banda d'ottava e tempi di riverbero tabulari.

La norma UNI EN ISO 10052 prevede che le misure siano effettuate per bande d'ottava con il fonometro tenuto in mano dall'operatore, e movimentato descrivendo un numero intero di traiettorie "ad otto" in 30 secondi (vedi Figura 19). Nell'applicazione più semplice è possibile utilizzare al posto dei tempi di riverbero misurati, dei coefficienti di correzione parametrizzati in relazione al volume dell'ambiente ricevente e alla tipologia di pareti perimetrali (misure indicate di seguito con la sigla **"UNI EN ISO 10052 T rev tab"**).

Con questo metodo, si riducono ulteriormente le misure di livello di pressione sonora, minime necessarie, che diventano:

- due rilevamenti fonometrici per il potere fonoisolante apparente (uno in trasmittente e uno in ricevente), più una misura per il rumore di fondo (tot 3);
- tre per il calpestio (nel caso di solai eterogenei il numero minimo di posizioni della macchina da calpestio è tre), più una misura di rumore di fondo (tot 4);
- una sola misura interna, più la misura esterna con microfono fisso, per ciascun affaccio nell'isolamento di facciata, e una misura di rumore di fondo (per un affaccio tot 3).

4) Norma UNI EN ISO 10052 con misure in banda d'ottava e tempi di riverbero misurati

In questo caso la norma UNI EN ISO 10052, è stata utilizzata con calcoli eseguiti ancora per bande d'ottava, ma con l'utilizzo dei tempi di riverbero misurati in ambiente; il valore del tempo di riverbero da utilizzare è quello derivante dalla media dei valori rilevati nelle bande d'ottava di 500, 1000 e 2000 Hz. Le misure così eseguite, sono indicate con la sigla **"UNI EN ISO 10052 T rev mis"**.

Il numero di misure è identico a quello indicato nel punto 3.

5) Norma UNI EN ISO 10052 con misure in banda di 1/3 d'ottava e tempi di riverbero misurati

Infine è stata utilizzata la norma UNI EN ISO 10052, attuando una variante al metodo: le misure, sia dei livelli che del tempo di riverbero, sono state effettuate per bande di 1/3 d'ottava, ed è stata introdotta la correzione del rumore di fondo (in questa norma non prevista). Queste misure sono state indicate con la sigla **"UNI EN ISO 10052 1/3 ottava"**. Il numero di misure da eseguire è ancora quello indicato al punto 3.

In tutti i casi, la misura dei tempi di riverbero è stata effettuata per posizioni fisse, usando quattro posizioni di microfono, due posizioni di sorgente e due ripetizioni di ciascuna misura, per un totale di 16 decadimenti (fa eccezione del punto 3, che utilizza una correzione tabulare del tempo di riverbero).

Nota 1: Per le misure eseguite secondo le tre applicazioni, sopra descritte, della norma UNI EN ISO 10052, i livelli rilevati sono gli stessi, cambia solo il metodo di calcolo dei parametri. In particolare i valori dei livelli sono sempre stati rilevati per bande di 1/3 d'ottava; per ricavare i valori in ottave sono stati composti i tre valori in terzi d'ottave corrispondenti a ciascuna banda d'ottava. Analogamente anche i tempi di riverbero sono sempre stati determinati per bande di 1/3 d'ottava, ed i valori in ottave sono stati ottenuti mediando tra loro i tre valori in terzi d'ottave corrispondenti a ciascuna ottava.

Nota 2: Le misure di isolamento di facciata, nei soggiorni-cucina, sono state ripetute con i diversi metodi solo nel caso con i fori di aerazione chiusi con materiale fonoassorbente.

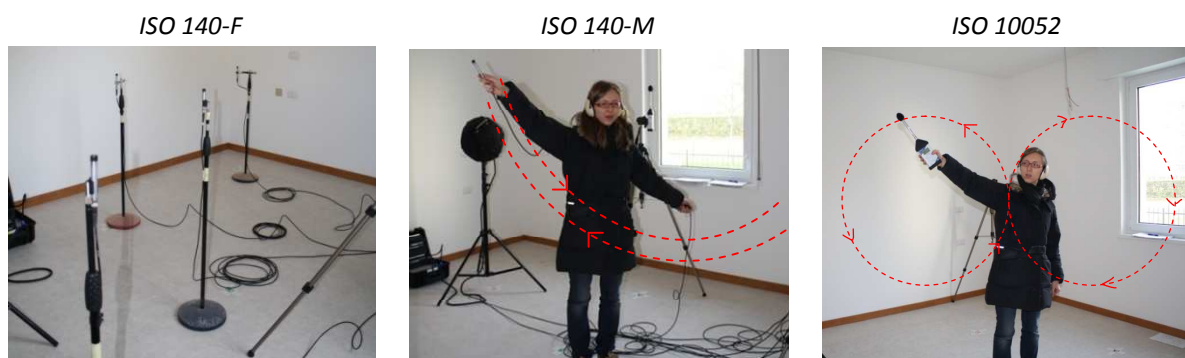


Figura 19 – immagini che descrivono le misure con i diversi metodi

Nella soprastante figura sono illustrati i tre principali metodi di utilizzati, con indicazione di come è stata descritta la traiettoria nei metodi che utilizzano la movimentazione manuale.

Una descrizione dettagliata del numero minimo di misure necessarie nei diversi casi considerati è riportata nelle tabelle da pag .239 a 241 in Allegato B.

In Allegato B sono riportate anche le tabelle con i valori in frequenza di tutte le misure eseguite, con i cinque metodi indicati; i risultati dei tre metodi che prevedono misure in terzi d'ottava, sono stati comparati tra loro costruendo un grafico per ciascuna misura (da pag.246 a pag.305)

4.2 Raggruppamento delle misure

Oltre alle misure singole, è utile valutare i risultati medi ottenuti, per uno stesso parametro, misurato in condizioni analoghe, ossia in ambienti simili tra loro.

Per fare questo sono stati utilizzati dei criteri simili a quelli introdotti dalla norma UNI EN ISO 11367 per l'individuazione dei gruppi omogenei di elementi tecnici (che verranno esposti nel capitolo successivo).

In questo caso, però, la suddivisione delle misure è stata fatta anche in base all'analisi delle misure effettuate, confrontandole sia in termini di indice di valutazione che di spettro in frequenza.

Lo scopo è quello di confrontare lo scostamento dei risultati, all'interno dei sottogruppi individuati: scostamenti maggiori potrebbero indicare una minor affidabilità di uno dei metodi rispetto agli altri.

I confronti in frequenza sono stati fatti per i tre metodi che utilizzano bande di terzi d'ottava.

I gruppi di misure simili individuate, risultano in alcuni casi differenti rispetto a quelli che si otterrebbero applicando i criteri dei gruppi omogenei della norma sulla classificazione acustica. In questo caso, infatti la

suddivisione è stata adattata al particolare edificio in esame, mentre le regole indicate nella norma UNI EN ISO 11367 sono di carattere generale.

Tabella 39 – Criteri di raggruppamento di ambienti simili, in base al parametro analizzato

PARAMETRO	Criteri di raggruppamento degli ambienti
Isolamento di facciata	Volume, superficie di facciata, tipo di serramenti, presenza di fori di aerazione
Livello di calpestio	Volume, superficie del pavimento, tipo di pareti perimetrali (leggere o pesanti), direzione di misura
Potere fonoisolante apparente	Volume, superficie della partizione, tipo di struttura perimetrali.

In Appendice B.2 (Figura 141, Figura 142, Figura 143, Figura 145) sono mostrati i gruppi di elementi simili considerati, per i requisiti presi in esame.

Per il calpestio in direzione orizzontale vi è solo una misura eseguita con i diversi metodi, per cui non è stato possibile fare alcun raggruppamento con misure simili.

Le misure di calpestio dal basso verso l'alto sono state considerate tutte insieme, come un unico gruppo, così come le misure di potere fonoisolante apparente delle pareti.

Le misure di potere fonoisolante apparente in verticale e le misure di calpestio eseguite dall'alto verso il basso, sono state suddivise con un criterio più selettivo rispetto a quello dei gruppi omogenei della classificazione acustica: in particolare sono stati scelti ambienti di superficie e forma simile, con variazioni dimensionali non superiori al 10%.

Per l'isolamento di facciata sono state considerate simili le facciate degli ambienti sulla stessa colonna (gruppi di 3 elementi); fa eccezione il gruppo composto dalle facciate degli ambienti E ed F del secondo e terzo piano.

4.3 Confronto tra metodi di misura nel caso dell'isolamento di facciata

Nella sottostante Figura 20, sono confrontati tra loro i risultati delle misure di isolamento di facciata, eseguite con i 5 differenti metodi precedentemente descritti.

Tra i diversi gruppi di facciate i risultati dell'indice di isolamento risultano fortemente variabili; ciò accade anche nel gruppo degli ambienti C, ma va osservato che per la stanza C3 è stato possibile misurare solo l'affaccio finestrato. La misura F1 è stata considerata a parte dato che, a differenza degli ambienti ai piani superiori, non è presente il terrazzino.

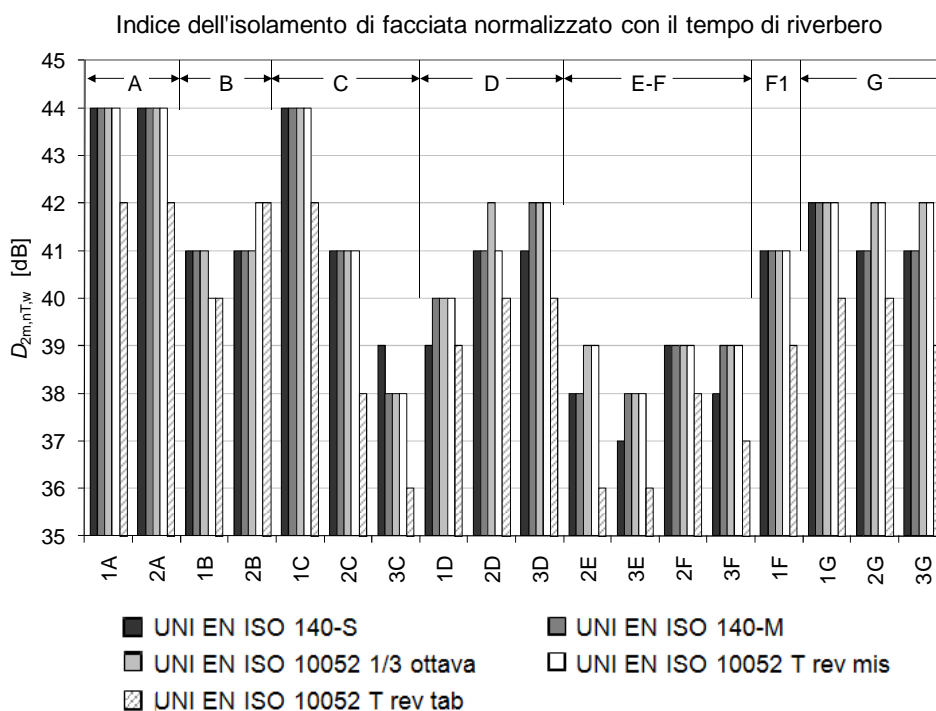


Figura 20 – Valori dell'indice di isolamento di facciata, valutato con i diversi metodi (sono indicati i gruppi di misure simili)

Gli scostamenti tra i risultati, espressi come indice unico di valutazione, con i diversi metodi, sono facilmente leggibili dal grafico seguente (Figura 21), in cui sono riportate le differenze rispetto alle misure eseguite caso per punti fissi. Lo scostamento massimo rilevato è di 3 dB.

La differenza tra i risultati ottenuti con la norma UNI EN ISO 140, per punti fissi e con movimentazione manuale è per lo più nulla (in 13 casi su 18) o compresa entro un decibel, con una leggera tendenza a fornire risultati più elevati rispetto al metodo "standard".

Anche la norma UNI EN ISO 10052, utilizzata sia per bande di 1/3 d'ottava che d'ottava (con tempo di riverbero misurato), dà in molti casi scostamento nullo, rispetto al metodo per punti fissi; e le differenze massime sono ancora di 1 dB, con la stessa tendenza a sovrastimare la misura.

Se però si utilizza la correzione per il tempo di riverberazione da tabelle (caso "UNI EN ISO T rev tab"), le differenze diventano rilevanti, anche se in questo caso i valori che si ottengono sono quasi sempre cautelativi, cioè si ottengono indici dell'isolamento di facciata più bassi rispetto al caso con punti fissi.

Il termine "cautelativo" viene utilizzato, in questo punto e nel seguito, per indicare una prestazione inferiore rispetto a quella che si ottiene con le misure "UNI EN ISO 140-S". L'interesse nel capire se le misure alternative diano o meno prestazioni più basse, risiede nel confronto con i limiti di legge.

Prendendo come riferimento le misure per punti fissi, che sono quelle più comunemente utilizzate, almeno in Italia, i metodi alternativi e soprattutto quelli semplificati, non dovrebbero portare a dei soddisfacimenti dei requisiti minimi di legge che non si avrebbero con il metodo “standard”.

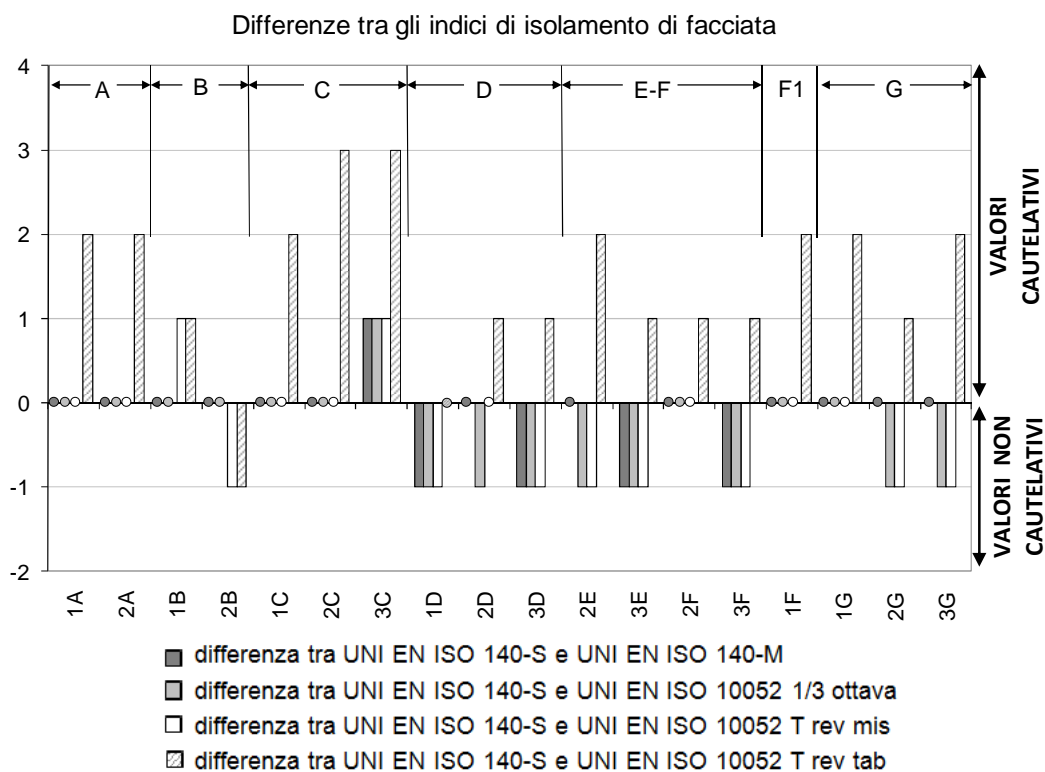


Figura 21 – Scostamenti degli indici di isolamento di facciata, rispetto al metodo per punti fissi

Se si confrontano i risultati di isolamento di facciata in frequenza, sia osservando le singole misure, che le medie sui gruppi di misure simili, si vede che i diversi metodi danno valori molto simili tra loro, in tutto l’intervallo considerato. Le differenze che si notano a 100 Hz, nelle figure sottostanti, per il gruppo di ambienti E ed F, non si ripetono in modo sistematico per tutti gli altri gruppi.

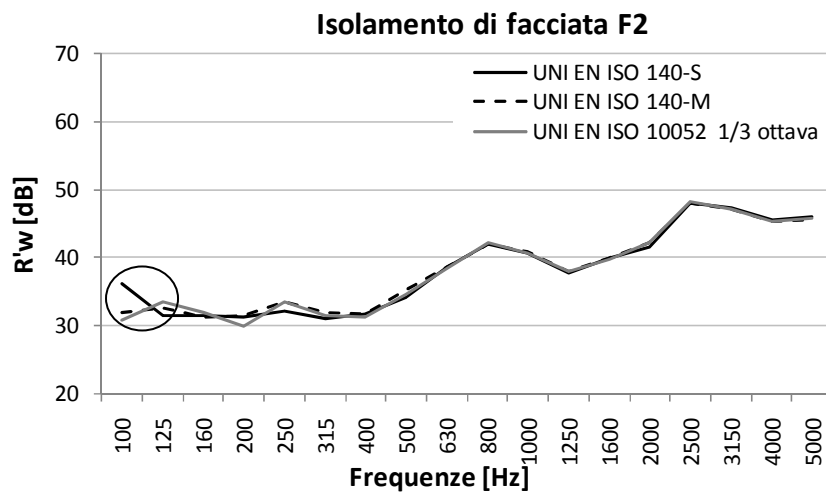


Figura 22 – Isolamento di facciata nell’ambiente F2 con i tre metodi che prevedono misure per bande di terzo d’ottava

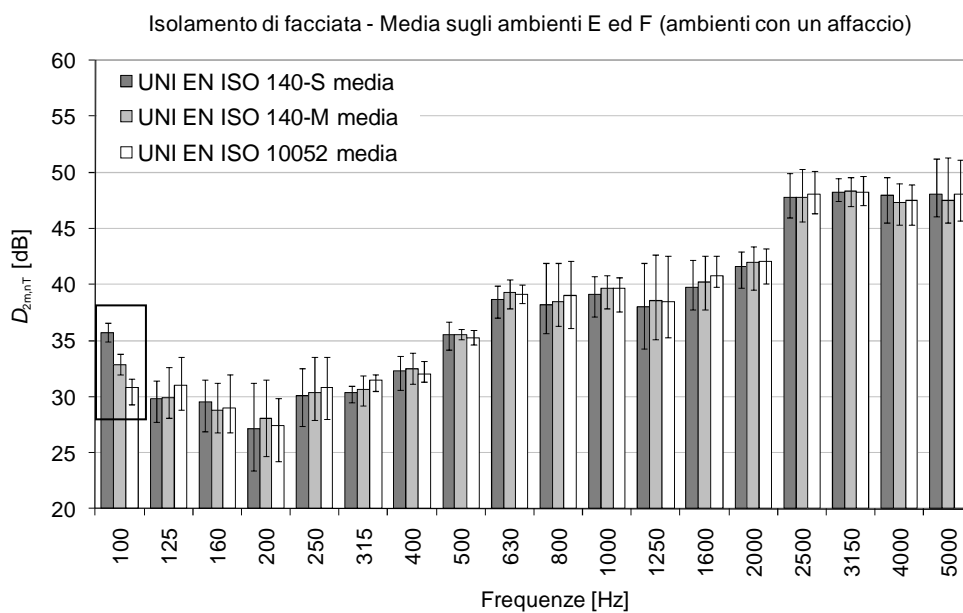


Figura 23 – Valori medi dell’isolamento di facciata sugli ambienti E ed F, con indicate le barre degli scostamenti massimi e minimi dei valori all’interno del gruppo di misure simili

4.4 Confronto tra i metodi di misura nel caso del calpestio misurato dall'alto al basso

In Figura 24 sono riassunti i valori dell'indice di valutazione del calpestio, misurato dall'alto verso il basso, con i diversi metodi; sono riportate anche le indicazioni dei quattro gruppi di misure simili individuati.

I risultati ottenuti con il metodo "UNI EN ISO 140-S" ha una variazione massima, su tutte le misure, di soli 3 dB; nel caso del metodo meno accurato ("UNI EN ISO 10052 Trev tab") lo scostamento massimo è di 4 dB.

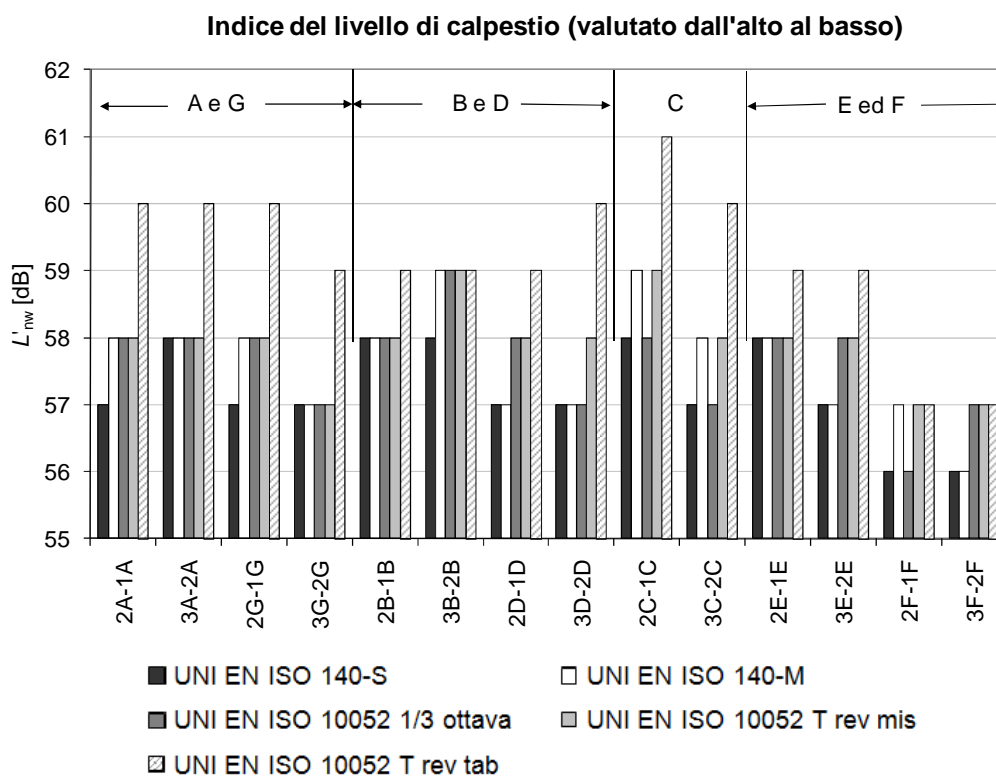


Figura 24 - Valori dell'indice di calpestio, valutato dall'alto verso il basso con i diversi metodi. In figura sono indicati i gruppi di misure simili

Osservando il grafico delle differenze rispetto al metodo per punti fissi (successiva Figura 25) si nota che per il calpestio (dall'alto al basso) i vari metodi con movimentazione manuale danno sempre valori cautelativi, cioè più alti rispetto alle misure "standard".

Utilizzando i tempi di riverbero effettivi (con le norme UNI EN ISO 140-7 e UNI EN ISO 10052), gli scostamenti massimi sono di 1 dB.

Solo con il metodo "UNI EN ISO T rev tab" le differenze aumentano fino a 3 dB.

Per il calpestio misurato dall'alto si osservano delle discrepanze, negli andamenti in frequenza, che si presentano uguali per tutti i casi.

A 100 Hz si osservano delle differenze limitate, con una leggera tendenza dei metodi manuali a fornire valori più elevati.

Alle alte frequenze, i livelli di calpestio (misurati dall'alto), risultano sempre più bassi, se misurati con i metodi manuali, con differenze anche rilevanti rispetto alle misure "standard". Ciò si vede anche nei grafici dei valori medi sui gruppi di misure simili, ma risulta più evidente osservando i grafici delle singole misure.

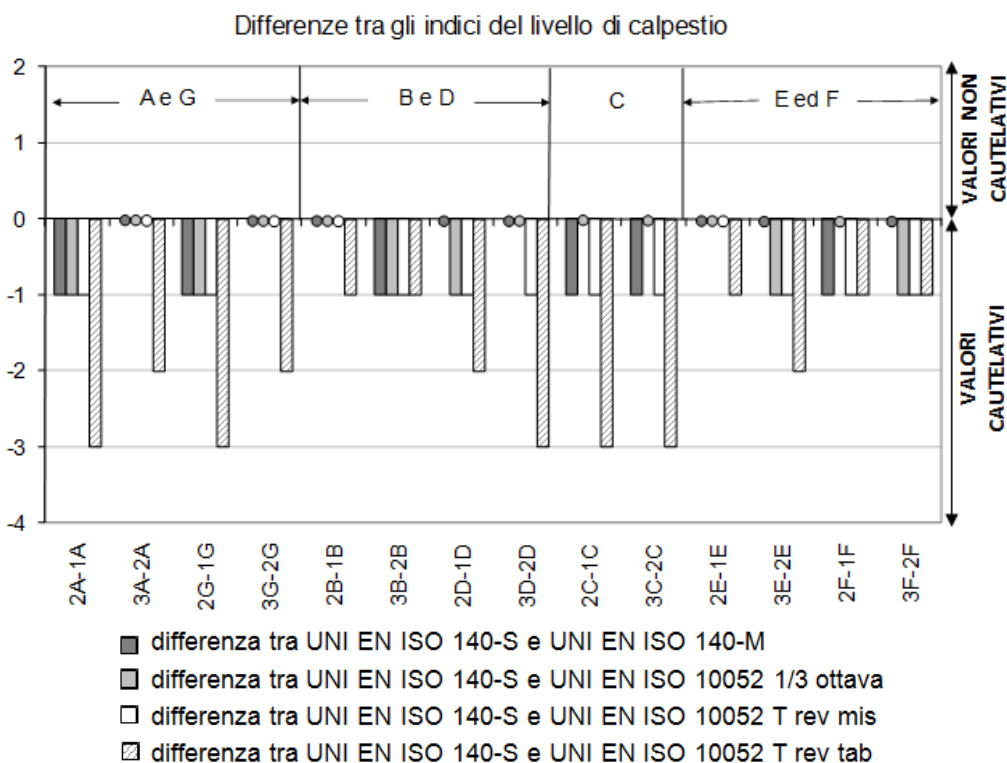


Figura 25– Scostamenti, rispetto al metodo per punti fissi, degli indici di livello di calpestio, misurato dall’alto verso il basso

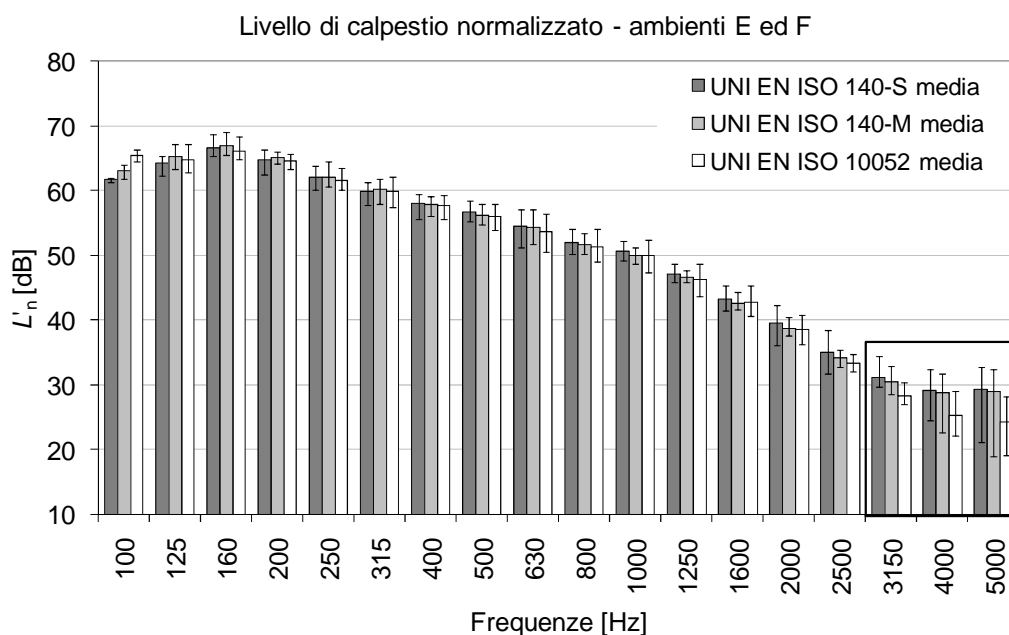


Figura 26 - Valori medi del livello di calpestio sugli ambienti E ed F, con indicate le barre degli scostamenti massimi e minimi dei valori all’interno del gruppo di misure simili

È interessante notare che per le misure di calpestio, eseguite dal basso verso l’alto, il verso degli scostamenti ad alta frequenza, con i metodi manuali, si inverte, ottenendo in questo caso, valori più elevati del metodo “UNI EN ISO 140-S”. Nel caso dal basso verso l’alto, tale tendenza è spiegata dall’influenza del rumore di fondo (vedi Figura 28), che è maggiore nel caso della movimentazione manuale, soprattutto con il metodo della norma UNI EN ISO 10052, a causa del rumore causato dall’operatore spostando il braccio.

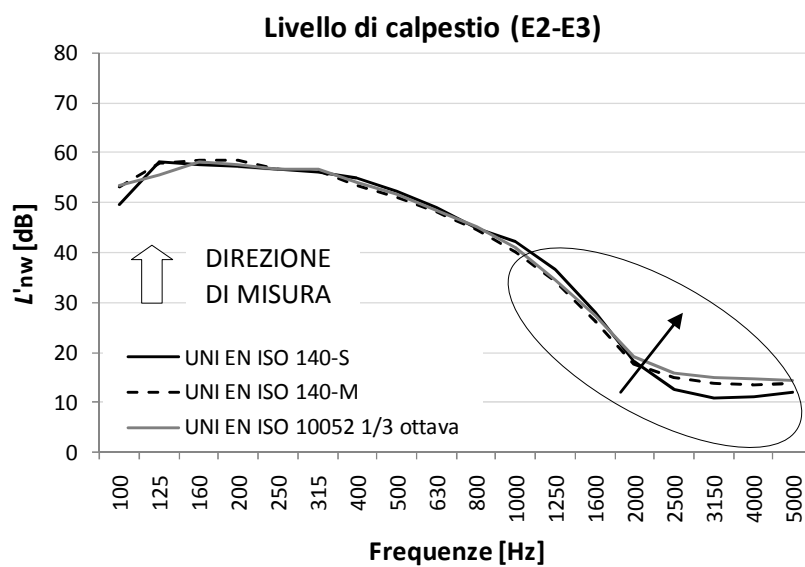
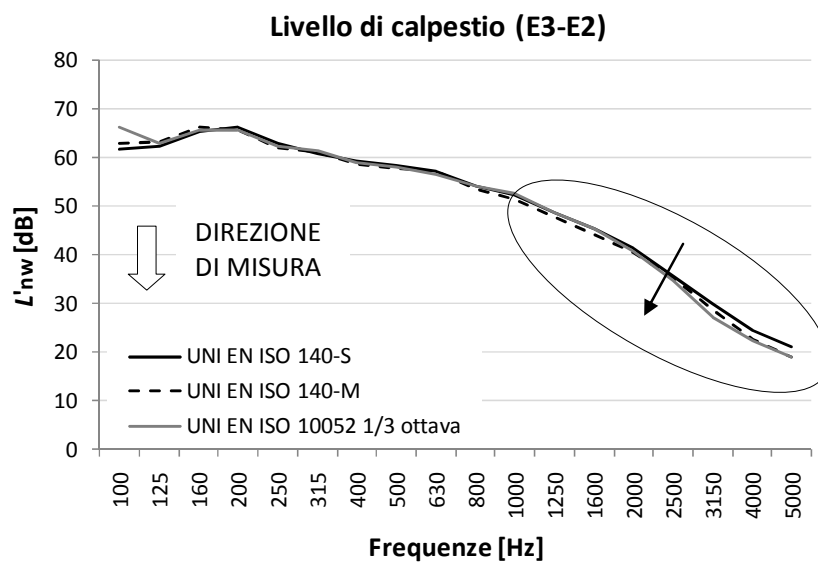
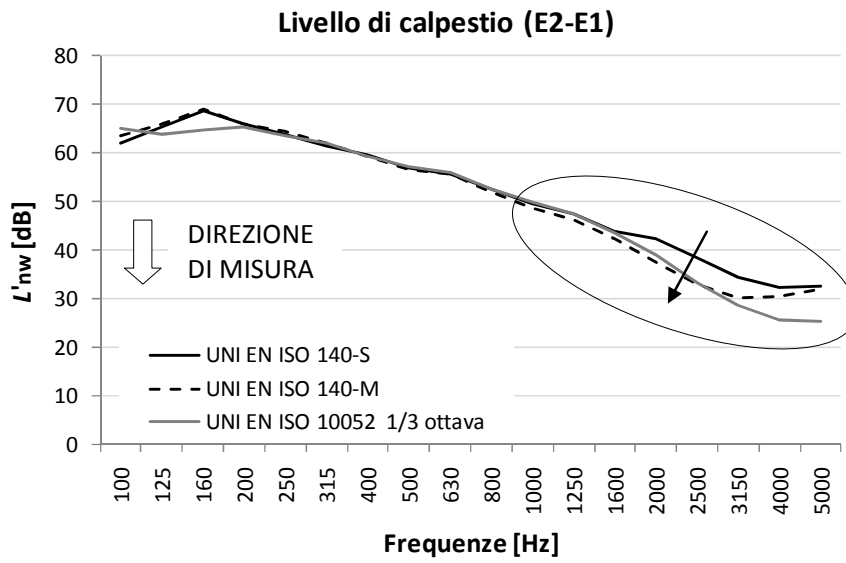


Figura 27 – Livello di calpestio negli ambienti F sovrapposti con i tre metodi che prevedono misure per bande di terzo d'ottava

Nel caso, invece, delle misure eseguite dall'ambiente superiore verso quello inferiore, l'influenza del rumore di fondo non è significativa: ad esempio, per il caso A2-A1, riportato nella sottostante figura, la differenza minima del livello in ricevente, rispetto al rumore di fondo, è di 9,5 dB per il metodo "UNI EN ISO 10052 1/3 ottava" mentre è di almeno 15 dB negli altri due casi. Inoltre, con il metodo di controllo, a fronte di un livello di rumore di fondo maggiore, i livelli di calpestio risultano minori. La spiegazione delle anomalie ad alta frequenza va quindi ricercata altrove.

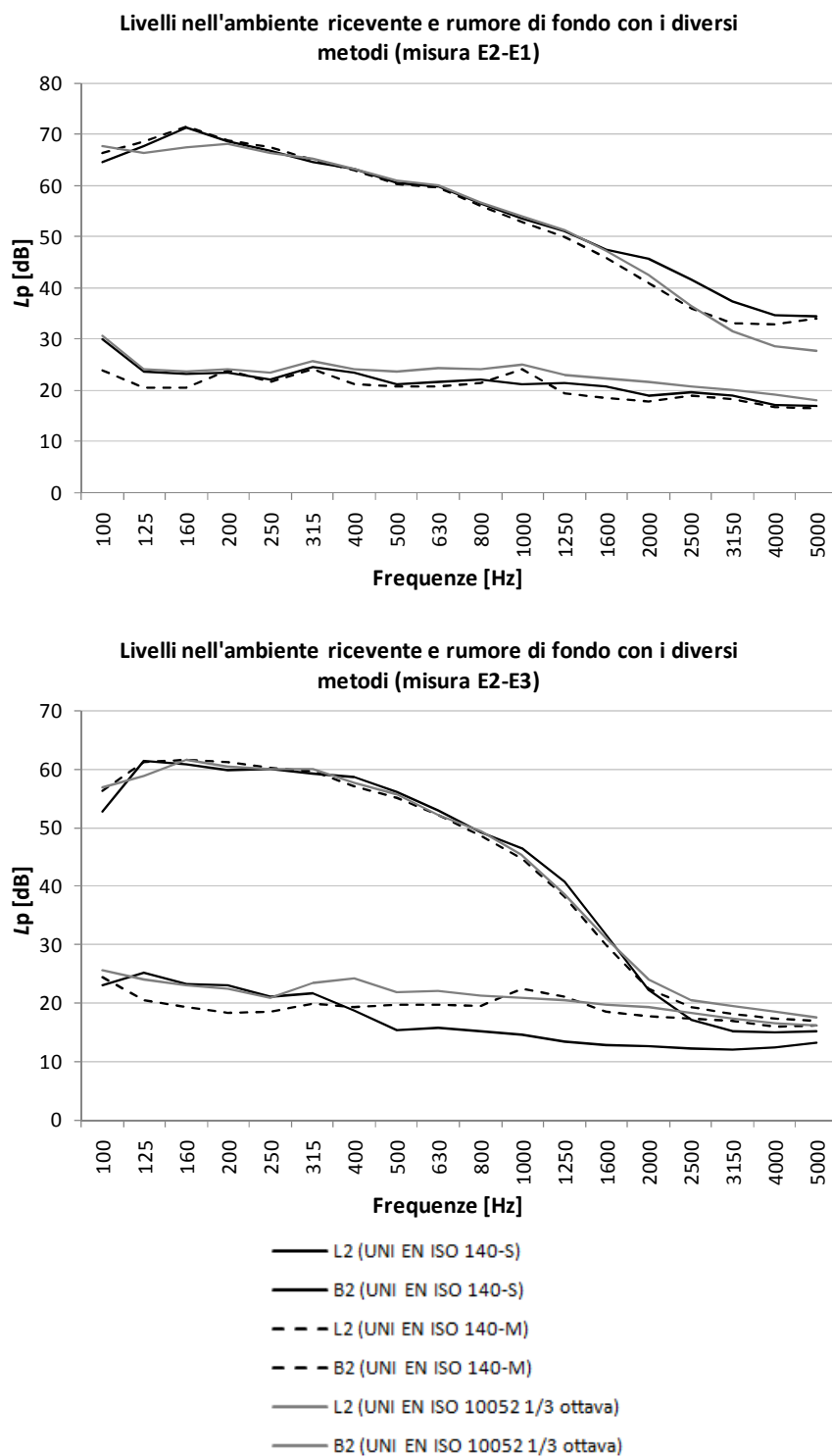


Figura 28 – Rapporto segnale/rumore nelle misure di calpestio dall'alto e dal basso, con i diversi metodi

4.5 Confronto tra i metodi di misura nel caso del calpestio misurato dal basso verso l'alto

Nelle sottostanti figure sono riportati i grafici dei valori dell'indice del livello di calpestio (misurato dal basso verso l'alto) e i relativi scostamenti dei metodi con movimentazione manuale rispetto a quello per punti fissi. Sulle sette misure analizzate, il risultato dei metodi con movimentazione manuale, è non cautelativo in un solo caso. Come osservato per il calpestio misurato dall'alto, utilizzando i tempi di riverbero effettivi, le differenze rispetto al metodo "standard" sono limitate a 1 dB.

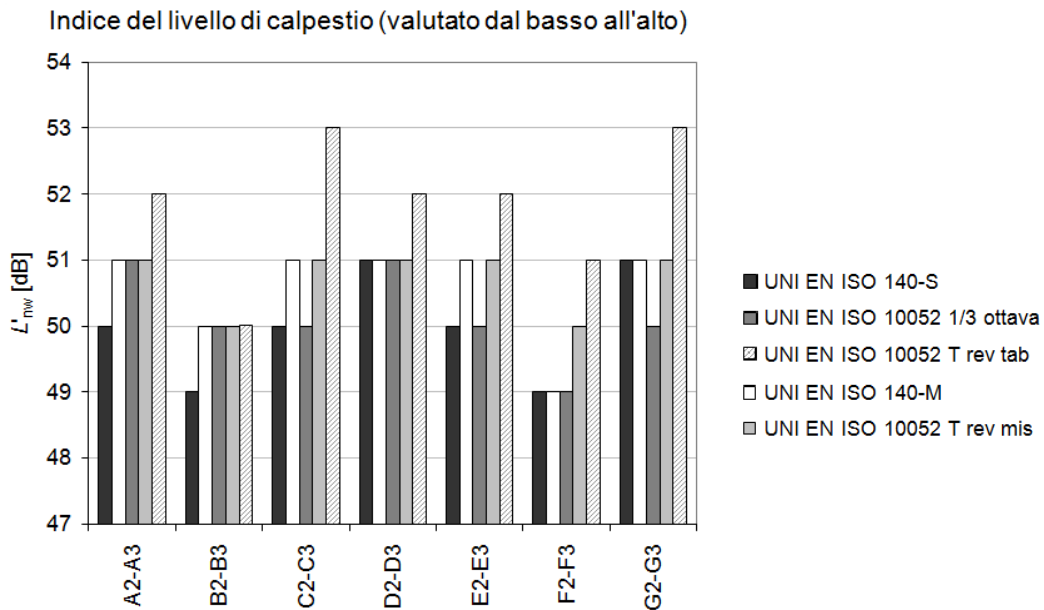


Figura 29- Valori dell'indice di calpestio, valutato dal basso verso l'alto con i diversi metodi. In figura sono indicati i gruppi di misure simili

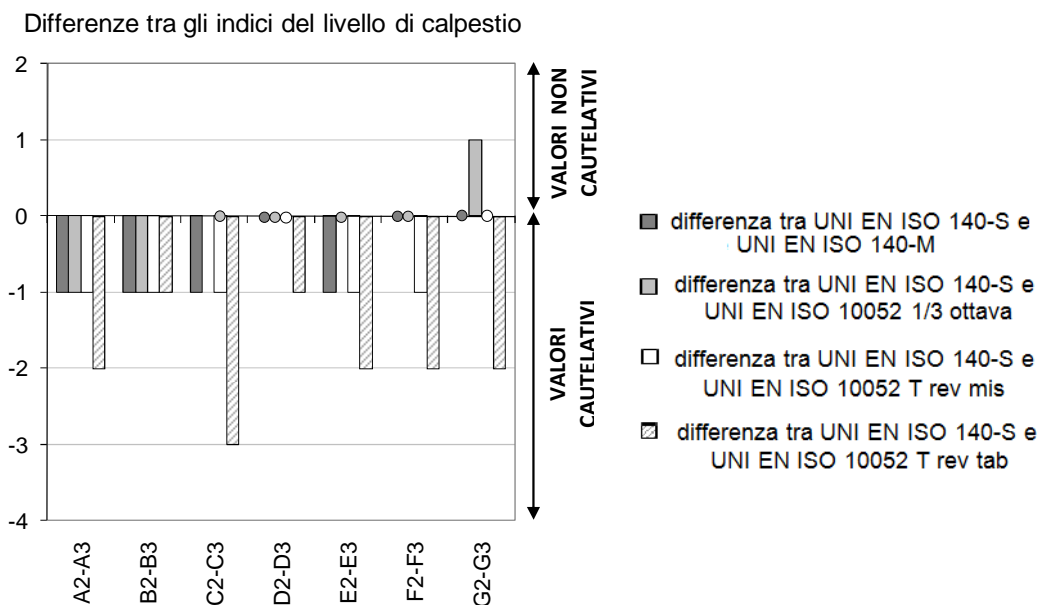


Figura 30- Scostamenti degli indici di livello di calpestio, rispetto al metodo per punti fissi

Le osservazioni sull'andamento in frequenza delle curve del livello di calpestio, con i diversi metodi, sono già state riportate al paragrafo precedente.

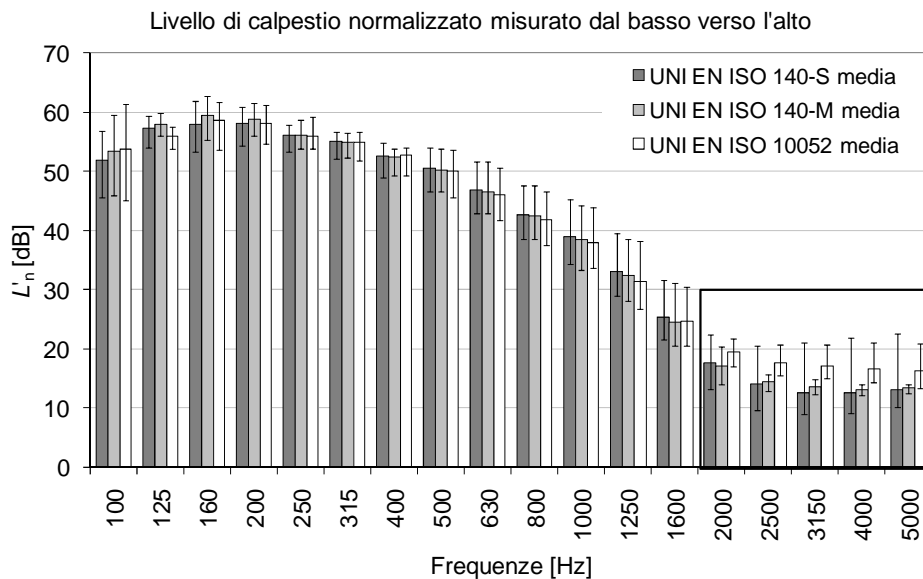


Figura 31- Valori medi del livello di calpestio, misurato dal basso verso l'alto, su tutti i casi, con indicate le barre degli scostamenti massimi e minimi dei valori all'interno del gruppo di misure simili

4.6 Confronto tra i metodi di misura per il potere fonoisolante apparente dei solai

Le misure di potere fonoisolante apparente non sono state distinte in base al verso di prova dato che tale variabile sembra non avere alcuna influenza, nonostante la presenza del controsoffitto radiante. Avendo eseguito le misure bidirezionalmente, il numero totale delle misure è più elevato rispetto che per gli altri parametri analizzati. I gruppi di misure simili considerati sono quattro, visibili anche nei diagrammi seguenti (Figura 32): stanze di tipo A e G, B e D, E ed F, e ambienti C da soli.

La variazione massima dell'indice del potere fonoisolante apparente, per il metodo per punti fissi, valutata su tutte le misure è di 5 dB; la massima differenza tra le misure aumenta nel caso dell'utilizzo della norma UNI EN ISO 10052: risulta di 6 dB nel caso dell'utilizzo dei tempi di riverbero misurati e aumenta ad 8 dB nel caso si usino i valori tabellari.

All'interno dei gruppi di misure simili, le variazioni massime risultano più contenute e nel caso del metodo "standard" sono limitate ad un massimo di 3 dB.

In Figura 33 si leggono le differenze dei risultati, espressi con indice mononumerico, tra il metodo per punti fissi (preso come riferimento) ed i metodi con movimentazione manuale:

- Il metodo "UNI EN ISO 140-M" porta a scostamenti nella maggior parte dei casi nulli (19 su 28) o al massimo compresi entro ± 1 dB;

- Le differenze, con il metodo “UNI EN ISO 10052 1/3 ottava”, sono nulle in 13 casi , si ha un solo valore con differenza di +2 dB e in tutte le altre misure la differenza è compresa tra ± 1 dB (con solo 3 casi non cautelativi, cioè con scostamento negativo);
- Utilizzando la norma UNI EN ISO 10052 per bande d’ottava, si ottengono sempre risultati cautelativi; utilizzando i tempi di riverbero misurati la differenza massima è di 2- 3 dB, ma la maggior parte dei risultati differiscono di 1 dB dal metodo per punti fissi (14 casi su 28), con anche alcuni casi di scostamento nullo;
- Con il metodo “UNI EN ISO 10052 T rev tab” si hanno scostamenti che per lo più sono di 2-3 dB, ma che arrivano, in un caso anche a 4 dB.

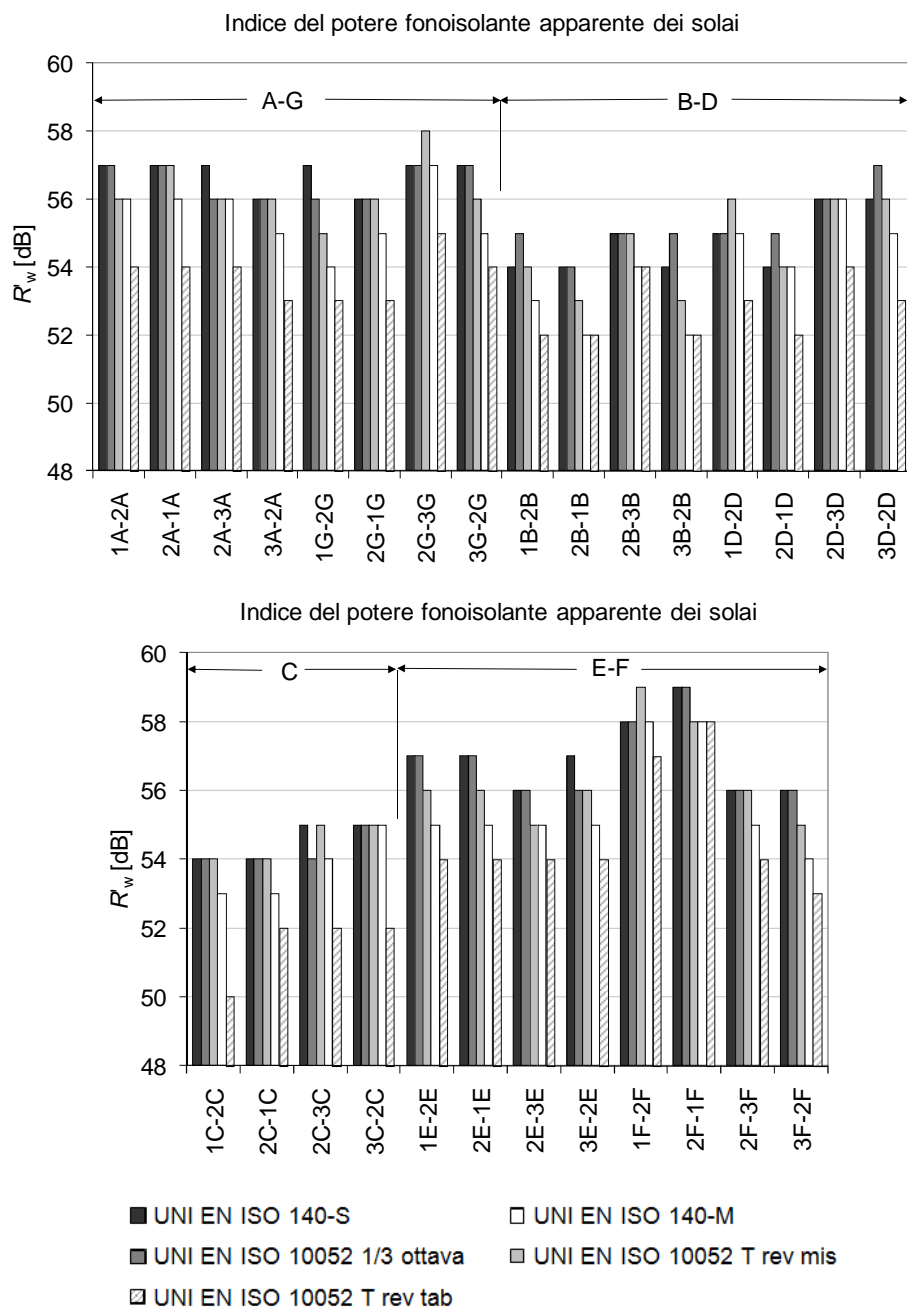
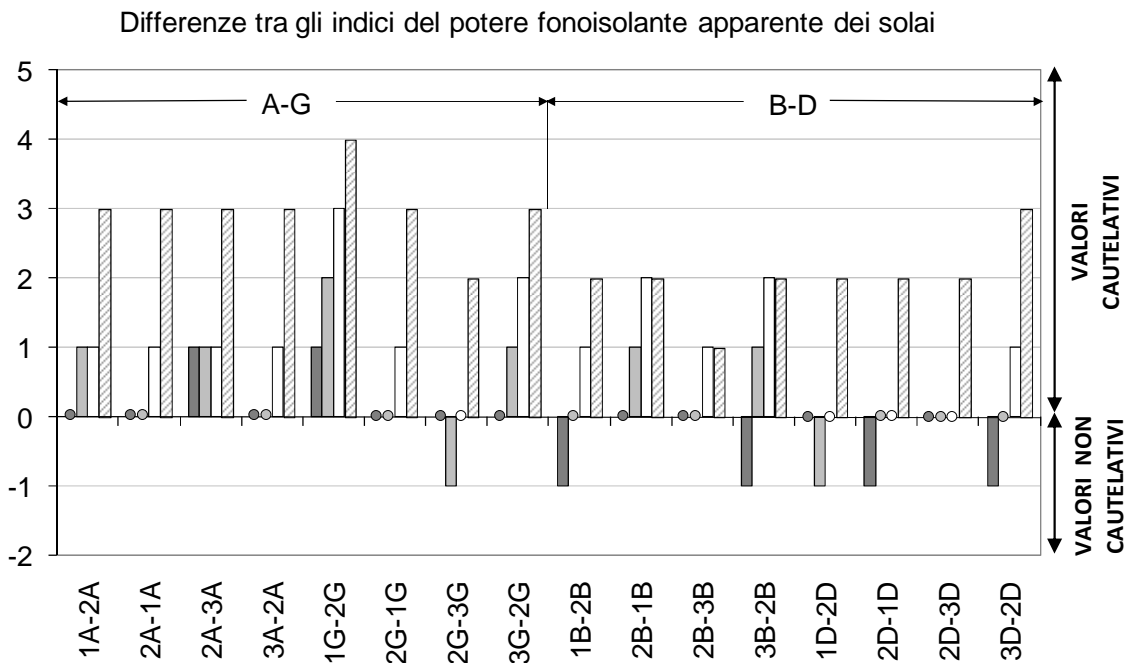
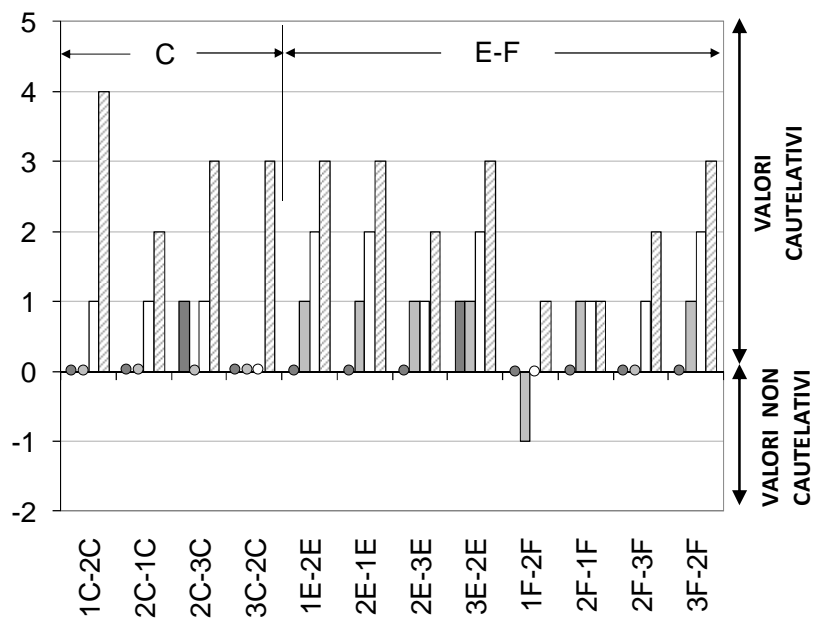


Figura 32- Valori dell’indice del potere fonoisolante apparente dei solai, valutato con i diversi metodi (sono indicati i gruppi di misure simili)



Differenze tra gli indici del potere fonoisolante apparente dei solai



- differenza tra UNI EN ISO 140-S e UNI EN ISO 140-M
- differenza tra UNI EN ISO 140-S e UNI EN ISO 10052 1/3 ottava
- differenza tra UNI EN ISO 140-S e UNI EN ISO 10052 T rev mis
- ▨ differenza tra UNI EN ISO 140-S e UNI EN ISO 10052 T rev tab

Figura 33– Scostamenti degli indici del potere fonoisolante apparente dei solai, rispetto al metodo per punti fissi

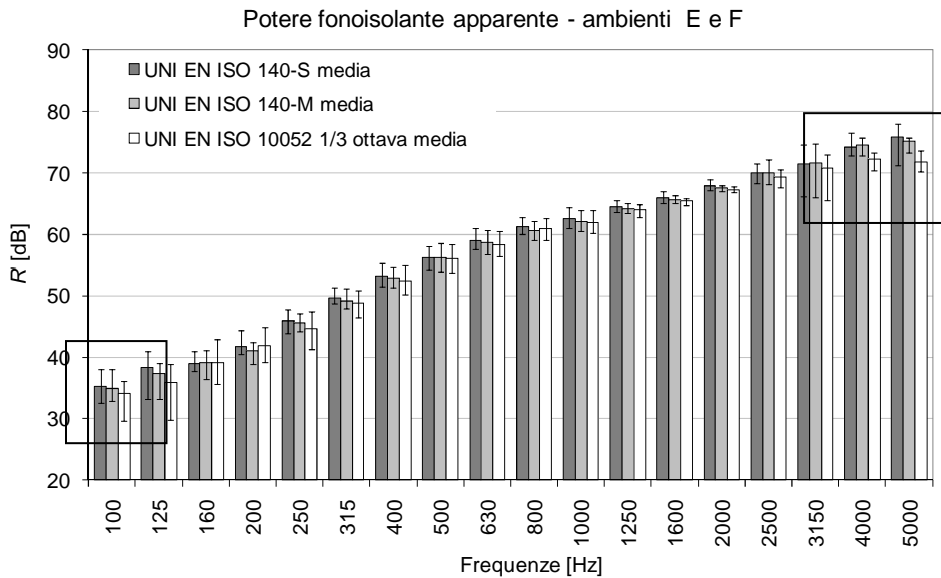


Figura 34 - Valori medi del potere fonoisolante apparente dei solai degli ambienti E ed F, con indicate le barre degli scostamenti massimi e minimi dei valori all'interno del gruppo di misure simili

I risultati in frequenza presentano degli scostamenti, anche se non molto accentuati, ai due estremi dell'intervallo di frequenza: ciò si vede sia dai grafici dei valori medi sulle misure simili (Figura 34 e Appendice B.4) che dalle misure singole (Figura 36 e Figura 35, più tutte le figure in Appendice B.3). Ad alta frequenza i metodi con movimentazione manuale danno generalmente valori più bassi rispetto al metodo per punti fissi, con alcuni casi in cui però la tendenza si inverte (come nella misura E3-E2). Le ragioni di tali scostamenti si possono ricercare analizzando i livelli in ricevente, della sorgente sonora e del rumore di fondo, delle misure analizzate (Figura 37). Ad alta frequenza il rumore di fondo ha livelli molto prossimi a quelli della sorgente e, nei casi con movimentazione manuale, il livello *B2* risulta particolarmente elevato, portando a valori più elevati anche del livello *L2*. Ciò spiega gli scostamenti che si verificano nella maggior parte dei casi, con i livelli di potere fonoisolante, con i metodi "UNI EN ISO 140-M" e "UNI EN ISO 10052 1/3 ottava" più bassi di quelli rilevati per punti fissi, al di sopra dei 3150 Hz (valori dei livelli *L2* maggiori, a parità di livelli *L1* in trasmittente, danno una differenza *L1-L2* minore).

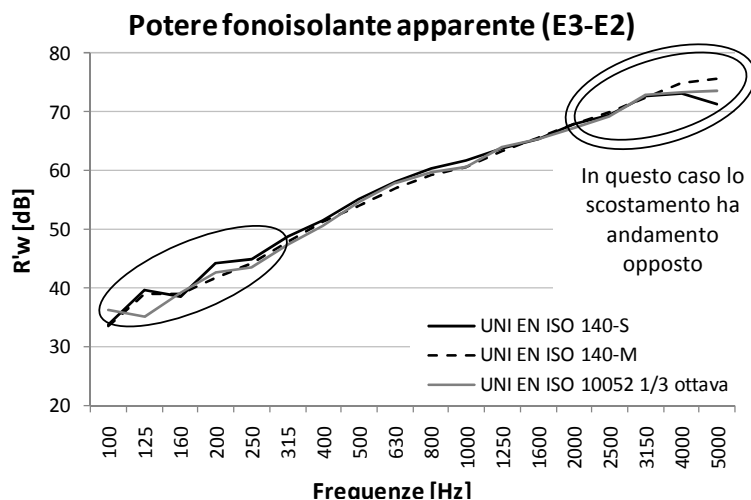


Figura 35– Potere fonoisolante apparente dei solai tra gli ambienti E3 e E2 con i tre metodi che prevedono misure per bande di terzo d'ottava. Sono evidenziati gli scostamenti alle alte e alle basse frequenze.

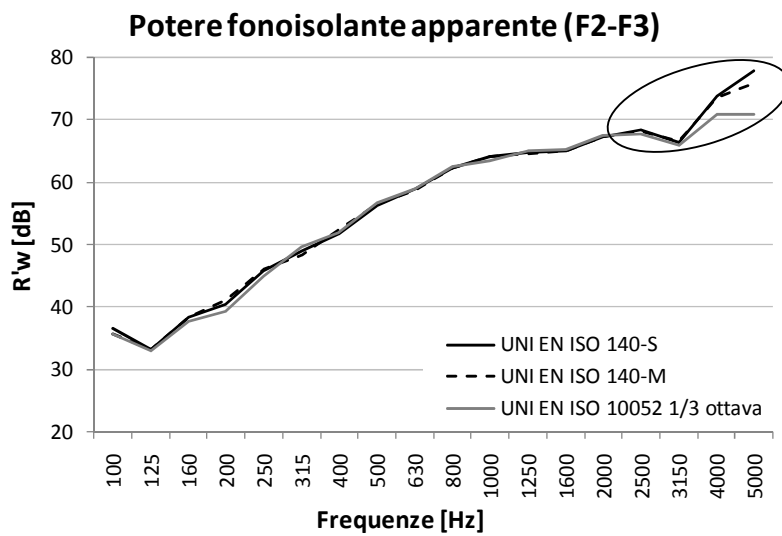
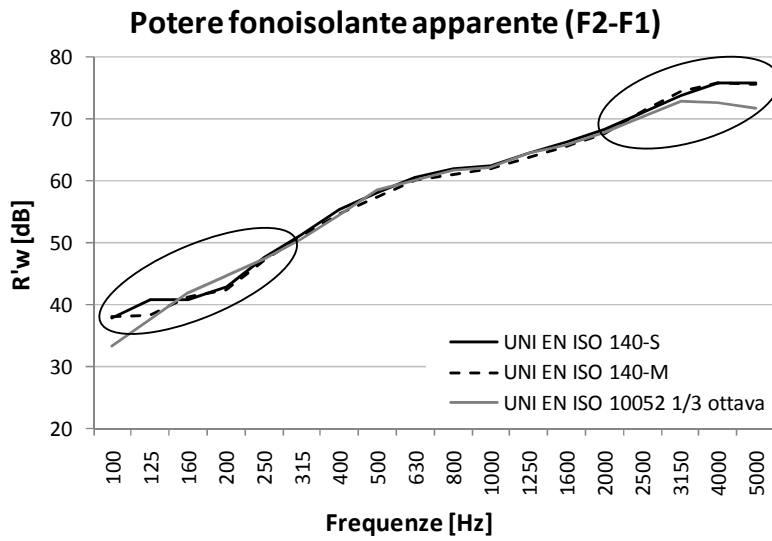
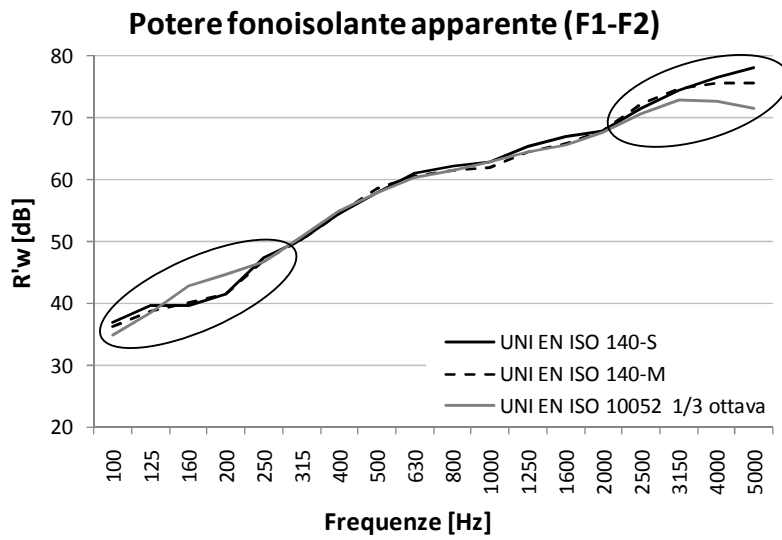


Figura 36– Potere fonoisolante apparente dei solai negli ambienti F con i tre metodi che prevedono misure per bande di terzo d'ottava. Sono evidenziati gli scostamenti alle alte e alle basse frequenze.

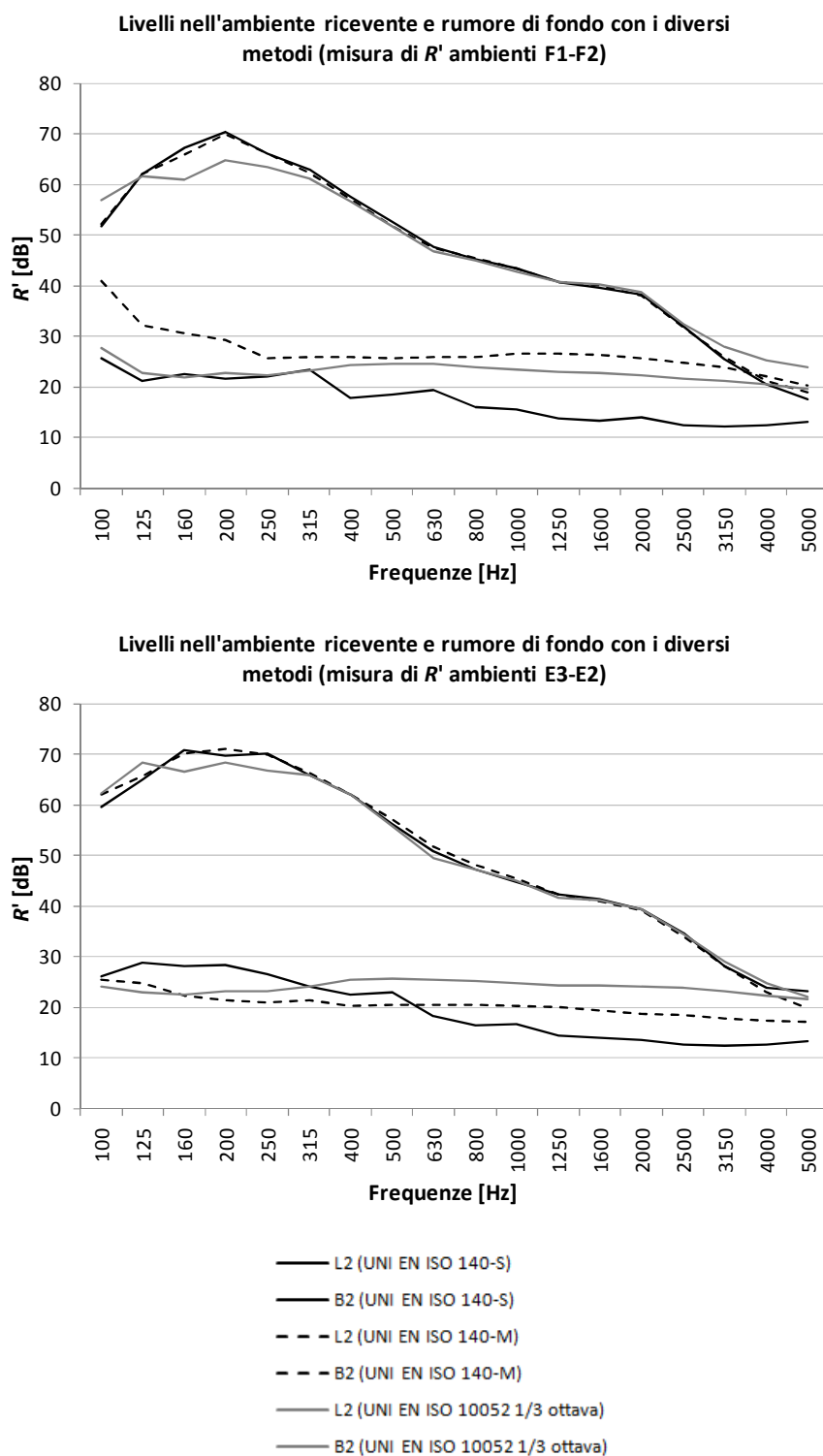


Figura 37– Rapporto segnale/rumore in due delle misure di potere fonoisolante apparente, con i diversi metodi

Nel caso E2-E3, che è uno quelli che presenta scostamenti ad alta frequenza invertiti rispetto alla maggior parte delle misure, si vede che il livello L_2 , nel rilievo effettuato per punti fissi, potrebbe essere stato influenzato dal rumore esterno.

Infatti la misura di L_2 , eseguita per punti fissi, risulta più elevata rispetto ai casi con movimentazione manuale, alle frequenze dei 4000 e 5000 Hz; al contrario i livelli del rumore di fondo corrispondenti (per punti fissi) sono particolarmente bassi. Tale andamento di L_2 potrebbe essere spiegato con l'eventuale influenza del rumore esterno, variabile nel tempo (e che quindi non è stato rilevato nella misura di B_2).

Anche gli scostamenti che si presentano a 100 Hz per la misura F1-F2 potrebbero essere spiegati, in qualche caso, con l'influenza del rumore esterno variabile: nel caso "UNI EN ISO 140-M" si ha infatti un rumore di fondo particolarmente elevato, a bassa frequenza, e invece un livello L_2 basso; il contrario si verifica per le misure "UNI EN ISO 10052 1/3 ottava".

Durante l'effettuazione delle misure sull'edificio E1, erano in corso i lavori nel limitrofo cantiere della palazzina D (con disturbo in particolare alle basse frequenze), inoltre erano chiaramente udibili i passaggi delle macchine nella strada antistante. Ciò avvalorava l'ipotesi dell'influenza, in alcuni casi, di eventi esterni con caratteristica temporale non stazionaria. Inoltre a bassa frequenza, è presente una forte componente di variabilità legata alla minor diffusività del campo sonoro..

4.7 Confronto tra i metodi di misura per il potere fonoisolante apparente delle pareti

Le misure di potere fonoisolante apparente, in direzione orizzontale, sono 6, tutte eseguite tra gli ambienti E ed F. Nel caso per punti fissi, la variazione massima tra le diverse misure, di questa tipologia, è di 5 dB.

Indice del potere fonoisolante apparente delle pareti

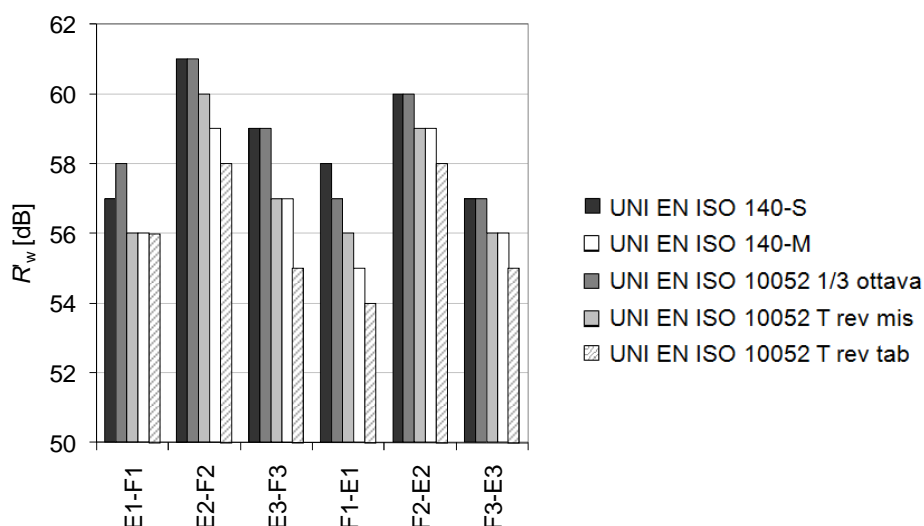


Figura 38- Valori dell'indice del potere fonoisolante apparente delle pareti, valutato con i diversi metodi

Nella seguente Figura 39, si leggono gli scostamenti dei metodi con movimentazione manuale, rispetto a quello per punti fissi: vi è un solo caso (misura E1-F1 con il sistema "UNI EN ISO 140-M") in cui la misura risulta non cautelativa.

Le considerazioni che si possono fare sulle differenze degli indici del potere fonoisolante apparente delle pareti, sono analoghe a quelle già fatte nel caso dei solai.

Analizzando gli andamenti in frequenza, si osserva che le misure con movimentazione manuale danno valori ad alta frequenza, in tutti e sei i casi, minori rispetto al metodo per punti fissi, con scostamenti più rilevanti rispetto al caso dei solai.

Ciò è ancora imputabile al rumore di fondo, che con la movimentazione manuale, risulta più elevato, a causa del rumore prodotto dall'operatore muovendo il braccio. L'effetto risulta più rilevante dato che le pareti della palazzina E1 hanno isolamento ai rumori aerei maggiore rispetto ai solai.

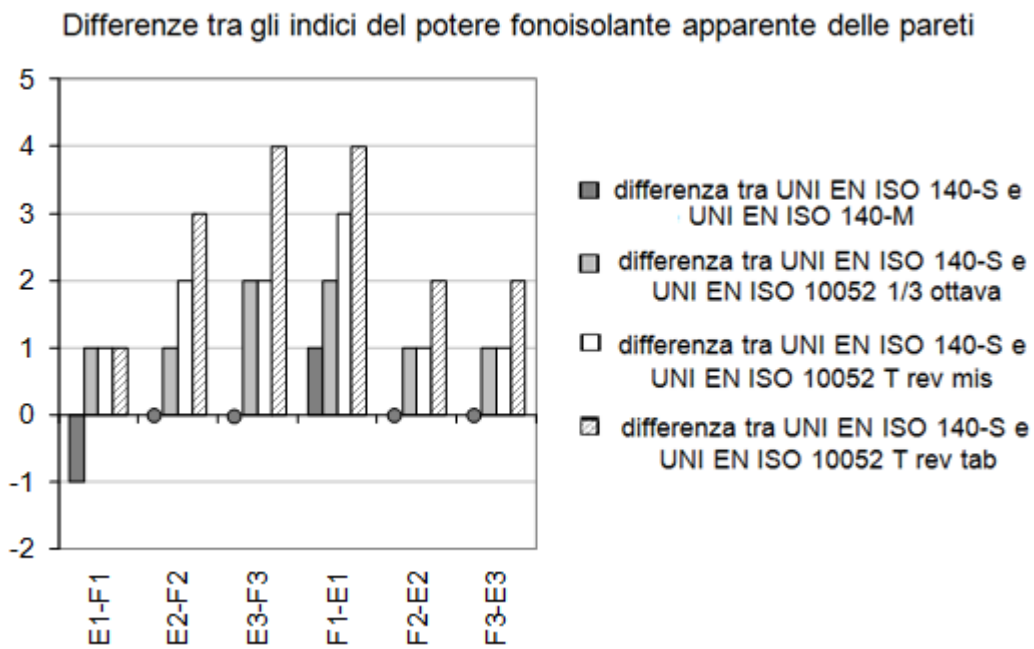


Figura 39– Scostamenti degli indici del potere fonoisolante apparente delle pareti, rispetto al metodo per punti fissi

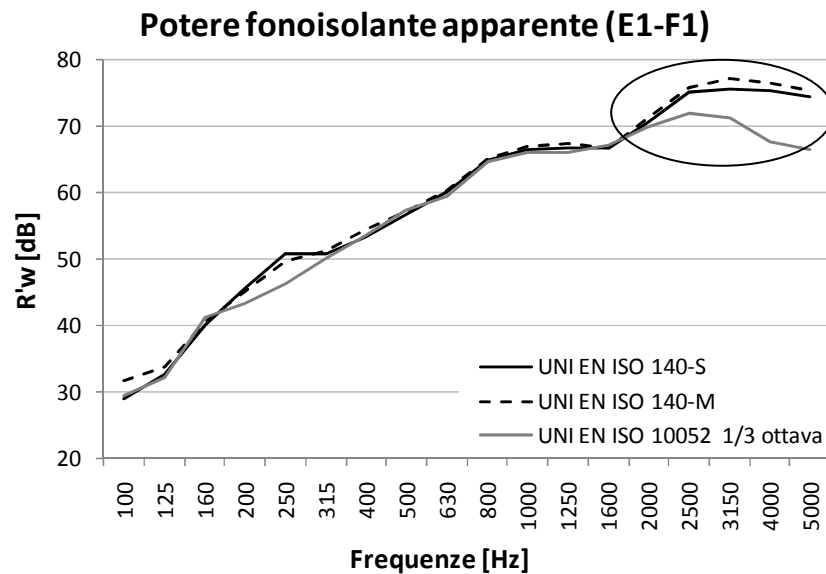


Figura 40 – Potere fonoisolante apparente della parete tra gli ambienti E1 ed F1, con i tre metodi che prevedono misure per bande di terzo d’ottava. Sono evidenziati gli scostamenti alle alte frequenze.

4.8 Conclusioni nel confronto tra i metodi di misura

Confrontando i risultati, espressi come indice mononumerico, dei cinque diversi metodi, si possono fare le seguenti osservazioni.

- Il metodo “UNI EN ISO 10052 T rev tab”, pur comportando scostamenti notevoli (fino a 4 dB) rispetto al metodo “standard”, dà valori sempre cautelativi (ad eccezione di 1 solo caso tra tutti quelli analizzati, che si verifica per l’isolamento di facciata).
- Applicando la norma UNI EN ISO 10052 (per bande d’ottava) con tempo di riverbero misurato, si ottengono valori più cautelativi fino a 2-3 dB nel caso di potere fonoisolante apparente e calpestio, mentre per l’isolamento di facciata si può avere una leggera sovrastima delle prestazioni (fino a 1 dB maggiori).
- L’applicazione sia della variante della norma UNI EN ISO 10052 che utilizza misure per bande di 1/3 d’ottava, che delle norme UNI EN ISO 140 con movimentazione manuale del microfono, fornisce valori leggermente cautelativi nel caso del calpestio (fino a 1 dB), mentre per isolamento di facciata e potere fonoisolante apparente gli scostamenti sono di ± 1 dB (ad eccezione di 3 casi nel potere fonoisolante, in cui la differenza arriva a 2 dB).
- L’utilizzo delle norme UNI EN ISO 140 con movimentazione del microfono, porta a differenze nella maggior parte dei casi nulle, rispetto al caso con punti fissi di misura, e comunque sempre comprese entro ± 1 dB.

Considerando invece lo spettro in frequenza delle misure, per i tre metodi che utilizzano bande di 1/3 d’ottava, sono stati riscontrati andamenti fortemente dipendenti dal tipo di parametro analizzato.

Si analizzano per primi gli scostamenti osservati ad alta frequenza (al di sopra dei 3150 Hz).

- Per l’isolamento di facciata le misure coincidono piuttosto bene in tutto l’intervallo di frequenza, con scostamenti non sistematici e limitati.
- Nel caso del calpestio, le misure eseguite dal basso verso l’alto, con i metodi che prevedono la movimentazione manuale, sono influenzate dal rumore di fondo: a causa del rumore introdotto dall’operatore nello spostamento del braccio si ottengono livelli di calpestio più elevati ad alta frequenza.
- Per il calpestio dall’alto verso il basso, i metodi con movimentazione manuale, e in particolare quello secondo la norma UNI EN ISO 10052, danno valori più bassi rispetto al metodo per punti fissi, con differenze notevoli, che in alcuni casi risultano superiori a 5 dB. Ciò si verifica in tutte le misure. In tal caso le deviazioni non sono imputabili al rumore di fondo (la correzione dei livelli per il residuo non viene quasi mai applicata). Il motivo di tali scostamenti non è ancora chiaro e dovrà essere ulteriormente approfondito.
- Il potere fonoisolante apparente, misurato sia in direzione verticale che orizzontale, presenta scostamenti ad alta frequenza tra i tre metodi, ancora a causati dal maggior rumore di fondo introdotto con la movimentazione manuale.

Le seguenti osservazioni riguardano invece gli scostamenti a bassa frequenza (che risultano più limitati di quelli che avvengono nell’altro estremo dell’intervallo di misura).

- Per il potere fonoisolante apparente, valutato con i diversi metodi, gli scostamenti non presentano verso costante; tali variazioni potrebbero essere causate, in qualche caso, dal funzionamento intermittente dei macchinari nel limitrofo cantiere edile o dal passaggio di autovetture. Tuttavia nella

maggior parte dei casi possono essere imputate alla non diffusività del campo sonoro a bassa frequenza.

- Nel caso dell'isolamento di facciata è presente una minima tendenza dei metodi manuali, e in particolare di quello derivato dalla norma UNI EN ISO 10052, a fornire livelli di isolamento minori a 100 Hz. In questo caso non vi è influenza del rumore residuo dato che i livelli *L2* sono di circa 30 dB maggiori dei livelli *B2*.
- Per il calpestio, misurato tra ambienti sovrapposti (in entrambi i versi di misura), il livello misurato per punti fissi tende ad essere leggermente più basso a 100 Hz. Anche in questo caso non vi è influenza del rumore residuo.

Rimangono dunque alcuni aspetti da chiarire per gli scostamenti in frequenza tra i vari metodi.

Di certo, la tecnica della movimentazione manuale comporta un rumore residuo più alto. Nelle misure qui presentate tale fatto è stato enfatizzato a causa dell'abbigliamento utilizzato durante i collaudi: dato che i rilievi sono stati eseguiti in inverno, in ambienti non riscaldati, l'operatore indossava un giubbotto pesante che ha aumentato considerevolmente il rumore dovuto al movimento del braccio. L'utilizzo di indumenti più leggeri può minimizzare tale problema.

5) CLASSIFICAZIONE ACUSTICA

5.1 Norma UNI 11367

La norma sulla classificazione acustica delle unità immobiliari è stata pubblicata a luglio 2010, dopo una fase di elaborazione durata più di due anni, e che ha coinvolto un gruppo di lavoro numeroso ed eterogeneo. Gli edifici AGECE E1 e D del quartiere Borgo Nuovo di Verona, sono stati tra i primi in Italia ad essere classificati acusticamente, dato che su di essi è stata applicata in via sperimentale la norma sulla classificazione acustica, ancor prima della sua pubblicazione, durante la fase di inchiesta pubblica. Una prima pubblicazione a riguardo è stata presentata al Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica a Maggio 2010, in cui si esponevano i risultati dell'applicazione della tecnica di campionamento, nella sua versione ancora non definitiva che prevedeva l'utilizzo di un numero minimo di due campioni per ogni gruppo omogeneo e che fissava limiti più restrittivi per la definizione dei gruppi omogenei stessi (5).

In questa sede tale lavoro è stato aggiornato alla versione definitiva della norma UNI 11367, modificando la scelta dei gruppi omogenei in base alle definitive tolleranze dimensionali, fissate al 20%, e al numero minimo di campioni da analizzare, portato a 3.

Una descrizione, commentata, della norma UNI 11367 è riportata in Appendice C, quindi nel presente capitolo verranno date per note le definizioni ed i metodi di calcolo.

Nel paragrafo 5.2, vengono descritti i calcoli per determinare il parametro L_{id} che caratterizza la rumorosità dovuta agli impianti discontinui, secondo il metodo dell'appendice D della norma UNI 11367 (e qui descritto in Appendice C.2).

Nel caso degli edifici in esame non erano presenti, al momento dei collaudi, impianti a funzionamento continuo, che sono stati quindi considerati non pertinenti (NP).

Nei paragrafi 5.3 e 5.4, si riportano i risultati della classificazione con misure su tutti gli elementi tecnici.

Gli stessi calcoli sono stati effettuati utilizzando il campionamento.

I risultati ottenuti con e senza campionamento sono stati quindi confrontati tra loro, ragionando in particolare sulla scelta del fattore di copertura e sull'omogeneità dei gruppi omogenei definiti.

Un'ulteriore sperimentazione è stata la classificazione dell'edificio E1 utilizzando le misure effettuate con il metodo di controllo della norma UNI EN ISO 10052, sia applicata nella sua forma più semplificata (con misure per banda d'ottava e con correzione per il tempo di riverbero tabulare), che in una versione modificata (con misure per bande di terzi d'ottava, tempo di riverbero misurato e correzione del rumore di fondo).

L'utilizzo per la classificazione di un metodo di misura semplificato e più rapido, rispetto alle norme della serie UNI EN ISO 140 per le misure in opera, potrebbe essere un valido strumento specialmente nei casi di edifici non seriali, in cui non è possibile applicare il campionamento. I risultati di questa classificazione "alternativa" sono stati confrontati con quelli ottenuti con le misure "standard" e le deviazioni risultanti sono state paragonate a quelle che derivano dall'utilizzo del campionamento.

5.2 Misure di rumore d'impianto secondo l'appendice D della norma 11376

5.2.1 Descrizione delle misure d'impianto discontinuo sull'edificio E1

La prima palazzina in cui sono state eseguite le misure degli impianti discontinui è la palazzina E1. In Figura 41 è rappresentata la pianta del piano tipo dell'edificio; tratteggiati sono indicati gli ambienti utilizzati per rilevare la rumorosità degli impianti dei bagni al piano superiore. In Figura 42 è riportata invece una sezione dell'edificio analizzato con schematizzata la direzione di effettuazione delle misure.

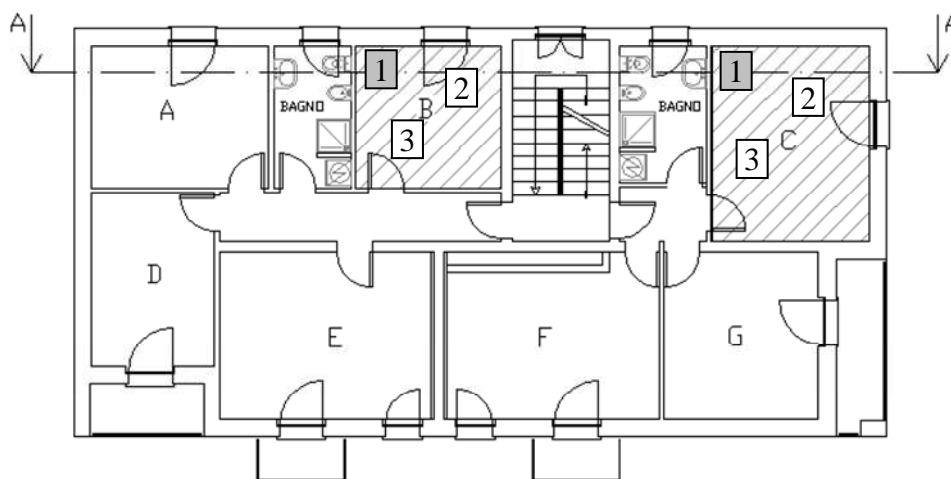


Figura 41 – Pianta del piano tipo della palazzina E1

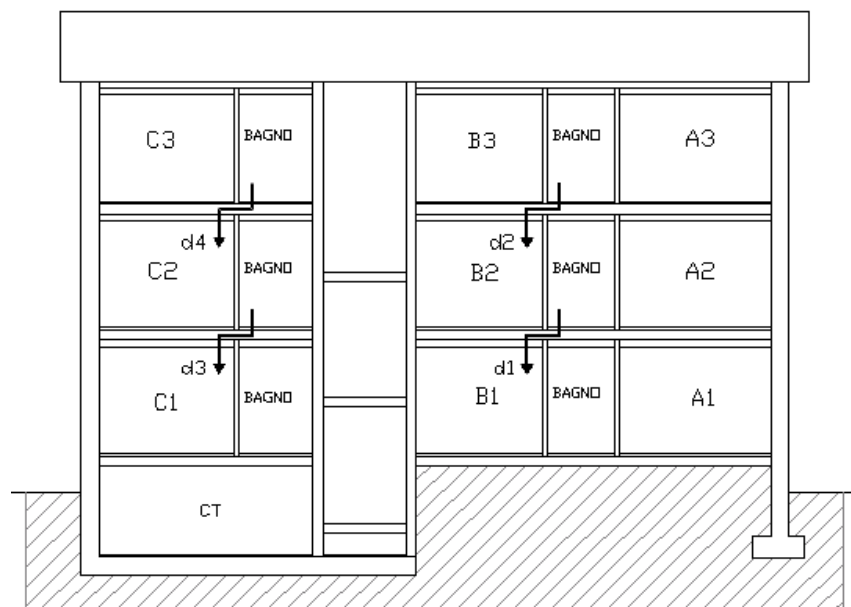


Figura 42 – Palazzina E1, sezione A-A

Seguendo le indicazioni dell'appendice C, sono stati valutati solo gli impianti dei bagni caratterizzati dalla maggior portata, quindi sono state eseguite le misure per gli scarichi dei WC, trascurando gli scarichi dei lavabi e dei bidet. Non è stato invece possibile valutare la rumorosità dovuta alle docce a causa dell'assenza dei box, come si vede in una delle immagini di Figura 43.

Non sono stati considerati gli impianti dei bagni al primo piano, dato che non era possibile individuare ambienti abitativi di differenti U.I., dove eseguire le misure, né al livello inferiore, né allo stesso livello.



Figura 43 – Immagini delle misure nei bagni della palazzina E1. A partire da sinistra: uno dei bagni, il particolare di una delle docce (priva del box), ed un esempio di posizionamento del microfono per la misura d’angolo.

Il problema principale nell’esecuzione delle misure è stato l’elevato livello di rumore esterno, dovuto in alcuni casi al traffico stradale e in altri casi ai lavori nei cantieri edili limitrofi. Quindi è stato necessario eseguire parte delle misure di sera, per minimizzare l’influenza del rumore residuo.

In particolare l’attività dei cantieri causava un livello di pressione sonora molto elevato alle basse frequenze. In tali condizioni, l’applicazione, in alternativa al metodo dell’appendice D, della norma UNI EN ISO 16032, avrebbe posto dei problemi, soprattutto per la scelta della posizione d’angolo in base alla misura del livello massimo ponderato C, L_{CSmax} . Infatti, mentre il picco dovuto all’azionamento dello scarico, era ben visibile, se letto come livello ponderato A, nella maggior parte dei casi non era invece rilevabile con la ponderazione C. Ciò si può osservare in alcuni dei grafici degli andamenti temporali, in cui le misure sono state riportate sia come L_{ASmax} che come L_{CSmax} .

Misure nella stanza B1, della palazzina E1

Come indicato nella norma UNI 11367, sono state eseguite sei misure, due per ognuna delle tre posizioni microfoniche. In Tabella 40 si leggono i livelli massimi (L_{ASmax}) di ogni misura, mentre in Figura 44 sono riportati i relativi andamenti temporali.

La Tabella 41 contiene i valori del tempo di riverbero, da 100 a 3150 Hz e il relativo valore medio.

Tabella 40 – Livelli massimi ponderati A, e relativa media energetica

L_{ASmax} [dB(A)]	Posizione 1	Posizione 2	Posizione 3	Media energetica
Misura 1	38,1	37,5	37,1	37,7
Misura 2	38,2	37,8	37,5	

Tabella 41 – Tempo di riverbero da 100 a 3150 Hz e valore medio

f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500
T_{rev} [s]	1,98	1,59	1,83	2,03	1,94	1,23	1,31	1,3
f [Hz]	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
T_{rev} [s]	1,37	1,47	1,52	1,54	1,53	1,51	1,41	1,4
Valore medio [s]	1,55							

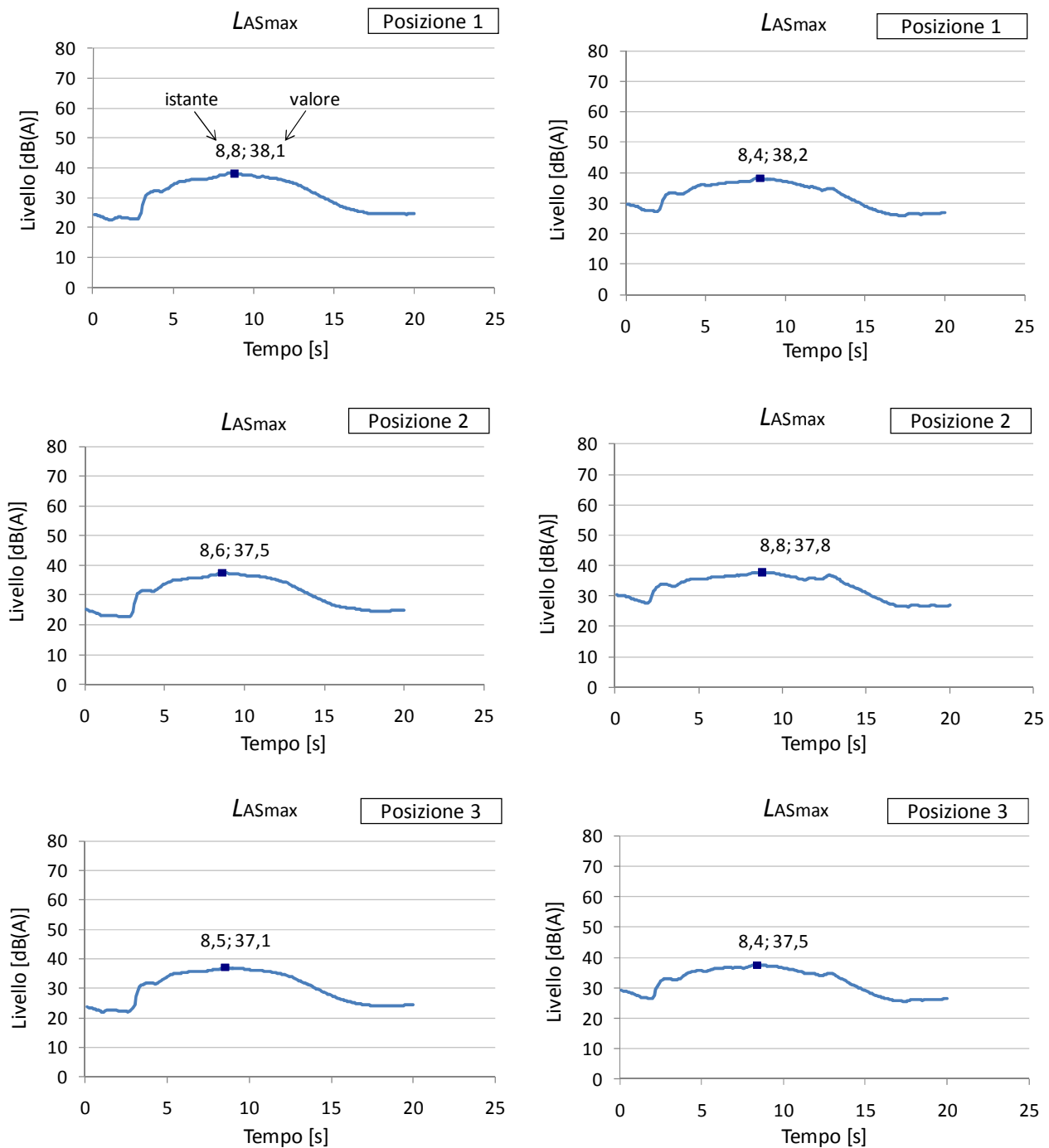


Figura 44 – Livelli nella posizione d'angolo (posizione 1) e nelle due posizioni in campo diffuso (posizioni 2 e 3), per le due ripetizioni della misura

Il fattore di correzione per il tempo di riverbero K_2 , ed il livello d'impianto corretto L_{id} si calcolano mediante le seguenti relazioni:

$$K_2 = -10\log(T/T_0) = -10\log(1,55/0,5) = -4,9 \text{ dB}$$

$$L_{id} = L_{ASmax} - K_2 = 37,7 - 4,9 = 32,8 \text{ dB}$$

Misure nella stanza B2, della palazzina E1

Utilizzando il metodo della norma UNI 11367, il livello massimo ponderato C non va considerato e nel seguente andamento temporale, viene riportato solo a titolo di esempio, al fine di evidenziare le differenze tra le diverse normative. Osservando Figura 45, non è possibile stabilire con certezza se i picchi dei livelli ponderati A e ponderati C siano relativi allo stesso evento: nella curva del livello L_{ASmax} , il rumore dovuto all'impianto inizia dopo circa 5 secondi ed è preceduto e seguito da un livello residuo stazionario. Invece, dalla curva del livello L_{CSmax} , l'evento non è chiaramente individuabile, poiché i livelli residui sono molto alti e variabili.

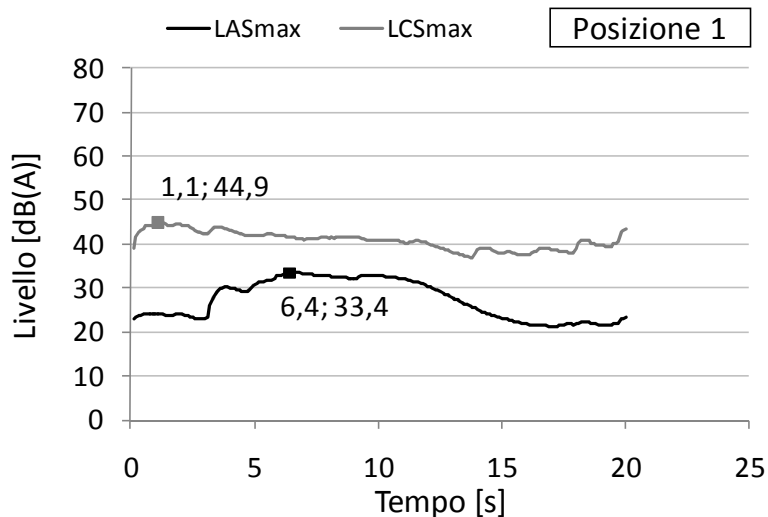


Figura 45– Esempio di andamento temporale dei livelli nella posizione d'angolo (posizione 1), rilevati sia con ponderazione A che con ponderazione C

I livelli misurati, sono riportati in Tabella 42. Per la posizione d'angolo sono state effettuate tre ripetizioni invece che due: è corretto considerarle tutte in quanto la norma stabilisce solo un limite minimo al numero di misure.

Tabella 42– Livelli massimi ponderati A, e relativa media energetica

L_{ASmax} [dB(A)]	Posizione 1	Posizione 2	Posizione 3	Media energetica
Misura 1	33,4	32,2	31,9	32,5
Misura 2	32,5	32,3	32,5	
Misura 3	32,8			

Il tempo di riverbero medio T è uguale a 1,61 s, il fattore di correzione per il tempo di riverbero K_2 risulta - 5,1 dB ed il livello corretto d'impianto L_{id} è pari a 27,4 dB.

Misure nella stanza C1, della palazzina E1

I valori misurati nella stanza C1, sono riportati in Tabella 43.

Tabella 43 – Livelli massimi ponderati A, e relativa media energetica

L_{ASmax} [dB(A)]	Posizione 1	Posizione 2	Posizione 3	Media energetica
Misura 1	41,5	40,9	41,2	39,4
Misura 2	39,6	38,6	39,9	
Misura 3	36,4	36,7	35,2	

Il tempo di riverbero medio T è uguale a 2,08 s; il fattore di correzione per il tempo di riverbero K_2 risulta di -6,2 dB ed il livello corretto d'impianto L_{id} è pari a 33,2 dB.

Misure nella stanza C2, della palazzina E1

Nel caso delle misure nella stanza C2, era chiaramente identificabile il rumore della ricarica della cassetta del WC. Quindi è stato aumentato il tempo di misura in modo da rilevare l'intero ciclo dell'impianto. Anche in questo caso, il livello ponderato C risulta molto sensibile agli eventi esterni e il rumore dell'impianto non è chiaramente individuabile. A seguire si riportano i livelli misurati ed i calcoli per la determinazione del livello d'impianto corretto

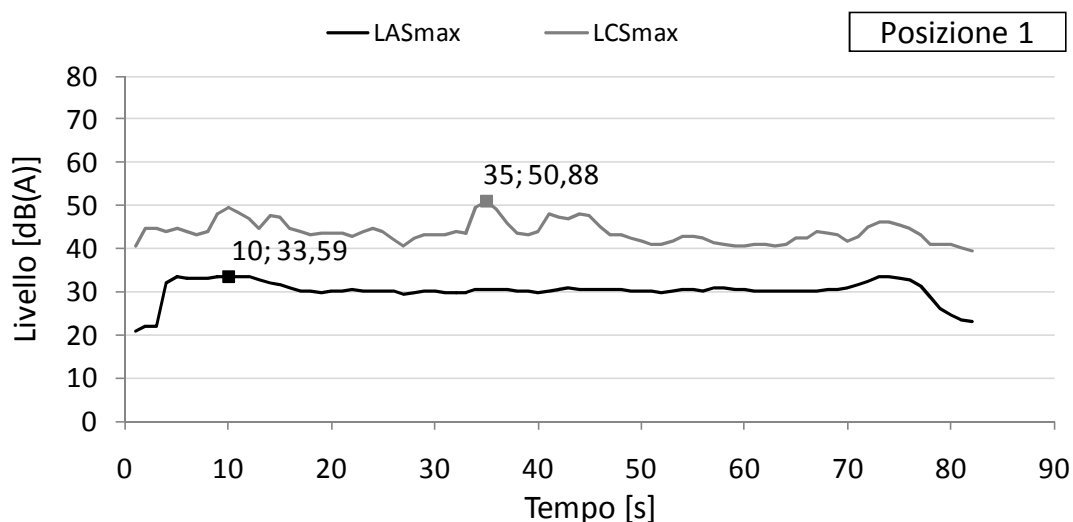


Figura 46 - Esempio di andamento temporale dei livelli nella posizione d'angolo (posizione 1), rilevati sia con ponderazione A che con ponderazione C

Tabella 44– Livelli massimi ponderati A, e relativa media energetica

L_{ASmax} [dB(A)]	Posizione 1	Posizione 2	Posizione 3	Media energetica
Misura 1	33,59	32,82	32,88	33,26
Misura 2	33,81	32,72	33,63	

Tempo di riverbero medio: $T = 2,60$ s

Fattore di correzione per il tempo di riverbero: $K_2 = -7,2$ dB

Livello d'impianto corretto: $L_{id} = 26,1$ dB

5.2.2 Descrizione delle misure d'impianto discontinuo sull'edificio D

Come per l'edificio E1, anche nella palazzina D, in cemento armato, i soli impianti discontinui provati sono stati gli scarichi dei WC, dato che anche in questo caso non erano presenti i box doccia.

Per gli ambienti all'ultimo piano gli impianti discontinui non sono pertinenti, infatti non è possibile eseguire misure verso ambienti di differenti unità immobiliari sullo stesso piano e non è prevista la misura eseguita da un bagno di un piano inferiore verso l'alto.

In Figura 47 è rappresentata la pianta del piano tipo dell'edificio: gli ambienti utilizzati per rilevare la rumorosità degli impianti dei bagni, del piano immediatamente superiore, sono stati contrassegnati con un tratteggio; in pianta è indicata anche la distribuzione delle posizioni microfoniche (1 posizione d'angolo, 2 e 3 posizioni in campo diffuso).

In Figura 48 sono riportate alcune immagini scattate durante le misure.

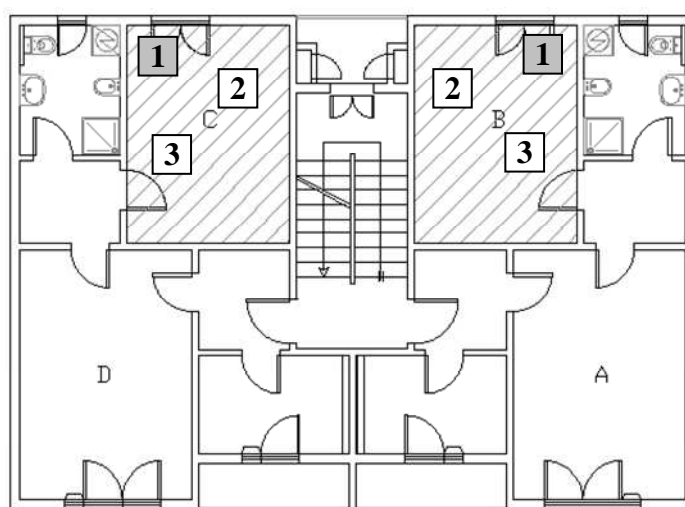


Figura 47 – Pianta del piano tipo della palazzina D



Figura 48 – Palazzina D, immagini di wc e doccia di uno dei bagni ed esempio di posizionamento del microfono per una misura in campo diffuso

Misure nella stanza B1, della palazzina D

Sia nella stanza B1 che nella stanza B2, i rilievi microfonici sono risultati molto disturbati dai rumori esterni. Quando possibile, gli eventi estranei, sono stati scorporati, mantenendo la parte restante della misura. In alcuni casi, però, non è stato possibile distinguere il rumore residuo dal rumore d'impianto, per cui tali misure sono state scartate. Questo è il motivo per cui, per alcune posizioni, è riportato un solo valore di L_{ASmax} , invece di due.

Tabella 45 – Livelli massimi ponderati A, e relativa media energetica

L_{ASmax} [dB(A)]	Posizione 1	Posizione 2	Posizione 3	Media energetica
Misura 1	29,57	29,16	28,99	29,5
Misura 2	30,28			

Il tempo di riverbero medio T è uguale a 1,46 s, il fattore di correzione per il tempo di riverbero K_2 risulta - 4,66 dB ed il livello corretto d'impianto L_{id} è pari a 24,9 dB.

In Figura 49 è riportato un esempio di misura, per cui è stato possibile lo scorporo dei livelli estranei. Dal livello ponderato A si vede comunque, chiaramente, l'andamento temporale del ciclo operativo dell'impianto. L'abbaiare dei cani, che si è verificato ad inizio e a fine misura, comporta, nella curva del livello L_{ASmax} , solo un innalzamento del livello del rumore residuo agli estremi della misura.

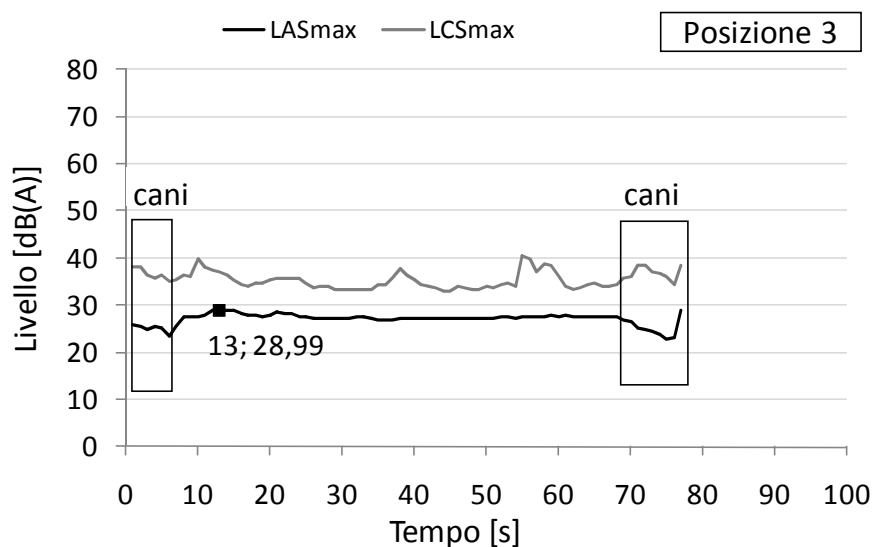


Figura 49–Andamento temporale dei livelli in una delle posizioni in campo diffuso, rilevati sia con ponderazione A che con ponderazione C. Per questa misura è stato possibile l'eliminazione degli eventi estranei

Misure nella stanza B2, della palazzina D

In Figura 50 è riportata una misura che è stato necessario scartare per la predominanza dell'evento estraneo sul rumore d'impianto, che di fatto non risulta identificabile. Anche in questa stanza, come per la precedente, per le due posizioni in campo diffuso, è presente un solo valore di L_{ASmax} invece di due. A seguire si riportano i livelli misurati ed i calcoli del livello d'impianto corretto.

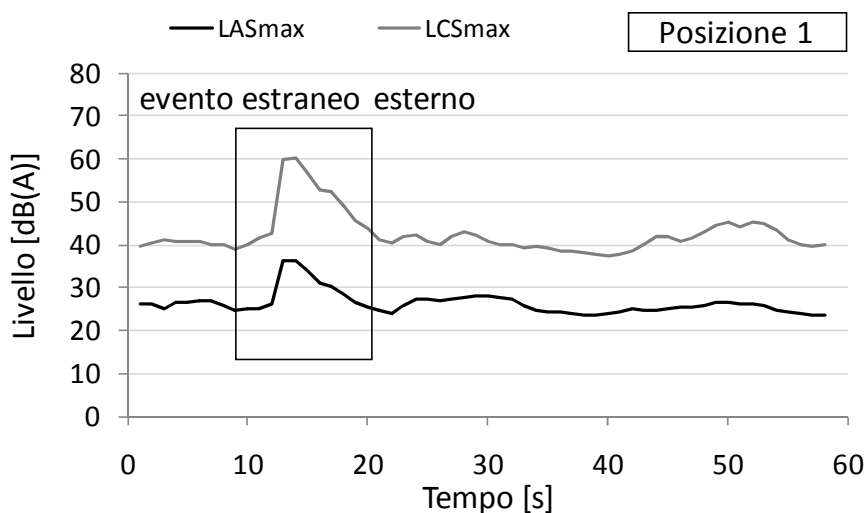


Figura 50 - Misura in cui non è stato possibile scorporare gli eventi estranei

Tabella 46 – Livelli massimi ponderati A, e relativa media energetica

L_{ASmax} [dB(A)]	Posizione 1	Posizione 2	Posizione 3	Media energetica
Misura 1	31,64	28,38	27,35	29,2
Misura 2	28,06			

Tempo di riverbero medio: $T = 1,50$ s.

Fattore di correzione per il tempo di riverbero: $K_2 = -4,78$ dB.

Livello d'impianto corretto: $L_{id} = 24,4$ dB.

Misure nella stanza C2, della palazzina D

Non è stato possibile eseguire la misura del livello di rumore dovuto agli impianti discontinui dal bagno del terzo piano, verso l'ambiente C2 in quanto, al momento dei collaudi mancava il contatore dell'impianto idrico che quindi non poteva essere messo in funzione.

Di conseguenza, secondo le prescrizioni della norma UNI 11367, il requisito è stato contrassegnato con la sigla NV, cioè non verificabile.

Misure nella stanza C1, della palazzina D

Per l'ultimo ambiente della palazzina D, dato che per i rilievi eseguiti nelle due stanze precedenti era stato necessario scartare numerose misure, si è deciso di aumentare il numero di ripetizioni in ciascuna posizione microfonica. In tal caso però i livelli residui, anche se elevati, erano più stazionari, almeno considerando il parametro L_{ASmax} , quindi le misure sono risultate tutte valide e sono state tutte utilizzate per il calcolo della media energetica.

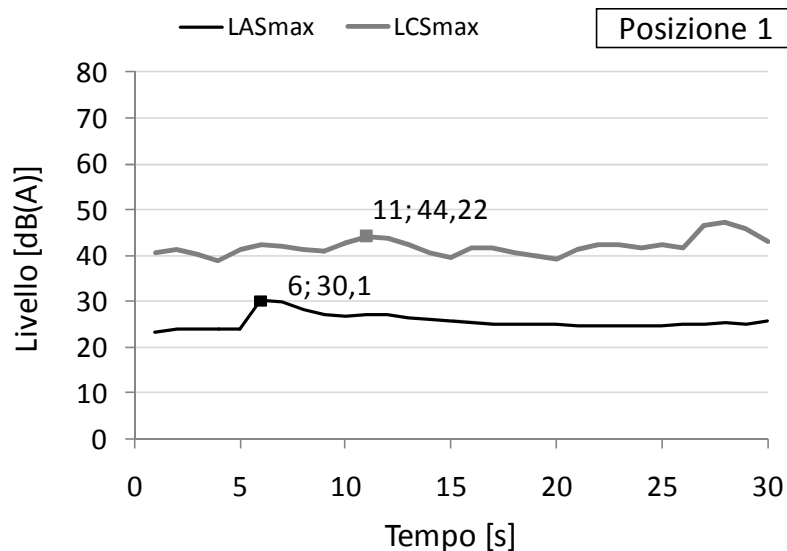


Figura 51 - Esempio di andamento temporale dei livelli nella posizione d'angolo (posizione 1), rilevati sia con ponderazione A che con ponderazione C

Tabella 47 – Livelli massimi ponderati A, e relativa media energetica

L_{ASmax} [dB(A)]	Posizione 1	Posizione 2	Posizione 3	Media energetica
Misura 1	31,19	30,13	29,24	30,8
Misura 2	34,87	29,18	30,31	
Misura 3	30,1	29,65	30,75	
Misura 4		30,22	31,71	
Misura 5		29,66		
Misura 6		29,84		
Misura 7		30,53		
Misura 8		30,21		

Il tempo di riverbero medio T è uguale a 1,47 s, il fattore di correzione per il tempo di riverbero K_2 risulta di -4,7 dB ed il livello corretto d'impianto L_{id} è pari a 26,1 dB.

5.3 Classificazione palazzina E1 mediante misure su tutti gli elementi tecnici

Le unità immobiliari delle due palazzine in esame, sono state classificate acusticamente in conformità con la norma UNI 11376. In questa sezione si considera la classificazione eseguita a partire dalle misure su tutti gli elementi tecnici verificabili.

Per tutte le unità immobiliari, di entrambe le palazzine, il requisito relativo alla rumorosità indotta dagli impianti a funzionamento continuo, è risultato non pertinente (NP), non essendo presenti impianti di questa tipologia.

In conformità con quanto indicato dalla norma UNI 11367, per i due appartamenti all'ultimo piano le misure di calpestio sono state eseguite utilizzando come ambienti trasmittenti le stanze del secondo piano, quindi effettuando le misure dal basso verso l'alto. Ciò è stato fatto anche tra i due ambienti affiancati, appartenenti ad U.I. diverse (ambienti E ed F) dato che il livello di calpestio misurato dal basso è risultato più elevato di quello affiancato.

Le misure effettuate per gli impianti discontinui sono quelle riportate nei due precedenti paragrafi.

Per i soggiorni-cucina, le misure di isolamento di facciata sono state ripetute sia con i fori di aerazione nelle normali condizioni d'utilizzo (fori aperti), sia chiudendo i fori con del materiale fonoassorbente. Si è provato ad effettuare la classificazione in entrambi i casi, osservando quindi gli effetti della presenza di un elemento tecnico con prestazioni acustiche molto scadenti sulla classificazione globale.

Nel caso, invece, dei fori per il collegamento delle cappe della cucina, sono state utilizzate solo le misure con i fori chiusi, dato che, nelle reali condizioni d'utilizzo, vi saranno collegati i tubi delle cappe dei fornelli.

Le misure utilizzate nei calcoli, per ciascuna unità immobiliare, sono riassunte in Tabella 48.

Tabella 48 – Misure utilizzate per la classificazione dell'edificio E1; sono indicate tra parentesi le misure non verificabili

APPARTAMENTO	$D_{2m,nT,w}$	R'_w (vert)	R'_w (orizz)	$L'_{n,w}$	L_{id}
1	A1, B1, D1, (E1)	A2-A1, B2-B1, D2-D1, E2-E1	F1-E1	A2-A1, B2-B1, D2-D1, E2-E1	Rilevato in B1
2	F1, G1, C1	F2-F1, G2-G1, C2-C1	E1-F1	F2-F1, G2-G1, C2-C1	Rilevato in C1
3	A2, B2, D2, E2	A1-A2, B1-B2, D1-D2, E1-E2, A3-A2, B3-B2, D3-D2, E3-E2	F2-E2	A3-A2, B3-B2, D3-D2, E3-E2	Rilevato in B2
4	F2, G2, C2	F1-F2, G1-G2, C1-C2, F3-F2, G3-G2, C3-C2	E2-F2	F3-F2, G3-G2, C3-C2	Rilevato in C2
5	(A3), (B3), D3, E3	A2-A3, B2-B3, D2-D3, E2-E3	F3-E3	A2-A3, B2-B3, D2-D3, E2-E3	-
6	F3, G3, C3	F2-F3, G2-G3, C2-C3	E3-F3	F2-F3, G2-G3, C2-C3	-

Nel caso degli appartamenti al piano intermedio, vanno considerati nei calcoli i valori degli indici del potere fonoisolante sia dei solai superiori che di quelli inferiori

Il numero totale di misure utilizzate è il seguente :

- 18 misure di isolamento di facciata, con in tutto 27 posizioni di sorgente esterna (in 3 ambienti non è stata possibile la misura per la mancanza di spazio sufficiente per il posizionamento della cassa), non

conteggiando che nei soggiorni-cucina le misure sono state ripetute con i fori di aerazione aperti e chiusi;

- 28 misure di potere fonoisolante apparente dei solai (se si fosse trascurato il verso della misura, i collaudi sarebbero stati 14);
- 6 misure di potere fonoisolante apparente delle pareti (3 trascurando il verso di misura);
- 21 misure di livello di calpestio;
- 4 misure di rumore d'impianto.

Complessivamente, conteggiando le prove di facciata su ambienti con più affacci come un unico collaudo e, differenziando il verso dei collaudi di potere fonoisolante apparente, risultano 77 misure ; considerando un unico verso di collaudo risultano 60 misure (sono state escluse dal conteggio le 3 misure di isolamento di facciata non eseguibili).

Va sottolineato che nella norma UNI 11367, le misure di potere fonoisolante apparente vengono generalmente considerate non direzionali, quindi per la scelta del verso di prova si rimanda alle indicazioni della norma UNI EN ISO 140-14.

Nel caso in esame, dato che comunque le prove erano state eseguite bidirezionalmente, per la classificazione con misure su tutti gli elementi tecnici, sono state utilizzate le misure di potere fonoisolante apparente nella direzione per cui l'ambiente ricevente è quello appartenente all'unità immobiliare che si sta analizzando.

Nel caso dell'utilizzo del campionamento, verranno invece considerate solo le misure eseguite dal basso verso l'alto (in verticale) e dall'ambiente più grande a quello più piccolo (in orizzontale), seguendo le direzioni preferenziali indicate dalla norma UNI EN ISO 140-14.

Per l'edificio E1, in Appendice D.1, per ogni appartamento è riportata una tabella contenente i seguenti dati:

- Il risultato delle singole misure eseguite;
- il corrispondente valore utile associato;
- il valore globale e la relativa classe per ciascun requisito;
- Il valore del parametro Z_{U_i} dell'intera unità immobiliare.

A seguire, in Tabella 49 e Tabella 50, sono riassunte la classe di ogni requisito e la classe globale per ciascuna unità immobiliare dell'edificio E1, nei due casi considerati (con foro di aerazione in facciata aperto e chiuso).

La condizione con i fori di aerazione chiusi, indica la classificazione raggiungibile dall'edificio, se si correggesse il ponte acustico presente nelle facciate dei soggiorni-cucina. Tale correzione sarebbe facilmente ottenibile installando dei sistemi di aerazione silenziosi, facilmente reperibili in commercio, ottenendo probabilmente dei livelli di isolamento della facciata anche migliori di quelli misurati tappando i fori con materiale fonoassorbente (il ponte acustico non era stato completamente eliminato).

Inoltre, la condizione con i fori di aerazione chiusi, potrebbe essere realistica se gli inquilini utilizzassero dei fornelli elettrici piuttosto che a gas (in tal caso l'aerazione non sarebbe infatti necessaria).

La classificazione ottenuta con i fori chiusi è riportata in Tabella 49: delle sei unità immobiliari, due risultano in classe III e quattro in classe II, risultato decisamente positivo, trattandosi di una ristrutturazione.

I risultati della classificazione, con i fori di aerazione aperti, sono mostrati in Tabella 50 (le tabelle con i calcoli delle classi dei singoli requisiti sono in Appendice D.2).

Nella condizione a fori aperti, per le due U.I. al primo piano, non vi è variazione di classe per il requisito dell'isolamento di facciata: per l'appartamento 1, non è stato possibile misurare la facciata dell'ambiente E1 (soggiorno-cucina), che risultava schermata dall'armadio in muratura dei contatori; per l'appartamento 2, invece, la misura con il foro di aerazione aperto ha comunque dato un valore di isolamento abbastanza elevato (39 dB) e tale da non abbassare la classe del requisito.

Per i quattro appartamenti al secondo e terzo piano, le misure di isolamento di facciata, con i fori aperti, hanno portato a valori molto bassi (tra 32 e 31 dB) abbassando la classe del requisito, dell'intero appartamento, da III a IV. Tuttavia, in tutti e quattro questi casi, la classe globale delle unità immobiliari è rimasta invariata, restando la classe II.

Tabella 49 – Classi dei requisiti e classe globale per le unità immobiliari dell'edificio E1 (con i fori di aerazione in facciata chiusi)

PALAZZINA E1							
(con fori di aerazione in facciata chiusi)							
APPARTAMENTO	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$	L_{ic}	L_{id}	Classe tot	Z_{UI}
1	III	II	III	NP	III	III	2,75
2	II	II	III	NP	III	III	2,50
3	III	I	III	NP	I	II	2,00
4	III	I	II	NP	I	II	1,75
5	III	II	I	NP	NP	II	2,00
6	III	I	I	NP	NP	II	1,70

Tabella 50– Classi dei requisiti e classe globale per le unità immobiliari dell'edificio E1 (con i fori di aerazione in facciata aperti)

PALAZZINA E1							
(con fori di aerazione in facciata aperti)							
APPARTAMENTO	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$	L_{ic}	L_{id}	Classe tot	Z_{UI}
1	III	II	III	NP	III	III	2,75
2	II	II	III	NP	III	III	2,50
3	IV	I	III	NP	I	II	2,25
4	IV	I	II	NP	I	II	2,00
5	IV	II	I	NP	NP	II	2,30
6	IV	I	I	NP	NP	II	2,00

5.4 Classificazione palazzina D mediante misure su tutti gli elementi tecnici

Come per la palazzina E1, anche per la palazzina D è stata fatta la classificazione acustica, basandosi sulle misure di tutti gli elementi tecnici.

In questo caso non sono presenti misure di potere fonoisolante in orizzontale, in quanto le sole pareti di separazione tra diversi appartamenti sono quelle tra le cucine, che però non hanno dimensioni sufficienti per le misure.

Come per l'altra palazzina, le uniche prove di rumorosità dovuta agli impianti discontinui sono state quelle degli scarichi dei WC. Nell'ambiente C2, in cui la misura non è stata possibile del rumore d'impianto, il requisito è stata contrassegnato con la sigla NV.

Le misure utilizzate, per la classificazione su tutti gli elementi tecnici, per l'edificio D, sono indicate nella seguente Tabella 52.

Tabella 51 – Misure utilizzate per la classificazione dell'edificio D; sono indicate tra parentesi le misure non verificabili

APPARTAMENTO	$D_{2m,nT,w}$	R'_w (vert)	$L'_{n,w}$	L_{id}
1	A1, B1	A2-A1, B2-B1	A2-A1, B2-B1,	Rilevato in B1
2	C1, D1	C2-C1, D2-D1	C2-C1, D2-D1	Rilevato in C1
3	A2, (B2)	A1-A2, B1-B2, A3-A2, B3-B2	A3-A2, B3-B2	Rilevato in B2
4	(C2), D2	C1-C2, D1-D2, C3-C2, D3-D2	C3-C2, D3-D2	(Rilevato in C2)
5	A3, (B3)	A2-A3, B2-B3,	A2-A3, B2-B3,	-
6	(C3), D3	C2-C3, D2-D3	C2-C3, D2-D3	-

Il numero totale di misure utilizzate è il seguente :

- 8 misure di isolamento di facciata, con in tutto 12 posizioni di sorgente esterna (in 4 ambienti non è stata possibile la misura per la mancanza di spazio sufficiente per il posizionamento della cassa e per lo stesso motivo in 2 ambienti è stato misurato solo l'affaccio finestrato);
- 16 misure di potere fonoisolante apparente dei solai (se si fosse trascurato il verso della misura, i collaudi sarebbero stati 8);
- 12 misure di livello di calpestio;
- 3 misure di rumore d'impianto (una misura non è stata possibile).

Complessivamente, conteggiando le prove di facciata su ambienti con più affacci come un unico collaudo, risultano 39 misure, differenziando il verso delle misure di potere fonoisolante apparente; in caso contrario risultano 31 misure.

In Appendice D.3 sono riportate le tabelle con i calcoli per determinare la classe di ciascun requisito, per le sei unità immobiliari dell'edificio D.

A seguito, in Tabella 52, sono illustrati i risultati della classificazione (per requisiti e come valore globale). Dei sei appartamenti quattro risultano in classe II e due in classe III, con una prestazione media che risulta leggermente peggiore rispetto al caso della palazzina E1 (le migliori prestazioni, per i requisiti passivi, raggiunte dall'edificio in laterocemento erano già state commentate al paragrafo 3.8).

Tabella 52 - Classificazione delle unità immobiliari della palazzina D

PALAZZINA D						
APPARTAMENTO	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$	L_{ic}	L_{id}	Classe tot
1	III	III	III	NP	I	III
2	III	III	III	NP	I	III
3	II	III	III	NP	I	II
4	II	III	III	NP	NV	III
5	III	III	II	NP	NP	III
6	II	III	II	NP	NP	II

5.5 Campionamento nell'edificio E1

Il campionamento, è un utile strumento, introdotto dalla norma UNI 11367, che, per edifici che presentano caratteristiche seriali, permette di ridurre il numero di prove da eseguire. I criteri per l'individuazione dei gruppi omogenei ed la procedura per il calcolo del valore rappresentativo del gruppo e dell'incertezza estesa di campionamento, sono descritti in Appendice C.3.

L'individuazione dei gruppi omogenei e delle prove singole è dipendente dal parametro che si considera, quindi verranno presi in esame uno alla volta i diversi requisiti.

5.5.1 Potere fonoisolante apparente

Per l'edificio E1, che si sta analizzando, i solai sono tutti della stessa tipologia: struttura in laterocemento con controsoffitto radiante nella parte inferiore, rivestimento con materassino anticalpestio e finitura in linoleum nella parte superiore. La suddivisione dei gruppi omogenei è quindi stata effettuata sulla base delle dimensioni degli ambienti, utilizzando, come indicato dalla norma UNI 11367, una tolleranza dimensionale del 20% tra gli elementi dello stesso insieme.

In Tabella 53 sono riportati i volumi degli ambienti e la differente campitura indica i due gruppi omogenei individuati (segnati anche in Figura 52).

Tabella 53 – Volumi degli ambienti e suddivisione in gruppi omogenei, considerando una tolleranza dimensionale del 20%

Ambiente	A	B	C	D	E	F	G
Volume [m ³]	13,07	10,73	16,00	11,02	18,32	16,78	13,31

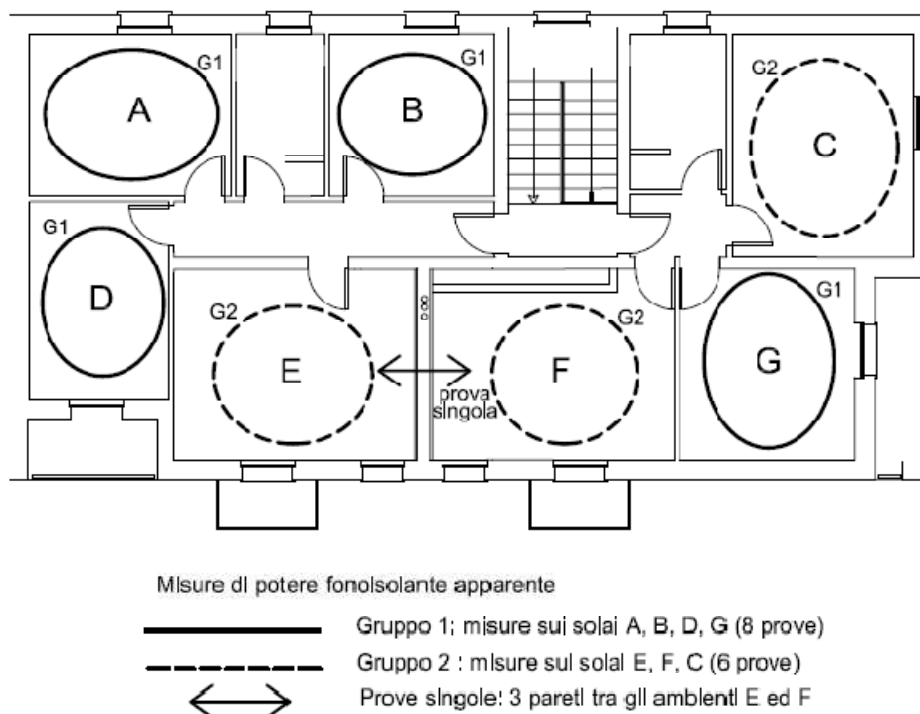


Figura 52 – Piano tipo dell'edificio E1 con indicati i gruppi omogenei e le prove singole, per il parametro che descrive l'isolamento dai rumori aerei

Nel paragrafo 5.3, dove è stata descritta la classificazione utilizzando le misure su tutti gli elementi tecnici, le misure di potere fonoisolante apparente sono state utilizzate differenziando il verso di prova, dato che

comunque erano disponibili I risultati dei collaudi eseguiti in entrambe le direzioni (dall'ambiente superiore a quello inferiore e viceversa).

Prendendo in esame la classificazione su una singola unità immobiliare, è corretto considerare gli ambienti della stessa come riceventi.

Quando si utilizza il campionamento, nella scelta e definizione dei gruppi omogenei, il punto di vista va spostato dalle singole unità immobiliari, all'intero edificio e il numero totale di prove va determinato conteggiando ogni elemento tecnico da collaudare una sola volta.

Per il campionamento, le misure di isolamento dai rumori aerei verranno considerate solo nel verso preferenziale indicato dalla norma UNI EN ISO 140-14 con le misure dei solai eseguite dal verso l'alto e le misure sulle pareti, dall'ambiente più grande (trasmittente) a quello di dimensioni inferiori.

Dopo aver determinato il valore rappresentativo di ogni gruppo omogeneo (per il requisito in esame), questo va utilizzato per la classificazione dei singoli appartamenti, conteggiandolo un numero di volte pari al numero di elementi tecnici del gruppo presenti all'interno della singola unità immobiliare.

Portando queste considerazioni all'edificio E1, il numero complessivo di misure di potere fonoisolante apparente verticale da considerare è 14 (pari al numero totale dei solai), di cui otto (solai degli ambienti A, B, D, E) sono raggruppabili nel gruppo omogeneo 1 e sei (solai degli ambienti F, G, C) nel gruppo 2.

Per quanto riguarda le misure tra ambienti affiancati, le pareti tra differenti unità immobiliari presenti sono solo tre, quantità che coincide con il numero minimo di campioni da misurare, motivo per cui tali prove sono considerate come singole.

Nella seguente Tabella 54 sono elencate le prove di potere fonoisolante apparente divise per gruppo omogeneo, con il conteggio degli elementi del gruppo ed il numero minimo di campioni da provare. Inoltre è riportato il confronto tra il numero tot di prove strettamente necessarie per la classificazione: utilizzando il campionamento le misure di potere fonoisolante verticale da eseguire diventano quasi la metà (9 invece di 17).

Tabella 54 – Individuazione delle prove raggruppabili in gruppi omogenei e delle prove singole (per il potere fonoisolante apparente dei solai), e numero minimo di prove da eseguire utilizzando il campionamento

<i>Gruppi omogenei</i>	R_w (vert)	<i>N° elementi del gruppo</i> (M_h)	<i>N° minimo campioni</i> (C_h)
1 ($h=1$)	A1-A2, B1-B2, D1-D2, E1-E2 A2-A3, B2-B3, D2-D3, E2-E3	8	3
2 ($h=2$)	F1-F2, G1-G2, C1-C2 F2-F3, G2-G3, C2-C3	6	3
<i>PROVE SINGOLE: R'_w (orizz)</i>		<i>N° di prove singole</i>	
E1-F1, E2-F2, E3-F3		Q = 3	
<i>N° tot prove senza campionamento</i> $N = \sum M_h + Q$		<i>N° tot prove con campionamento</i> $\sum_h C_h = C_{h1} + C_{h2} + Q$	
17		9	

Il numero di elementi tecnici di ciascun gruppo pertinenti per le diverse unità immobiliari è descritto in Tabella 54: per gli appartamenti al piano intermedio, vanno conteggiati sia i solai superiori che quelli inferiori.

Utilizzando il campionamento al minimo, è sufficiente effettuare tre prove. Avendo già a disposizione i risultati delle misure su tutti gli elementi tecnici, si è provato ad individuare le possibili variazioni dei risultati, rispetto al caso della classificazione su tutte le prove. Per far ciò, dai risultati del gruppo omogeneo, sono state estratte tutte le possibili combinazioni di tre elementi, e sono stati analizzati il caso peggiore ed il caso migliore ottenibili, al variare del livello di fiducia.

Tutte le possibili combinazioni, i relativi calcoli dell'incertezza estesa di campionamento e del valore rappresentativo del gruppo omogeneo risultanti, sono riportati in Appendice E.1 per il gruppo 1 (solai A, B, D, G) e per il gruppo 2 (solai C, E, F).

In Figura 53 e Figura 54 sono mostrati graficamente i risultati del campionamento, nel caso migliore (in bianco) e nel caso peggiore (in grigio) derivanti dalla scelta di diverse combinazioni di tre elementi, al variare del livello di fiducia. Il caso migliore si ottiene nell'ipotesi di misurare, su tre solai scelti, tre valori utili di R'_w pari a 56 dB (condizione che si verifica per le prove A1-A2, A2-A3, G1-G2, G2-G3).

Nel caso di tre valori coincidenti, lo scarto tipo di campionamento risulta nullo, motivo per cui il valore del caso migliore, al variare del livello di fiducia, resta costante.

Il caso peggiore, per livelli di fiducia minori o uguali al 70%, si verifica nel caso delle tre misure minori di potere fonoisolante apparente pari a 53, 54, 54 dB; per livelli di fiducia maggiori avviene per la combinazione delle tre misure con risultato 53, 54 e 56 dB, in tal caso prevale l'effetto del maggior scarto tipo di campionamento, che risulta tanto maggiore quanto più diversi sono tra loro i risultati dei tre campioni.

In Figura 53 e seguenti, sono indicate anche le linee dei valori massimi e minimi e della media energetica. In legenda sono riportati anche i valori di media aritmetica, mediana e moda.

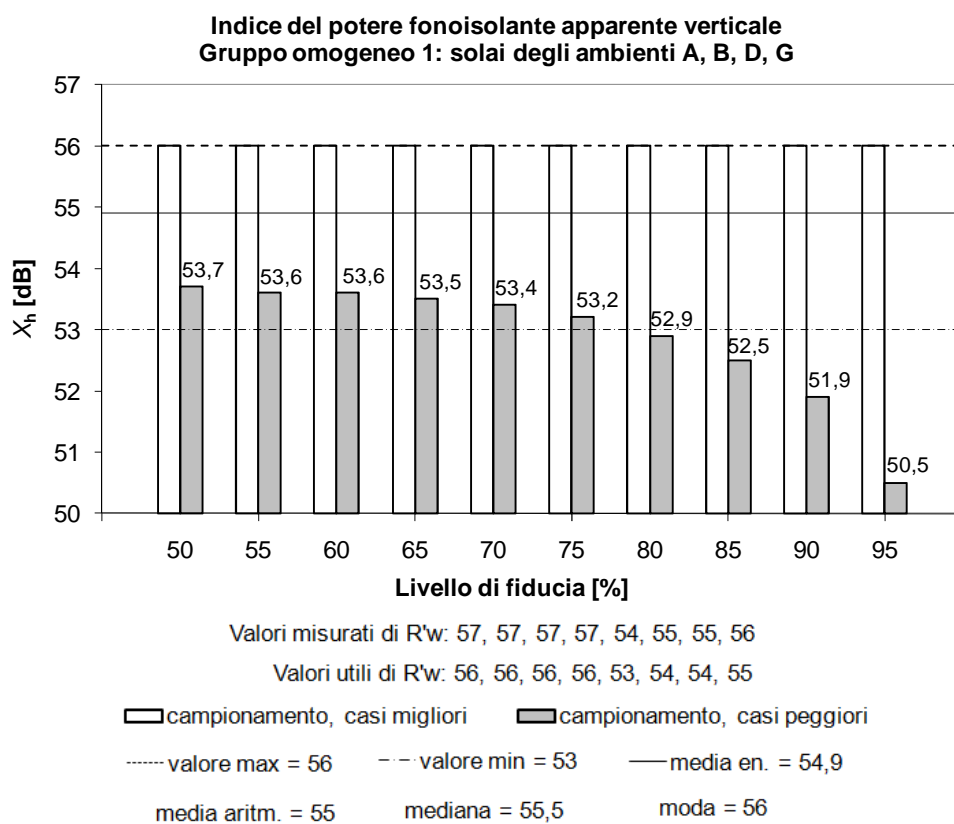


Figura 53 – Valore rappresentativo del gruppo omogeneo 1 (per il potere fonoisolante apparente dei solai): valori migliori e peggiori al variare del livello di fiducia

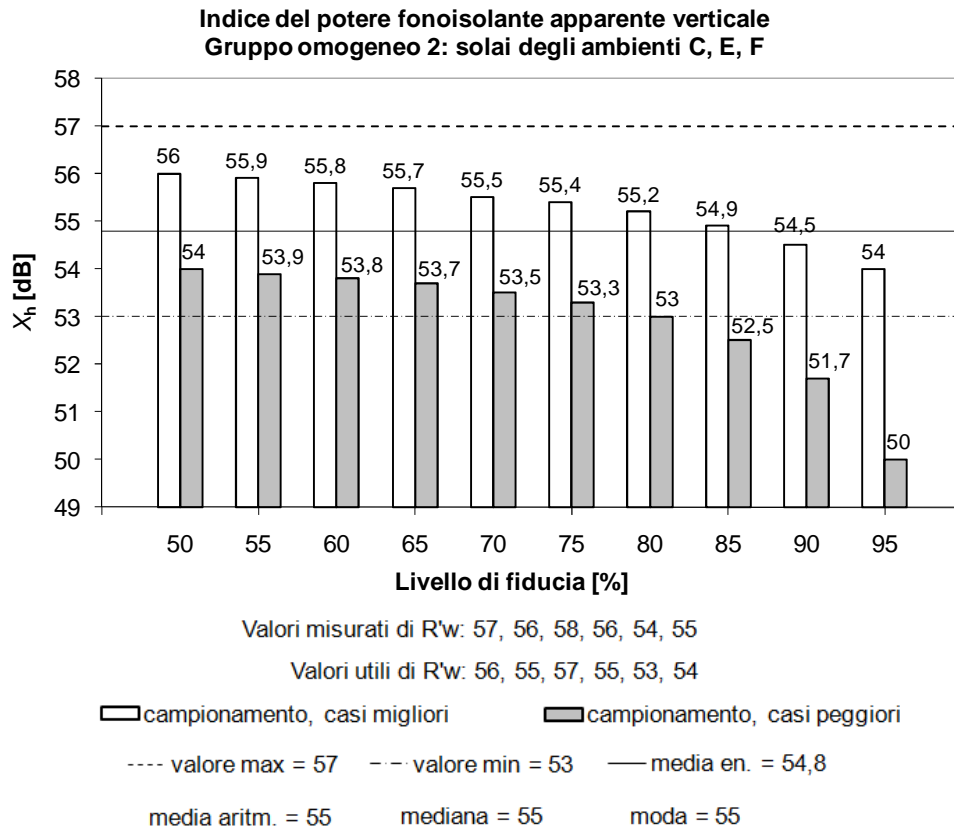


Figura 54– Valore rappresentativo del gruppo omogeneo 2 (per il potere fonoisolante apparente dei solai): valori migliori e peggiori al variare del livello di fiducia

5.5.2 Potere fonoisolante apparente (campionamento sull'intero edificio)

Come ulteriore prova, si è pensato di considerare tutti i solai in un unico gruppo omogeneo, non rispettando la tolleranza dimensionale del 20% prevista dalla norma UNI 11367.

Il suggerimento di provare ad attuare il campionamento sull'intero edificio, derogando dalle regole attuali di scelta dei gruppi omogenei è stata avanzata durante i lavori del gruppo che sta lavorando ad un metodo di classificazione semplificato, per edifici non seriali. L'obiettivo che ci si pone è quello di diminuire il più possibile il numero di prove necessarie per la classificazione.

Considerando tutti i 14 solai insieme, il numero minimo di prove si riduce ulteriormente (vedi sottostante Tabella 55). Nel caso del potere fonoisolante delle pareti, essendoci solo tre misure, le prove restano singole.

Confrontano i grafici dei valori migliori e peggiori che si possono ottenere con il campionamento, suddividendo i solai in due gruppi (Figura 53 e Figura 54) o considerandoli tutti insieme (Figura 55) si vede che la differenza è minima. Ciò avviene perché le partizioni orizzontali dell'edificio E1 hanno tutte la stessa tecnologia costruttiva e non vi sono variazioni di rivestimento. Evidentemente la variazione di dimensioni non risulta determinante, quindi in questo caso risulterebbe corretta la scelta di aumentare le dimensioni del gruppo omogeneo.

Tabella 55 – Numero minimo di prove da eseguire utilizzando il campionamento e considerando un unico gruppo omogeneo per il potere fonoisolante apparente dei solai

Gruppi omogenei	R'_w (vert)	N° elementi del gruppo (M_h)	N° minimo campioni (C_h)
1 ($h=1$)	A1-A2, B1-B2, D1-D2, E1-E2 A2-A3, B2-B3, D2-D3, E2-E3, F1-F2, G1-G2, C1-C2 F2-F3, G2-G3, C2-C3	14	3
PROVE SINGOLE: R'_w (orizz)		N° di prove singole	
E1-F1, E2-F2, E3-F3		Q = 3	
N° tot prove senza campionamento $N = \sum M_h + Q$		N° tot prove con campionamento $\sum_h C_h = C_{h1} + C_{h2} + Q$	
17		6	

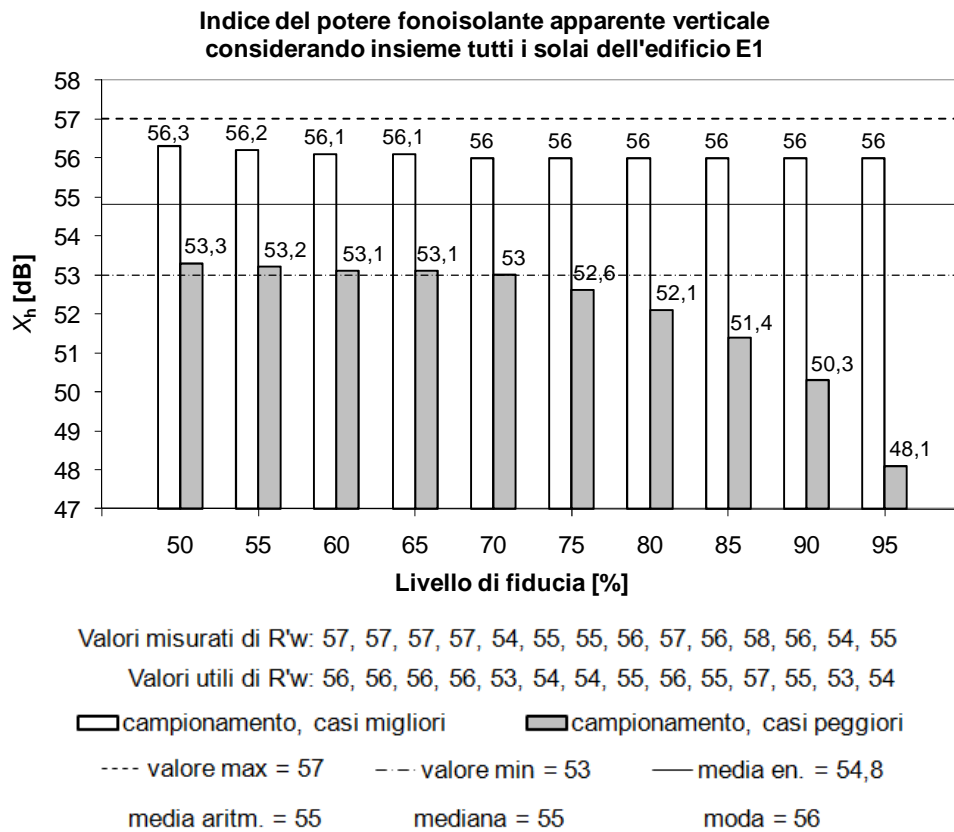
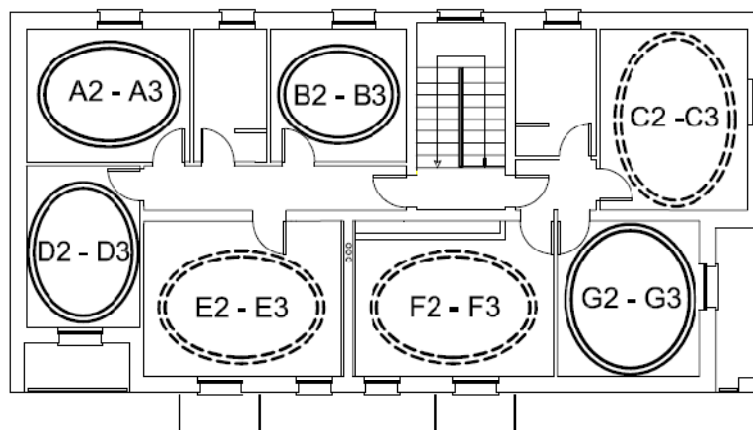
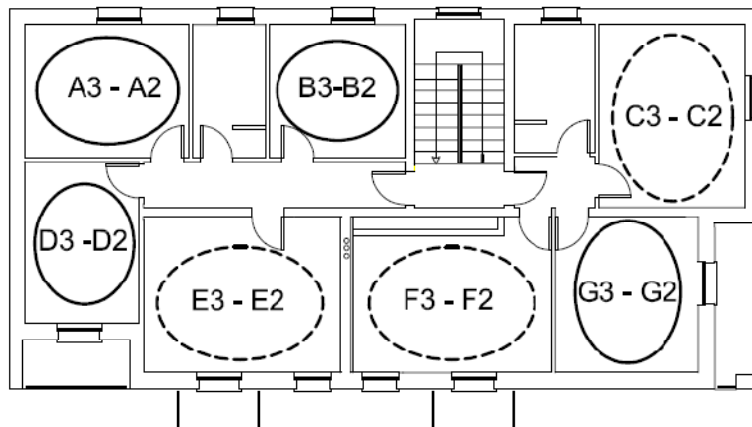
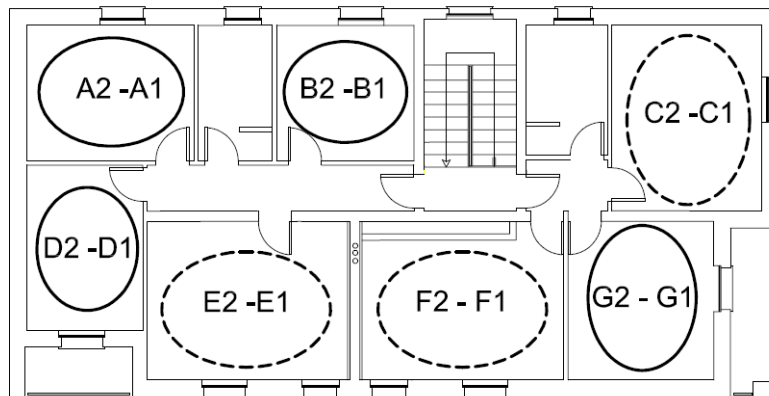


Figura 55– Risultati del campionamento per il potere fonoisolante apparente, considerando tutti i solai dell'edificio E1 in un unico gruppo

5.5.3 Livello di calpestio

Nella sottostante figura sono indicati i gruppi omogenei per il livello di calpestio, considerando la regola della tolleranza dimensionale del 20% e discriminando il verso di misura (dall'ambiente superiore o da quello inferiore).



Misure di calpestio dall'alto al basso

———— Gruppo omogeneo 1:
Solai A, B, D, G (8 prove)

----- Gruppo omogeneo 2:
Solai E, F, C (6 prove)

Misure di calpestio dal basso all'alto

===== Gruppo omogeneo 3:
Solai A, B, D, G (4 prove)

----- Prove singole:
Solai E, F, C (3 prove)

Figura 56– Piano tipo dell'edificio E1 con indicati i gruppi omogenei e le prove singole, per il livello di calpestio

Le tipologie di stanze raggruppate insieme sono le stesse viste per il potere fonoisolante apparente:

- il gruppo 1 è composto dai solai A, B, D, G misurati dall'alto verso il basso (8 prove);
- il gruppo 2 dai solai C, E, F misurati dall'alto verso il basso (6 prove);
- il gruppo 3 dai solai A, B, D, G misurati dal basso verso l'alto (4 prove).

Restano da valutare singolarmente i solai C, E, F misurati dall'ambiente inferiore (essendo solo tre misure non è possibile eseguire il campionamento). In Tabella 58 è riportato il numero minimo di misure da eseguire, con e senza campionamento.

Tabella 56 – Individuazione delle prove raggruppabili in gruppi omogenei e delle prove singole (per il livello di calpestio), e numero minimo di prove da eseguire utilizzando il campionamento

Gruppi omogenei	L'_{nw} (vert)	N° elementi del gruppo (M_h)	N° minimo campioni (C_h)
1 ($h=1$)	A2-A1, B2-B1, D2-D1, E2-E1 A3-A2, B2-B2, D3-D2, E3-E2	8	3
2 ($h=2$)	F2-F1, G2-G1, C2-C1 F3-F2, G3-G2, C3-C2	6	3
3 ($h=3$)	A2-A3, B2-B3, D2-D3, E2-E3	4	3

PROVE SINGOLE: L'_{nw} (vert)	N° di prove singole
F2-F3, G2-G3, C2-C3	$Q = 3$

N° tot prove senza campionamento $N = \sum M_h + Q$	N° tot prove con campionamento $\sum_h C_h + Q = C_{h1} + C_{h2} + C_{h3} + Q$
21	12

Anche per i tre gruppi omogenei individuati per il calpestio, sono stati valutati i casi migliori e peggiori ottenibili con il campionamento, al variare del livello di fiducia (Figura 57, Figura 58, Figura 59).

I relativi calcoli sono riportati in Appendice E.3.

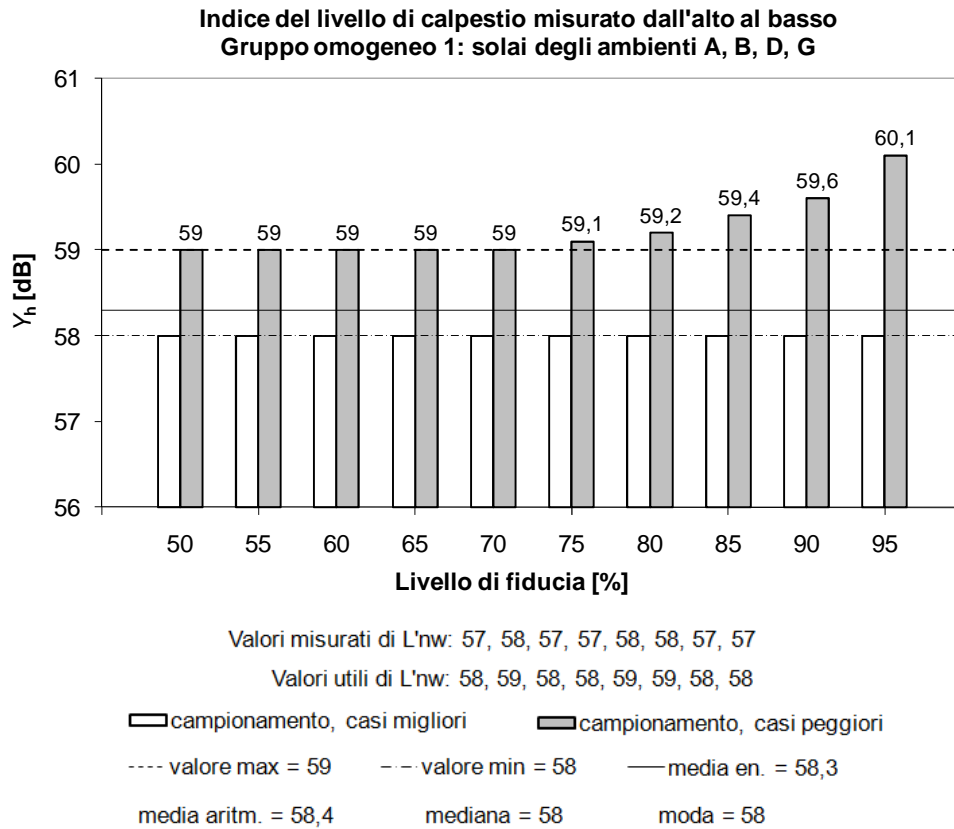


Figura 57– Valore rappresentativo del gruppo omogeneo 1, per il livello di calpestio dei solai (misurato dall'alto al basso): valori migliori e peggiori al variare del livello di fiducia

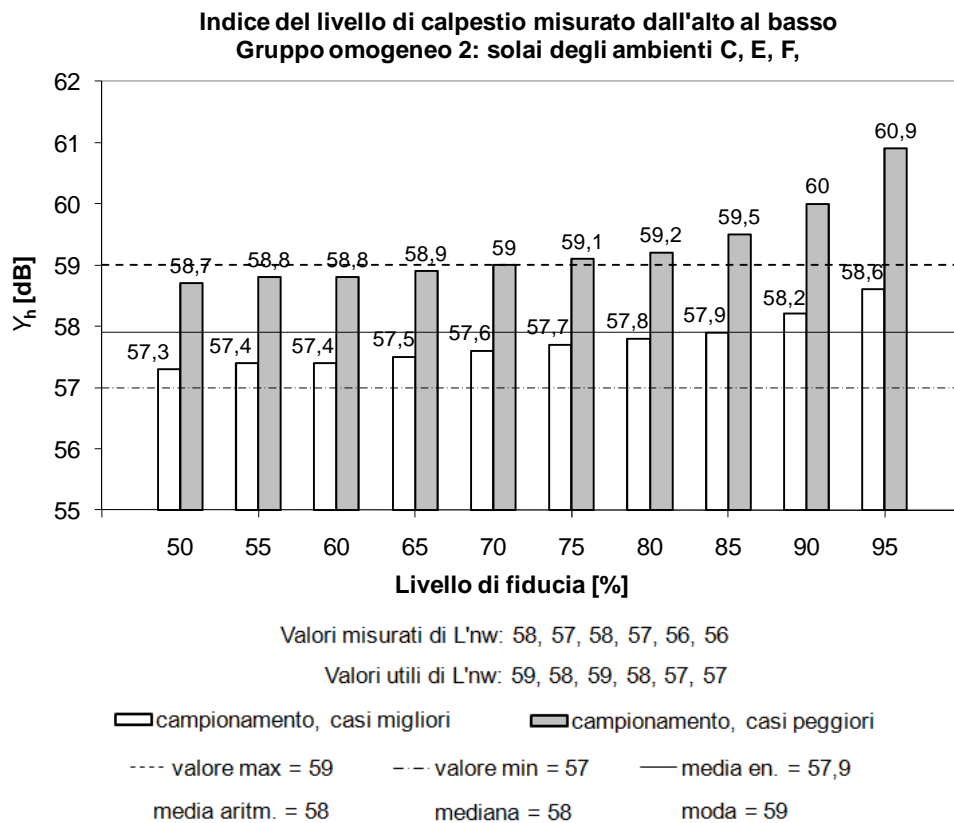


Figura 58– Valore rappresentativo del gruppo omogeneo 2, per il livello di calpestio dei solai (misurato dall'alto al basso): valori migliori e peggiori al variare del livello di fiducia

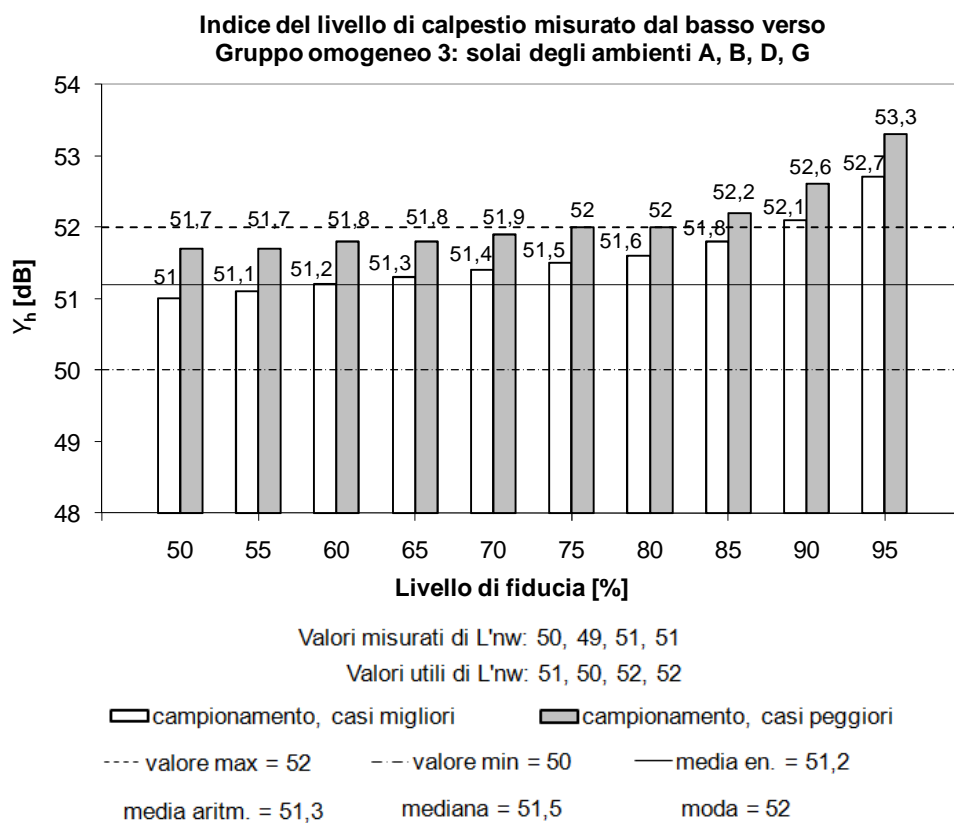


Figura 59– Valore rappresentativo del gruppo omogeneo 3, per il livello di calpestio dei solai (misurato dal basso verso l'alto): valori migliori e peggiori al variare del livello di fiducia

5.5.4 Livello di calpestio (campionamento sull'intero edificio)

Considerando tutti i solai insieme, l'unica distinzione che va ancora fatta è sul verso di misura: ne derivano due gruppi omogenei, uno per il calpestio misurato dall'alto e uno per il calpestio misurato dal basso. Il numero minimo di misure diventa 6 (vedi tabella sottostante).

Tabella 57 – Individuazione delle prove raggruppabili in gruppi omogenei e delle prove singole (per il livello di calpestio), e numero minimo di prove da eseguire utilizzando il campionamento, considerando tutti gli ambienti insieme

Gruppi omogenei	L'_{nw} (vert)	N° elementi del gruppo (M_h)	N° minimo campioni (C_h)
1 ($h=1$)	A2-A1, B2-B1, D2-D1, E2-E1 A3-A2, B2-B2, D3-D2, E3-E2, F2-F1, G2-G1, C2-C1 F3-F2, G3-G2, C3-C2	14	3
2 ($h=2$)	A2-A3, B2-B3, D2-D3, E2-E3, F2-F3, G2-G3, C2-C3	7	3
N°tot prove senza campionamento $N = \sum M_h$		N°tot prove con campionamento $\sum_h C_h = C_{h1} + C_{h2}$	
21		6	

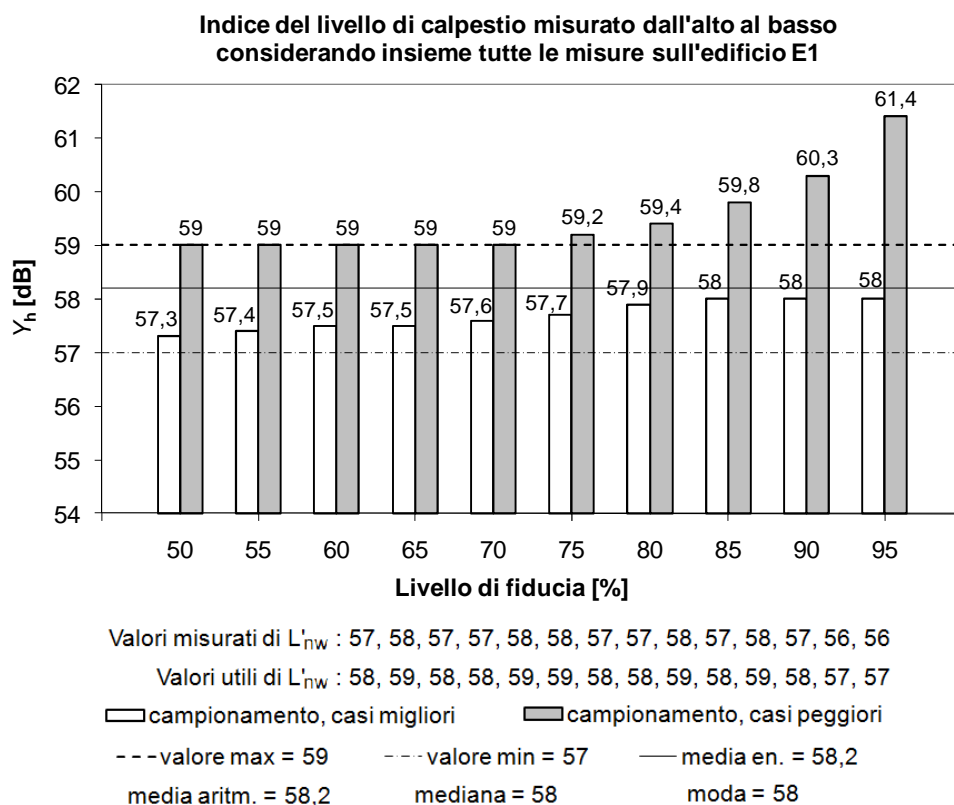


Figura 60– Risultati del campionamento per il livello di calpestio (misurato dagli ambienti superiori verso quelli inferiori), considerando tutti i solai dell'edificio E1 in un unico gruppo

Come già osservato per il caso del potere fonoisolante apparente, il campionamento eseguito su tutti i solai porta a buoni risultati vista la loro omogeneità: lo si vede innanzitutto dalla limitatissima differenza tra i

valori massimi e minimi di L'_{nw} misurati (per le prove eseguite dall'alto la differenza massima è di 3 dB, e scende a 2 dB nel caso delle prove dal basso).

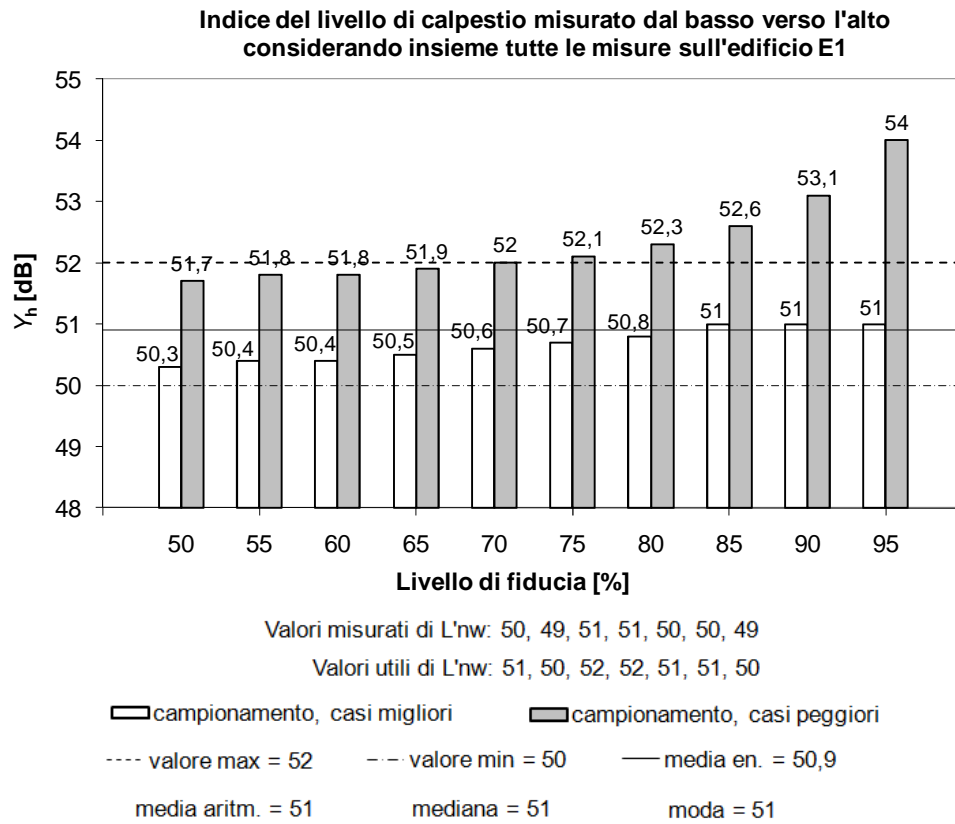


Figura 61– Risultati del campionamento per il livello di calpestio (misurato dagli ambienti inferiori verso quelli superiori), considerando tutti i solai dell'edificio E1 in un unico gruppo

5.5.5 Isolamento di facciata

Risultano uguali tra di loro le facciate degli ambienti che stanno sulla stessa colonna, a gruppi di 3. Dato che il numero minimo di elementi tecnici per formare un gruppo omogeneo è quattro, non è applicabile il campionamento. Fanno eccezione le facciate degli ambienti E ed F al 2° e 3° piano, che però sono solo quattro, per cui comunque non risulta vantaggioso l'utilizzo del campionamento. Le facciate E ed F al primo piano sono diverse da quelle ai piani superiori per l'assenza del terrazzino.

Tabella 58 – Individuazione delle prove raggruppabili in gruppi omogenei e delle prove singole (per l'isolamento di facciata), e numero minimo di prove da eseguire con e senza campionamento

Gruppi omogenei	$D_{2m,nT,w}$	N° elementi del gruppo (M_h)	N° minimo campioni (C_h)
1 ($h=1$)	E2, E3, F2, F3	4	3
PROVE SINGOLE: $D_{2m,nT,w}$		N° di prove singole	
A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D1, D2, D3, E1, F1, G1, G2, G3		Q = 17	
N° tot prove senza campionamento $N = \sum M_h + Q$		N° tot prove con campionamento $\sum_h C_h + Q = C_{h1} + C_{h2} + Q$	
21		20	

I casi migliori e peggiori, al variare del livello di fiducia, che si possono verificare utilizzando il campionamento sulle quattro facciate degli ambienti E2, E3, F2 e F3, sono illustrati in Figura 62.

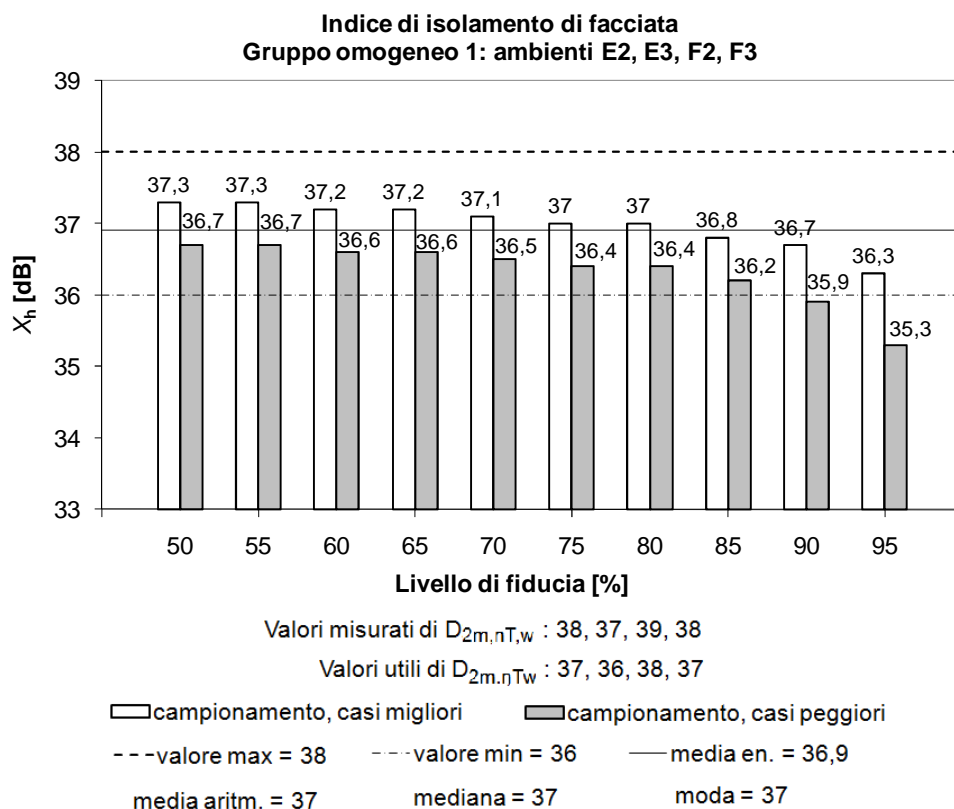


Figura 62– Valore rappresentativo del gruppo omogeneo 1, per l'isolamento di facciata: valori migliori e peggiori al variare del livello di fiducia

5.5.6 Isolamento di facciata (campionamento sull'intero edificio)

Nel caso delle facciate, risulta più rischioso considerare insieme tutti gli ambienti: vi sono stanze sia ad un affaccio che a due affacci; in alcuni casi sono presenti delle porte finestre e dei terrazzini.

Inoltre, per i serramenti, vi è l'ulteriore variabilità legata alla loro corretta regolazione.

La differenza massima tra i risultati è, in questo caso, di ben 7 dB, decisamente troppo grande per poter considerare le tutte le facciate insieme.

Sono stati comunque fatti i calcoli relativi ai casi migliori e peggiori ottenibili con il campionamento (in Appendice

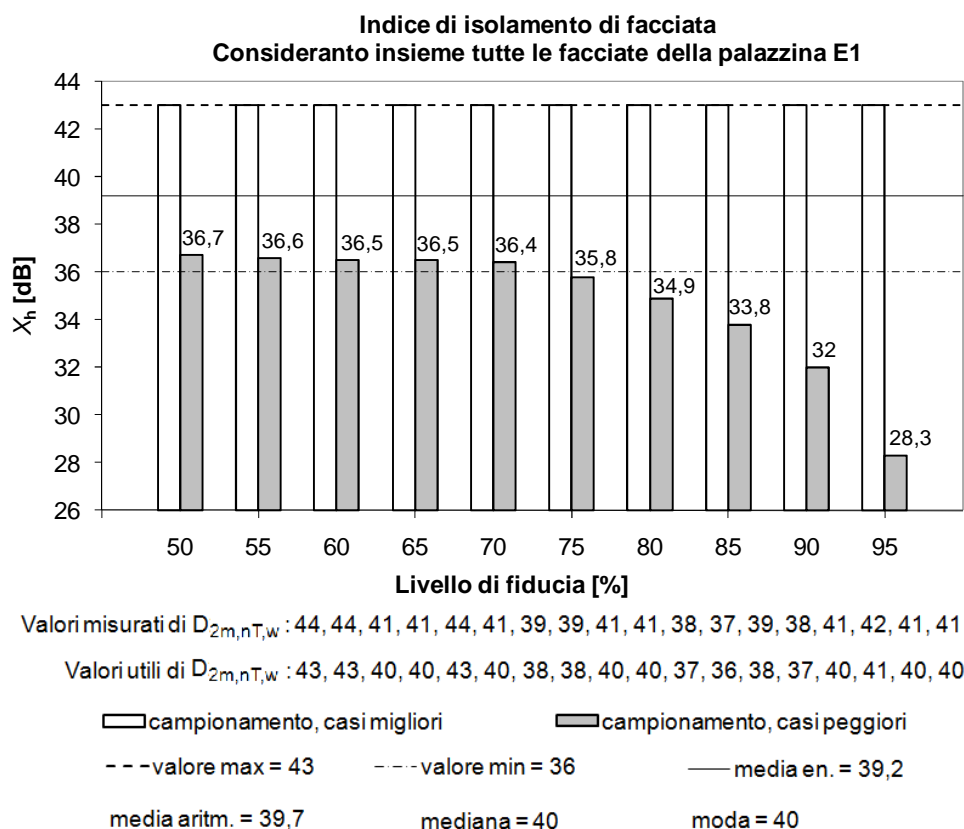


Figura 63– Risultati del campionamento per l'isolamento di facciata, considerando tutti gli ambienti dell'edificio E1 in un unico gruppo

5.5.7 Livello dovuto agli impianti discontinui (campionamento sull'intero edificio)

Come caso estremo, si può provare a campionare anche le quattro prove del livello immesso dagli impianti discontinui. Nonostante la notevole differenza tra le due misure rilevate negli ambienti del primo piano, rispetto a quelle misurate al secondo piano, per livelli di fiducia inferiori al 90%, si ha una variazione possibile (tra le misure singole ed i casi migliori e peggiori) di una sola classe.

Tuttavia, dato che in questo caso la differenza nel numero di prove, con e senza campionamento, è di una sola unità, non vi è un effettivo vantaggio nel non effettuare tutte le misure.

Misure	L_{id} [dB]	Valore utile	classe
1B	32,8	35,2	III
1C	33,2	35,6	III
2B	27,38	29,78	II
2C	26,1	28,5	II

Caso peggiore			
L%	Y_h	classe	Z
50	33,5	III	3
55	33,8	III	3
60	34	III	3
65	34,3	III	3
70	34,7	III	3
75	35	III	3
80	35,5	III	3
85	36,3	III	3
90	37,4	IV	4
95	39,8	IV	4

Caso migliore			
L%	Y_h	classe	Z
50	31,3	II	2
55	31,6	II	2
60	31,9	II	2
65	32,3	II	2
70	32,7	II	2
75	33,1	III	3
80	33,6	III	3
85	34,3	III	3
90	35,4	III	3
95	37,7	IV	4

Nel caso del calpestio è possibile fare un confronto diretto tra classi con campionamento secondo le regole della norma UNI 11367, e con campionamento sull'intero edificio, dato che in ogni unità immobiliare vi è un'unica prova da considerare, sulla quale si determina direttamente la classe.

Per gli altri requisiti, invece, la classe si determina dopo aver mediato i valori rappresentativi dei diversi gruppi omogenei e delle prove singole.

5.5.8 Conteggio complessivo delle prove da eseguire sull'edificio E1 con e senza campionamento

Si riporta un conteggio delle prove totali da eseguire, nei diversi casi considerati:

- 1) misurando tutti gli elementi tecnici;
- 2) con campionamento, secondo le indicazioni della norma UNI 11367;
- 3) con campionamento esteso a tutti gli elementi tecnici dell'edificio E1.

Il terzo caso è senz'altro molto vantaggioso, e dai confronti tra le classi ottenibili nei vari casi, si vedrà che non risulta particolarmente svantaggioso.

Tabella 59 – Numero totale di misure da eseguire, con e senza campionamento (edificio E1)

Requisito	N°tot prove senza campionamento	N°tot prove con campionamento
Isolamento di facciata	21	20
Potere fonoisolante apparente (vert)	14	6
Potere fonoisolante apparente (orizz)	3	3
Livello di calpestio (dall'alto)	14	6
Livello di calpestio (dal basso)	7	6
Rumore impianti discontinui	4	4
Totale	63	45

Tabella 60 – Numero totale di misure senza campionamento e con campionamento su tutti gli elementi tecnici dell'edificio E1

Requisito	N°tot prove senza campionamento	N°tot prove con campionamento
Isolamento di facciata	21	3
Potere fonoisolante apparente (vert)	14	3
Potere fonoisolante apparente (orizz)	3	3
Livello di calpestio (dall'alto)	14	3
Livello di calpestio (dal basso)	7	3
Rumore impianti discontinui	4	3
Totale	63	18

5.6 Campionamento nell'edificio E2

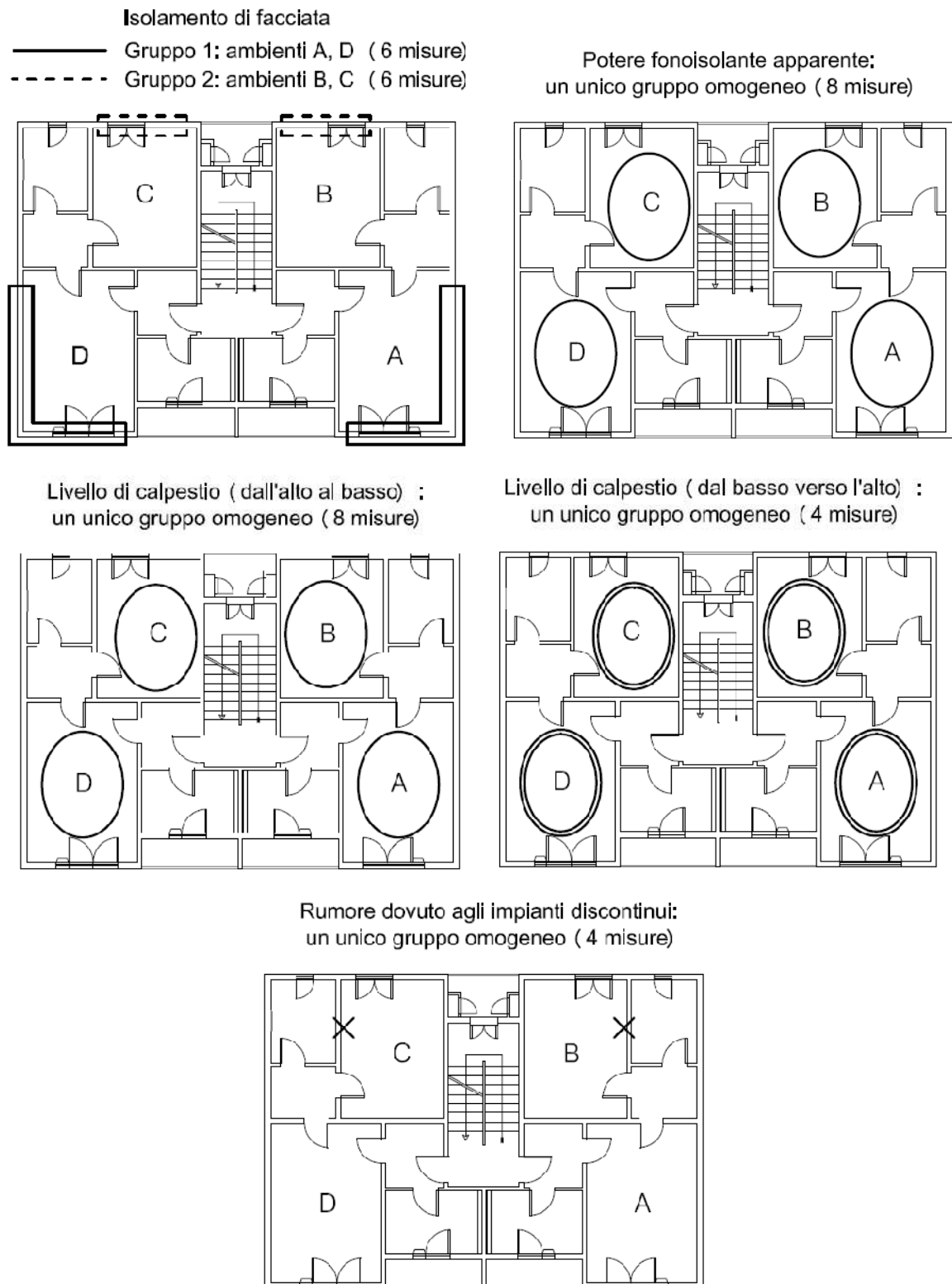


Figura 64 – Immagini del piano tipo dell'edificio D, con indicati i gruppi omogenei per i diversi parametri considerati

Tabella 61 – I volumi degli ambienti dell'edificio D rientrano nella tolleranza dimensionale del 20%.

Ambiente	A, D	B, C
Volume [m ³]	18,53	15.17

L'edificio D ha pianta simmetrica, e ciò aiuta notevolmente la possibilità di applicare il campionamento ed il vantaggio dell'applicare tale tecnica.

Gli ambienti A e D sono identici tra loro (speculari), così come gli ambienti B e C. Inoltre è possibile raggruppare tutti i solai in un unico gruppo omogeneo, dato che le superfici delle due tipologie di stanze rientrano nella tolleranza del 20% indicata dalla norma UNI 11367 per i gruppi omogenei.

- Per il potere fonoisolante apparente vi è un unico gruppo omogeneo che comprende tutti i solai; inoltre non sono possibili prove in direzione orizzontale.
- Per il calpestio si distingue solo il verso di prova (dal basso verso l'alto o viceversa).
- Per l'isolamento di facciata i gruppi omogenei sono due, dovuti alla diversità dei serramenti tra gli ambienti A D e C, B.
- Anche per il livello dovuto agli impianti discontinui, vi è la possibilità (rispettando i criteri della norma UNI 11367) di raggruppare le misure in un unico gruppo omogeneo, anche se composto di sole 4 prove.

Nei successivi paragrafi per i vari parametri, si conteggia il numero di prove da eseguire con e senza campionamento. È interessante notare che in questo caso non è presente nessuna prova singola e tale fatto contribuisce a diminuire il numero di prove totali.

5.6.1 Potere fonoisolante apparente

Come osservato per la palazzina E1, anche nell'edificio D le misure sui solai risultano molto omogenee tra loro. Nella successiva Figura 65 si vede che la differenza massima tra i risultati di potere fonoisolante apparente dei solai, dell'intero edificio è di soli 3 dB.

Tabella 62 – Individuazione delle prove raggruppabili in gruppi omogenei (per il potere fonoisolante apparente dei solai), e numero minimo di prove da eseguire utilizzando il campionamento

Gruppi omogenei	R_w (vert)	N° elementi del gruppo (M_h)	N° minimo campioni (C_h)
1 ($h=1$)	A1-A2, B1-B2, C1-C2, D1-D2 A2-A3, B2-B3, C2-C3, D2-D3	8	3
N° tot prove senza campionamento $N = \sum M_h$		N° tot prove con campionamento $\sum_h C_h = C_{h1} + C_{h2}$	
8		3	

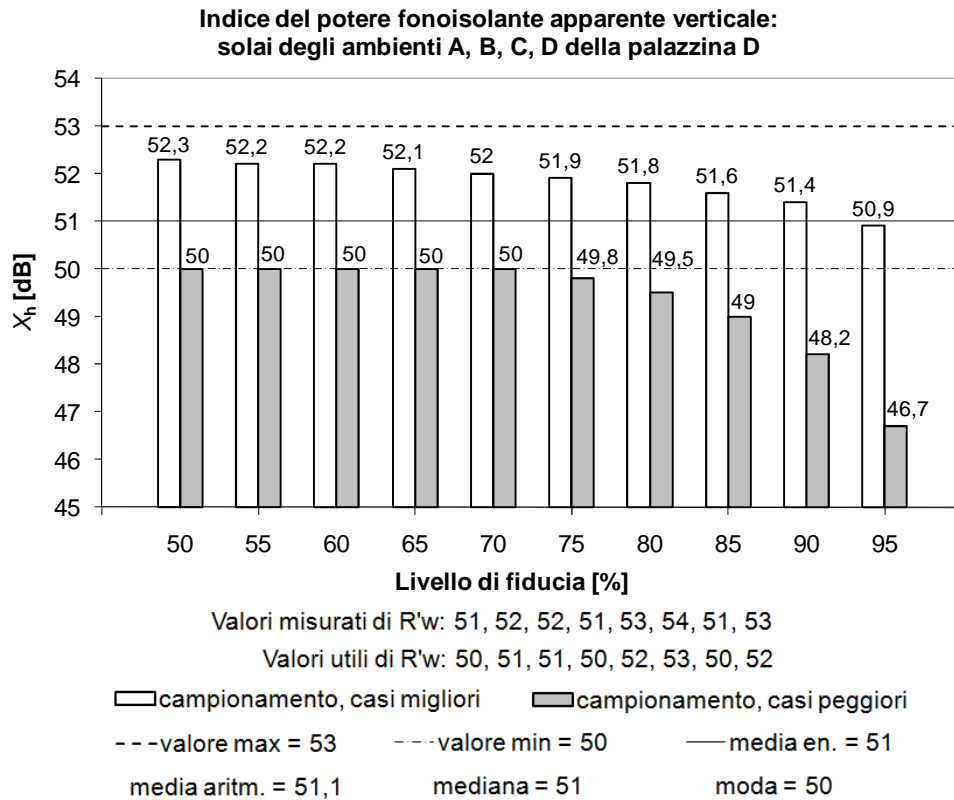


Figura 65– Risultati del campionamento per il potere fonoisolante apparente, per i solai dell'edificio D

5.6.2 Livello di calpestio

Per il calpestio, i solai vengono analizzati tutti insieme e risultano due gruppi omogenei, distinti per il verso di misura (gruppo omogeneo 1, misure dall'ambiente superiore verso quello inferiore; gruppo omogeneo 2, misure dall'ambiente inferiore a quello superiore).

Tabella 63 – Individuazione delle prove raggruppabili in gruppi omogenei (per il livello di calpestio), e numero minimo di prove da eseguire utilizzando il campionamento

Gruppi omogenei	L'_{nw} (vert)	N° elementi del gruppo (M_h)	N° minimo campioni (C_h)
1 ($h=1$)	A2-A1, B2-B1, C2-C1, D2-D1, A3-A2, B3-B2, C3-C2, D3-D2	8	3
2 ($h=2$)	A2-A3, B2-B3, C2-C3, D2-D3	4	3
N°tot prove senza campionamento $N = \sum M_h$		N°tot prove con campionamento $\sum_h C_h = C_{h1} + C_{h2}$	
12		6	

I risultati delle diverse combinazioni di tre campioni, estraibili dai due gruppi omogenei, con evidenziazione dei casi migliori e peggiori ottenibili, sono riportati in Appendice E, e nelle due sottostanti figure. In questo caso la massima differenza tra i dati risulta di solo 1 dB per il gruppo 1 e di 3 dB per il gruppo 2.

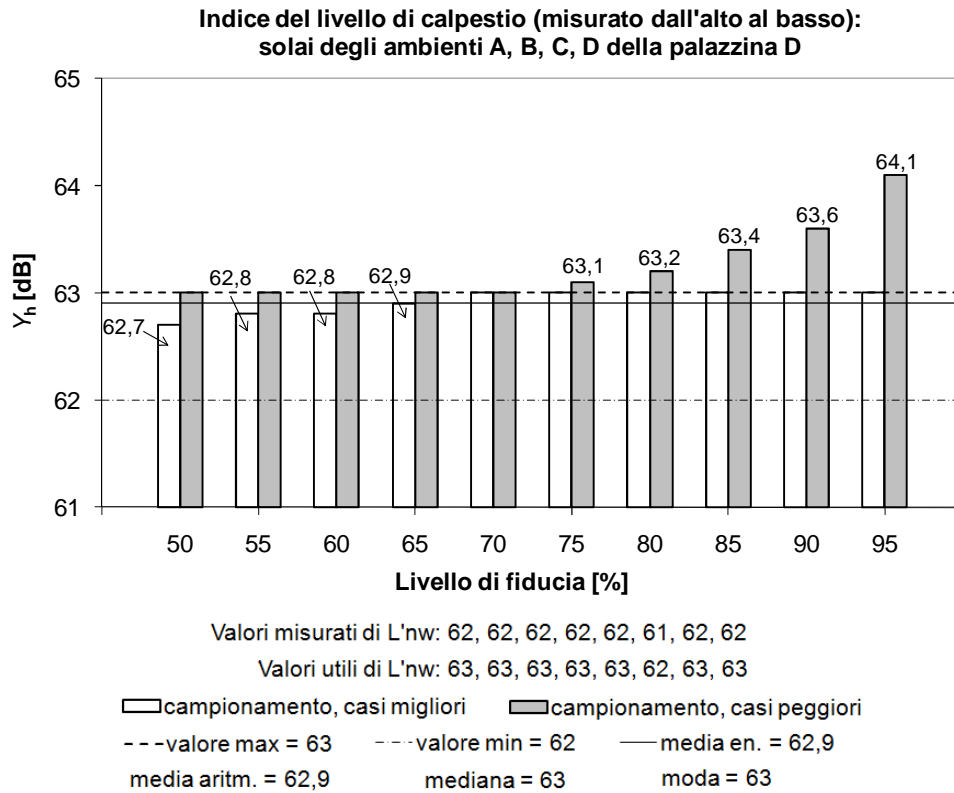


Figura 66– Risultati del campionamento per il calpestio (misurato dall'alto verso il basso), per i solai dell'edificio D

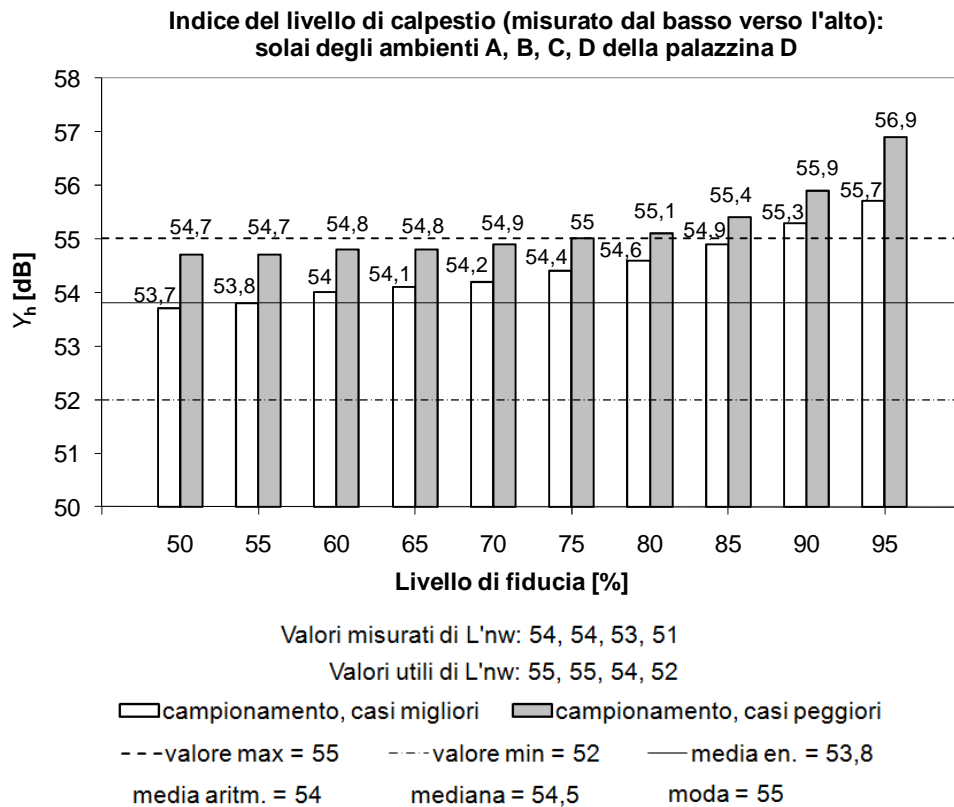


Figura 67– Risultati del campionamento per il calpestio (misurato dal basso verso l'alto), per i solai dell'edificio D

5.6.3 Isolamento di facciata

Per l'isolamento di facciata si distinguono gli ambienti a due affacci (stanze A e D) da quelle ad un solo affaccio (stanze B e C).

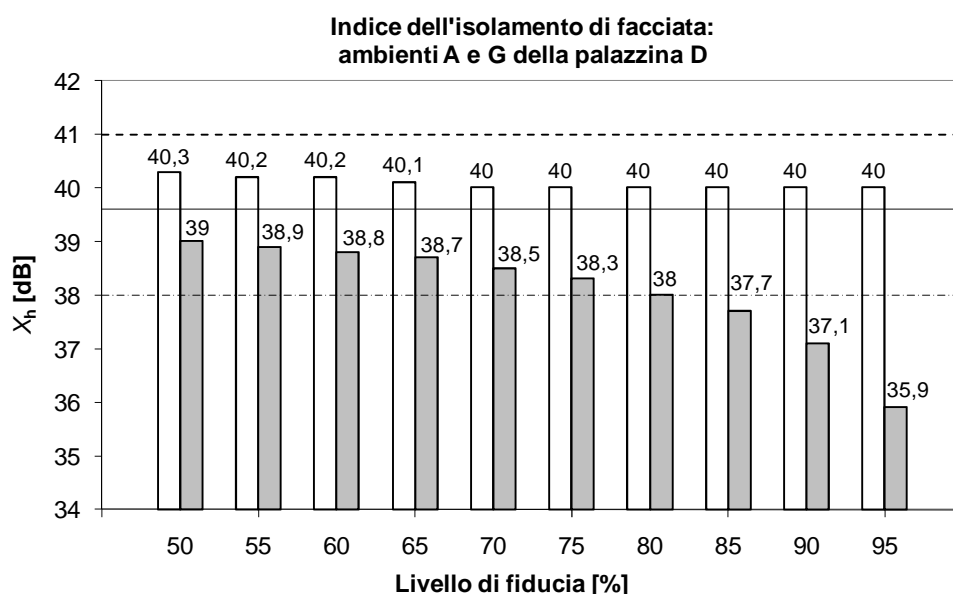
In realtà per il secondo gruppo omogeneo, a causa dell'assenza di spazio esterno sufficiente per il posizionamento della cassa, è stato possibile provare solo le facciate del piano primo e si hanno a disposizione due soli valori su sei. In tal caso non è stato possibile applicare il campionamenti, i due valori rilevati sono stati considerati singoli e le altre quattro facciate sono state considerate non verificabili (NV).

Quindi l'analisi dei casi migliori e peggiori ottenibili con il campionamento è stata effettuata solo per il gruppo 1.

Individuazione delle prove raggruppabili in gruppi omogenei (per l'isolamento di facciata), e numero minimo di prove da eseguire utilizzando il campionamento. Tra parentesi sono segnate le prove che sono risultate non verificabili.

Gruppi omogenei	L'_{nw} (vert)	N° elementi del gruppo (M_h)	N° minimo campioni (C_h)
1 ($h=1$)	A1, A2, A3, D1, D2, D3	6	3
2 ($h=2$)	B1, (B2), (B3), C1, (C2), (C3)	6	3

N°tot prove senza campionamento $N = \sum M_h$ 12	N°tot prove con campionamento $\sum_h C_h = C_{h1} + C_{h2}$ 6
---	--



Valori misurati di $D_{2m,nT,w}$: 41, 41, 39, 40, 42, 41

Valori utili di $D_{2m,nT,w}$: 40, 40, 38, 39, 41, 40

□ campionamento, casi migliori ■ campionamento, casi peggiori

--- valore max = 41 --- valore min = 38 — media en. = 39,6

media aritm. = 39,7 mediana = 40 moda = 40

Figura 68– Risultati del campionamento per l'isolamento di facciata, per gli ambienti A e D dell'edificio D

5.6.4 Isolamento di facciata (campionando sull'intero edificio)

Si è quindi valutata la possibilità di includere tutte le facciate in un unico gruppo omogeneo. Come già visto per l'edificio E1, la dispersione dei risultati del parametro $D_{2m,nT,w}$, se considerati tutti insieme, è notevole, e può portare a sovrastime o sottostime rilevanti. La riduzione del numero di prove eseguire sarebbe però notevole.

Numero di prove da eseguire con e senza campionamento, considerando tutte le facciate dell'edificio in un unico gruppo omogeneo)

N°tot prove senza campionamento	N°tot prove con campionamento
12	3

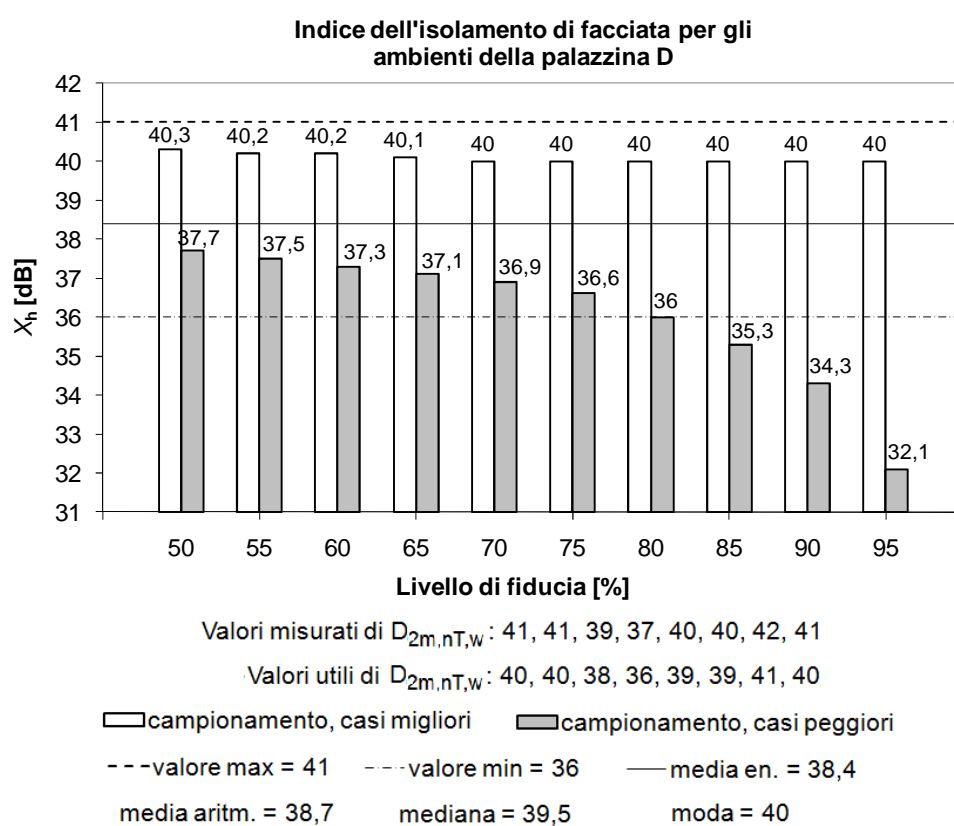


Figura 69– Risultati del campionamento per l'isolamento di facciata, per gli ambienti dell'edificio D

5.6.5 Livello immesso dagli impianti a funzionamento discontinuo

Le misure di impianto discontinuo sono 4, tutte effettuate su ambienti uguali tra loro, e quindi raggruppabili in un unico gruppo omogeneo.

Tramite il campionamento è possibile assegnare un valore al parametro L_{id} per l'ambiente C2, dove non era stata possibile la misura. Da notare che in questo caso è possibile una sola combinazione di 3 campioni, quindi non vi è distinzione tra casi peggiori e migliori.

Tabella 64 - Misure del livello dovuto agli impianti discontinui nell'edificio D e calcoli eseguiti per determinare il valore rappresentativo del gruppo (in questi caso è possibile una sola combinazione dei campioni)

Gruppo omogeneo 1	L'_{nw} [dB]	Valore utile
B1	24,9	25,9
B2	24,4	25,4
C1	26,1	27,1
C2	NV	

media	26,1		
s_{sh}	0,5		
livello fiducia %	k	U_{sh}	X_h
50	0	0	26,1
55	0,14	0,1	26,2
60	0,29	0,1	26,2
65	0,44	0,2	26,3
70	0,62	0,3	26,4
75	0,82	0,4	26,5
80	1,06	0,5	26,6
85	1,39	0,7	26,8
90	1,89	0,9	27
95	2,92	1,5	27,6

5.7 Classificazione con misure fatte secondo la 10052

Visto l'interesse nel trovare dei metodi semplificati per la classificazione, si è provato ad utilizzare i risultati delle misure eseguite, sull'edificio E1, secondo la norma UNI EN ISO 10052, per la classificazione delle unità immobiliari. Sono state considerate le misure sia eseguite per bande di terzo d'ottava, con tempo di riverbero misurato, sia quelle per bande d'ottava e con correzione per il tempo di riverbero tabulari. Questo secondo metodo risulterebbe particolarmente vantaggioso, dato che si limitano al massimo i tempi per l'esecuzione delle misure.

Tabella 65 – Classi dei requisiti e classe globale per le unità immobiliari dell'edificio E1 (con i fari di aerazione in facciata chiusi)

PALAZZINA E1							
(con fori di aerazione in facciata chiusi)							
APPARTAMENTO	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$	L_{ic}	L_{id}	Classe tot	Z_{UI}
1	III	II	III	NP	III	III	2,75
2	II	II	III	NP	III	III	2,50
3	III	I	III	NP	I	II	2,00
4	III	I	II	NP	I	II	1,75
5	III	II	I	NP	NP	II	2,00
6	III	I	I	NP	NP	II	1,70

Tabella 66– Classi dei requisiti e classe globale per le unità immobiliari dell'edificio E1 (con i fari di aerazione in facciata chiusi), utilizzando le misure eseguite con il metodo “UNI EN ISO 10052 1/3 ottava”

PALAZZINA E1							
(utilizzando le misure eseguite con il metodo “UNI EN ISO 10052 1/3 ottava”)							
APPARTAMENTO	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$	L_{ic}	L_{id}	Classe tot	Z_{UI}
1	II	II	III	NP	III	III	2,5
2	II	II	III	NP	III	III	2,50
3	II	II	III	NP	I	II	2,00
4	III	I	II	NP	I	II	1,75
5	III	II	I	NP	NP	II	2,00
6	III	II	I	NP	NP	II	2,00

Tabella 67– Classi dei requisiti e classe globale per le unità immobiliari dell'edificio E1 (con i fari di aerazione in facciata chiusi), utilizzando le misure eseguite con il metodo “UNI EN ISO 10052 T rev tab”

PALAZZINA E1							
(utilizzando le misure eseguite con il metodo “UNI EN ISO 10052 T rev tab”)							
APPARTAMENTO	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$	L_{ic}	L_{id}	Classe tot	Z_{UI}
1	III	III	III	NP	III	III	3,00
2	III	II	III	NP	III	III	2,75
3	III	II	III	NP	I	II	2,25
4	III	II	III	NP	I	II	2,25
5	IV	II	I	NP	NP	II	2,30
6	IV	II	II	NP	NP	III	2,70

Dal confronto con la classificazione “standard” si vede che la variazione massima, nei risultati della classificazione, che risulta dall'utilizzo della norma di controllo, è di una classe. Solo in due casi, per l'isolamento di facciata misurato con il metodo “UNI EN ISO 10052 1/3 ottava”, si ottiene una classe più elevata di quella reale; in tutti gli altri casi i risultati sono cautelativi. La classe globale cambia in un solo caso (appartamento 6, con il metodo “UNI EN ISO T rev tab”).

5.8 Confronto dei risultati della classificazione sull'edificio E1

La classificazione derivante da misure su tutti gli elementi tecnici viene confrontata con quella ottenuta nelle seguenti condizioni:

- nei casi migliori ottenuti mediante campionamento, con livello di fiducia del 75%;
- nei casi peggiori ottenuti mediante campionamento, con livello di fiducia del 75%;
- nei casi migliori ottenuti mediante campionamento sull'intero edificio, con livello di fiducia del 75%;
- nei casi peggiori ottenuti mediante campionamento sull'intero edificio, con livello di fiducia del 75%.

Per sinteticità si è scelto di eseguire il confronto per il caso con livello di fiducia del 75% (intermedio nell'intervallo da 70 a 80% consigliato nella norma).

In aggiunta è stata riportata anche la classe ottenuta utilizzando le misure eseguite con la norma di controllo UNI EN ISO 10052, per verificare se le variazioni risultanti siano confrontabili con quelle derivanti da campionamento.

5.8.1 Appartamento 1

Tabella 68 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 1 dell'edificio E1. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
Facciata	X_r	39,9	39,9	39,9	35,8	43,0
	classe	III	III	III	IV	I
R_w	X_r	55,4	54,4	55,9	54,3	56,5
	classe	II	II	II	II	I
L'_{nw} (dall'alto)	Y_r	58,5	59,1	57,9	59,2	57,7
	classe	III	III	II	III	II
L_{id}	Y_r	35,2	35,2	35,2	35	33,1
	classe	III	III	III	III	III
Z_{UI} classe		2,75	2,75	2,5	3	1,75
		III	III	III	III	II

La classe globale cambia solo nel caso migliore con campionamento sull'intero edificio. Nel caso dell'utilizzo dei gruppi omogenei, così come prescritto dalla norma, le variazioni sono molto limitate. Spostando il campionamento sull'intero edificio, gli scostamenti sono piccoli nel caso di potere fonoisolante e calpestio dei solai, che effettivamente erano tutti della stessa tipologia, con variazioni solo di tipo dimensionale; nel caso dell'isolamento di facciata, si vede come, il fatto di considerarle tutti gli ambienti insieme, porta ad una eccessiva variazione della classe che è possibile ottenere.

Portando per confronto, la classificazione ottenuta con i metodi di misura semplificati della norma UNI EN ISO 10052, si vede che le variazioni riscontrate sono paragonabili a quelle che si hanno con l'utilizzo del campionamento.

Tabella 69 – Classificazione dell'appartamento 1 dell'edificio E1, utilizzando per le misure la norma UNI EN ISO 10052. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso con misure "standard" e senza campionamento

		Utilizzando norma UNI EN ISO 10052	
		Per bande di 1/3	Per bande d'ottava, con
Facciata	classe	II	III
R_w	classe	II	III
L_{nw}	classe	III	III
L_{id}	classe	III	III
classe		III	III

A seguire si riportano le tabelle per gli altri appartamenti dell'edificio E1. Le considerazioni che si possono fare sono analoghe a quelle appena viste.

5.8.2 Appartamento 2

Tabella 70 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 2 dell'edificio E1. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
Facciata	X _r	41,2	41,2	41,2	35,8	43,0
	classe	II	II	II	IV	I
R_w	X _r	55,4	54,4	55,8	54,3	56,5
	classe	II	II	II	II	I
L_{nw} (dall'alto)	Y _r	58,1	59,1	57,8	59,2	57,7
	classe	III	III	II	III	II
L_{id}	Y _r	35,6	35,6	35,6	35	33,1
	classe	III	III	III	III	III
Z_{UI} classe		2,5	2,5	2,25	3	1,75
		III	III	II	III	II

Ta Tabella 71 – Classificazione dell'appartamento 2 dell'edificio E1, utilizzando per le misure la norma UNI EN ISO 10052. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso con misure "standard" e senza campionamento

		Utilizzando norma UNI EN ISO 10052	
		Per bande di 1/3 d'ottava	Per bande d'ottava, con Trev tabulare
Facciata	classe	II	III
R_w	classe	II	II
L_{nw}	classe	III	III
L_{id}	classe	III	III
classe		III	III

5.8.3 Appartamento 3

Tabella 72 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 3 dell'edificio E1. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
Facciata	X_r	39,5	39,2	39,5	35,8	43,0
	classe	III	III	III	IV	I
R_w	X_r	56,3	55,4	57,4	54,9	57,6
	classe	I	II	I	II	I
L'_{nw} (dall'alto)	Y_r	58,5	59,1	57,9	59,2	57,7
	classe	III	III	II	III	II
L_{id}	Y_r	29,78	29,8	29,8	35	33,1
	classe	I	I	I	III	III
Z_{U1} classe		2	2,25	1,75	3	1,75
		II	II	II	III	II

Ta Tabella 73 – Classificazione dell'appartamento 3 dell'edificio E1, utilizzando per le misure la norma UNI EN ISO 10052. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso con misure "standard" e senza campionamento

		Utilizzando norma UNI EN ISO 10052	
		Per bande di 1/3 d'ottava	Per bande d'ottava, con Trev tabulare
Facciata	classe	II	III
R_w	classe	II	II
L'_{nw}	classe	III	III
L_{id}	classe	I	I
classe		II	II

5.8.4 Appartamento 4

Tabella 74 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 4 dell'edificio E1. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
Facciata	X_r	39,2	38,4	38,8	35,8	43,0
	classe	III	III	III	IV	I
R_w	X_r	56,8	55,4	57,3	54,9	57,6
	classe	I	II	I	II	I
L'_{nw} (dall'alto)	Y_r	57,7	59,1	57,8	59,2	57,7
	classe	II	III	II	III	II
L_{id}	Y_r	28,5	28,5	28,5	35	33,1
	classe	I	I	I	III	III
Z_{U1} classe		1,75	2,25	1,75	3	1,75
		II	II	II	III	II

Ta Tabella 75 – Classificazione dell'appartamento 4 dell'edificio E1, utilizzando per le misure la norma UNI EN ISO 10052. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso con misure "standard" e senza campionamento

		Utilizzando norma UNI EN ISO 10052	
		Per bande di 1/3 d'ottava	Per bande d'ottava, con Trev tabulare
Facciata	classe	III	III
R_w	classe	I	II
L'_{nw}	classe	II	III
L_{id}	classe	I	I
classe		II	II

5.8.5 Appartamento 5

Tabella 76 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 5 dell'edificio E1. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
Facciata	X_r	37,6	37,8	38,2	35,8	43,0
	classe	III	III	III	IV	I
R_w	X_r	55,4	55,0	56,8	54,5	56,9
	classe	II	II	I	II	I
L'_{nw} (dall'alto)	Y_r	51,1	51,8	51,4	52,1	50,7
	classe	I	I	I	I	I
Z_{U1} classe		2	2	1,7	2,3	1
		II	II	II	II	I

Ta Tabella 77 – Classificazione dell'appartamento 5 dell'edificio E1, utilizzando per le misure la norma UNI EN ISO 10052. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso con misure "standard" e senza campionamento

		Utilizzando norma UNI EN ISO 10052	
		Per bande di 1/3 d'ottava	Per bande d'ottava, con Trev tabulare
Facciata	classe	III	IV
R_w	classe	II	II
L'_{nw}	classe	I	I
classe		II	II

5.8.6 Appartamento 6

Tabella 78 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 6 dell'edificio E1. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
Facciata	X_r	38,2	37,9	38,2	35,8	43,0
	classe	III	III	III	IV	I
R_w	X_r	56,2	55,0	56,6	54,5	56,9
	classe	I	II	I	II	I
L'_{nw} (dall'alto)	Y_r	51,1	51,1	50,9	52,1	50,7
	classe	I	I	I	I	I
Z_{U1} classe		1,7	2	1,7	2,3	1
		II	II	II	II	I

Ta Tabella 79 – Classificazione dell'appartamento 6 dell'edificio E1, utilizzando per le misure la norma UNI EN ISO 10052. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso con misure "standard" e senza campionamento

		Utilizzando norma UNI EN ISO 10052	
		Per bande di 1/3 d'ottava	Per bande d'ottava, con Trev tabulare
Facciata	classe	III	IV
R_w	classe	II	II
L'_{nw}	classe	I	II
classe		II	III

5.9 Confronto dei risultati della classificazione sull'edificio D

La classificazione derivante da misure su tutti gli elementi tecnici viene confrontata con quella ottenuta nelle seguenti condizioni:

- nei casi migliori ottenuti mediante campionamento, con livello di fiducia del 75%;
- nei casi peggiori ottenuti mediante campionamento, con livello di fiducia del 75%;
- nei casi migliori ottenuti mediante campionamento sull'intero edificio, con livello di fiducia del 75%;
- nei casi peggiori ottenuti mediante campionamento sull'intero edificio, con livello di fiducia del 75%.

In aggiunta è stata riportata anche la classe ottenuta utilizzando le misure eseguite con la norma di controllo UNI EN ISO 10052.

I risultati della classificazione, eseguita per tutti i livello di fiducia, sono mostrati in Appendice E.12

5.9.1 Appartamento 1

Tabella 80 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 1 dell'edificio D. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
Facciata	X_r	37,6	37,6	38,2	36,6	40
	classe	III	III	III	IV	II
R_w	X_r	50,5	49,8	51,9	49,8	51,9
	classe	III	IV	III	IV	III
L'_{nw} (dall'alto)	Y_r	63	63,1	63	63,1	63
	classe	III	IV	III	IV	III
L_{id}	Y_r	27,3	27,3	27,3	26,5	26,5
	classe	I	I	I	I	I
Z_{UI} classe		2,5	3	2,5	3,25	2,25
		III	III	III	III	II

In questo caso, i gruppi omogenei per le prove di potere fonoisolante apparente e calpestio, comprendono già tutti i solai, quindi, nelle tabelle di confronto dei risultati della classificazione, le corrispondenti caselle risultano uguali per il campionamento sui gruppi omogenei e quello sull'intero edificio. Anche per questo immobile il campionamento effettuato su tutte le facciate porta a variazioni abbastanza elevate, ciò si vede soprattutto se si osservano, oltre alle classi dei requisiti, anche i loro valori rappresentativi.

5.9.2 Appartamento 2

Tabella 81 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 2 dell'edificio D. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
Facciata	X_r	39,0	38,6	39,5	36,6	40
	classe	III	III	III	IV	II
R_w	X_r	50,9	49,8	51,9	49,8	51,9
	classe	III	IV	III	IV	III
L'_{nw} (dall'alto)	Y_r	63	63,1	63	63,1	63
	classe	III	IV	III	IV	III
L_{id}	Y_r	28,5	28,5	28,5	26,5	26,5
	classe	I	I	I	I	I
Z_{UI} classe		2,5	3	2,5	3,25	2,25
		III	III	III	III	II

5.9.3 Appartamento 3

Tabella 82 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 3 dell'edificio D. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
Facciata	X_r	40,0	38,3	40,0	36,6	40
	classe	II	III	II	IV	II
R_w	X_r	50,5	49,8	51,9	49,8	51,9
	classe	III	IV	III	IV	III
L'_{nw} (dall'alto)	Y_r	63	63,1	63	63,1	63
	classe	III	IV	III	IV	III
L_{id}	Y_r	26,8	26,8	26,8	26,5	26,5
	classe	I	I	I	I	I
Z_{UI} classe		2,25	3	2,25	3,25	2,25
		II	III	II	III	II

5.9.4 Appartamento 4

Tabella 83 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 4 dell'edificio D. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei (*)		campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei (**)		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
			Facciata	X_r	41,0	38,3	40,0	38,3	40,0	36,6	40
	classe	II	III	II	III	II	IV	II
R_w	X_r	51,6	49,8	51,9	49,8	51,9	49,8	51,9
	classe	III	IV	III	IV	III	IV	III
L'_{nw} (dall'alto)	Y_r	62,5	63,1	63	63,1	63	63,1	63
	classe	III	IV	III	IV	III	IV	III
L_{id}	Y_r	NV	NV	NV	26,5	26,1	26,5	26,5
	classe	NV	NV	NV	I	I	I	I
Z_{ui}		2,7	3,7	2,7	3	2,25	3,25	2,25
classe		III	IV	III	III	II	III	II

(*)Considerando non verificabile il livello dovuto agli impianti discontinui

(**) Prendendo come valore di L_{id} quelle derivante dal campionamento, utilizzando altre tre misure eseguite per l'edificio

5.9.5 Appartamento 5

Tabella 84 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 5 dell'edificio D. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
Facciata	X_r	38,0	37,6	38,2	36,6	40
	classe	III	III	III	IV	II
R_w	X_r	50,5	49,8	51,9	49,8	51,9
	classe	III	IV	III	IV	III
L'_{nw} (dall'alto)	Y_r	55	55	54,4	55	54,4
	classe	II	II	II	II	II
Z_{ui}		2,7	3	2,7	3,3	2,3
classe		III	III	III	III	II

5.9.6 Appartamento 6

Tabella 85 – Confronto dei risultati della classificazione per l'appartamento 6 dell'edificio D. Le celle evidenziate indicano una variazione di classe rispetto al caso senza campionamento

		senza campionamento	campionamento (L=75%) sui gruppi omogenei		campionamento (L=75%) sull'intero edificio	
			caso peggiore	caso migliore	caso peggiore	caso migliore
Facciata	X_r	40,0	39,1	40,0	36,6	40
	classe	II	III	II	IV	II
R'_w	X_r	52,47	49,8	51,9	49,8	51,9
	classe	III	IV	III	IV	III
L'_{nw} (dall'alto)	Y_r	53,1	55	54,4	55	54,4
	classe	II	II	II	II	II
Z_{UI} classe		2,3	3	2,3	3,3	2,3
		II	III	II	III	II

5.10 Considerazioni

La classificazione dei due edifici, sulla base delle misure effettive (quindi senza l'utilizzo del campionamento), ha dato i seguenti risultati:

- per l'edificio in laterocemento (edificio E1) quattro unità immobiliari su sei sono in classe II e le restanti due sono in classe III;
- nel caso della palazzina in cemento armato (palazzina D) quattro appartamenti sono in classe III e solo due in classe II (i due appartamenti all'ultimo piano).

Si ritrova quanto già riscontrato nel capitolo 3, dove erano state evidenziate le prestazioni migliori ottenute dall'edificio in laterocemento, a seguito della ristrutturazione.

Nel caso della palazzina E1, la classificazione è stata eseguita sia con i fori di aerazione chiusi che aperti: la classificazione globale degli appartamenti non varia, nel caso con fori di aerazione aperti si ha però un passaggio dalla classe III alla IV per l'isolamento di facciata.

Sono stati quindi analizzati i gruppi omogenei individuabili nei due edifici. L'edificio D che ha pianta simmetrica, si presta molto meglio al campionamento con una maggior riduzione del numero di prove necessarie alla classificazione; in particolare non risulta necessaria nessuna prova singola. Per l'altra palazzina, le due unità immobiliari sullo stesso piano sono differenti, e soprattutto le facciate risultano fortemente disomogenee tra loro: per l'isolamento di facciata il campionamento risulta inapplicabile, è infatti possibile individuare un solo gruppo omogeneo, composto da quattro elementi e, su 21 prove totali, con il campionamento si ottiene una riduzione di una sola prova.

Per il campionamento all'interno dei gruppi omogenei individuati, sono state considerate tutte le possibili combinazioni di 3 misure che si potrebbero ottenere tra tutte quelle eseguibili sugli elementi del gruppo. I calcoli della classificazione sono stati eseguiti per i valori massimi e minimi trovati per il valore rappresentativo X_h (o Y_h).

Dalle figure che mostrano l'andamento dei casi migliori e peggiori che si possono verificare con il campionamento, al variare del livello di fiducia, si possono fare le seguenti osservazioni, considerando in particolare i livelli di fiducia tra il 70 e l'80% che sono quelli suggeriti nella norma UNI EN ISO 11367:

- I valori peggiori che si possono ottenere con il campionamento per livelli di fiducia tra il 70 e l'80%, sono nella maggioranza dei casi molto prossimi o coincidenti con il valore peggiore all'interno del gruppo omogeneo.
- I valori migliori, considerati sempre nello stesso intervallo di livelli di fiducia, si collocano in genere nell'intorno della media energetica dei valori del gruppo.

Fanno eccezione i casi in cui i valori migliori derivano da tre misure uguali e pari al valore massimo; in tal caso, essendo nulla l'incertezza di campionamento, per tutti i livelli di fiducia, i casi migliori coincidono con il valore massimo. Tale condizione porta in genere ad una sovrastima della classe. Nel caso in cui dal campionamento si ottengano valori coincidenti, sarebbe opportuno fare delle prove aggiuntive, per verificare l'effettiva omogeneità del gruppo.

Va sottolineato che, per il campionamento, sono stati analizzati i casi migliori e peggiori, che sono indicativi della massima variazione riscontrabile, ma che, in generale, si potranno presentare con una probabilità abbastanza bassa. Quindi, nella maggioranza dei casi ci si aspetta dei risultati intermedi tra quelli di questi due estremi.

Date che le maggiori critiche nei confronti della norma sulla classificazione, sono relative al numero eccessivo di misure da effettuare, si è provato ad applicare il campionamento anche a elementi tecnici non omogenei tra loro o che presentavano differenze dimensionali maggiori del 20%.

Per l'edificio E1, sono stati analizzati insieme tutti i solai, per i requisiti di potere fonoisolante apparente e calpestio; i risultati ottenuti sono analoghi a quelli che si trovano dividendo i solai in due gruppi omogenei. Va però osservato che le partizioni orizzontali dell'edificio, sono tutti dello stesso tipo e differiscono tra loro solo per dimensione, con una variazione massima maggiore del 20%.

In entrambe le palazzine, si è provato ad applicare il campionamento considerando tutte le facciate insieme: in genere, per i casi peggiori, si ha una variazione di classe verso il basso, viceversa per i casi migliori, avviene una variazione di una classe verso l'alto, rispetto alla classificazione effettiva, cioè quella calcolata su tutte le misure.

Visto che per la palazzina E1, tutte le misure sono state ripetute anche con il metodo di misura di controllo della norma UNI EN ISO 10052, si è provato a ripetere i calcoli per la classificazione, utilizzando tali dati. In particolare sono stati considerati i due casi estremi di applicazione di tale norma, con misure per bande di 1/3 d'ottava e tempi di riverbero misurati (applicazione sperimentale), e con misure per bande d'ottava e correzione tabulare del tempo di riverbero. Per quest'ultimo caso, che consentirebbe una drastica riduzione dei tempi di misura, si verificano dei salti di una classe per alcuni dei parametri, con differenze che però sono sempre in senso cautelativo; solo in un caso si arriva ad una variazione della classe globale dell'unità immobiliare. Questo risultato è interessante, perché l'utilizzo della norma di controllo potrebbe consentire di classificare in modo veloce le unità immobiliari: il metodo più semplice della norma UNI EN ISO 10052 consente infatti di non effettuare le misure di tempo di riverbero e di utilizzare un numero estremamente limitato di rilevazioni. Inoltre è positivo il fatto che si ottengano risultati cautelativi, soprattutto se si deve garantire il rispetto di un limite minimo di legge.

Un'ultima osservazione riguarda la classe globale delle unità immobiliari: dall'osservazione di tutti i casi analizzati, si nota che in pochissimi casi tale classe subisce variazioni, sia applicando il campionamento che utilizzando metodi di misura semplificati.

6) APPLICAZIONE DI METODI STATISTICI PER DETERMINARE LA VARIABILITÀ DELLE PROPRIETÀ ACUSTICHE DI UN GRUPPO OMOGENEO DI ELEMENTI TECNICI

Mentre nell'edificio E1, è stata svolta una sperimentazione sui diversi metodi di misura dei requisiti acustici passivi in opera, nell'edificio D si è provato ad utilizzare un'analisi di tipo statistico per valutare la variabilità che si può presentare nei risultati di misura del potere fonoisolante apparente verticale, su strutture dello stesso tipo.

Per far ciò, è stato seguito il metodo prescritto per l'esecuzione di un test interlaboratorio, che propriamente servirebbe per determinare l'incertezza legata ad una procedura di misura, ripetuta da operatori diversi; in questo caso invece le misure sono state tutte condotte dalla stessa squadra, su solai identici, per stratigrafia, dimensioni e pareti perimetrali, ed eseguiti dalla stessa impresa. Dato che in tali condizioni ciò che varia è solo la posa in opera della struttura, l'incertezza che si ottiene è legata a tale fattore di variabilità.

6.1 Modalità di applicazione del Test interlaboratorio

Sono state utilizzate le norme UNI ISO 5725-2 e UNI EN 20140 che permettono la determinazione dei valori di ripetibilità e riproducibilità attraverso l'esecuzione di un'analisi interlaboratorio.

I test interlaboratorio possono essere utilizzati per determinare l'incertezza legata a qualsiasi metodo di misura normato e le norme che ne descrivono la procedura sono di carattere generale, applicabili tanto ad analisi chimiche quanto, come nel caso in esame, a misure acustiche.

I possibili approcci di esecuzione, indicati dalla norma UNI EN ISO 5725-2 sono i seguenti:

- 1) Uso di un unico provino (stesso materiale fatto circolare tra i partecipanti).
- 2) Uso di più provini prelevati da un lotto di produzione (materiale nominalmente identico scambiabile tra i partecipanti).
- 3) Uso di diversi provini costruiti in situ (materiale nominalmente identico non scambiabile tra i partecipanti).

L'utilizzo dei valori di ripetibilità e riproducibilità nelle misure di acustica edilizia, viene spiegato nella norma UNI EN ISO 20140 parte 2, che contiene anche dei valori di riferimento per i valori di precisione (r e R) sia per le misure di laboratorio che per quelle in opera.

Un riassunto delle indicazioni e di calcoli, delle norme UNI EN ISO 5725-2 e UNI EN ISO 20140-2, è riportato in Appendice G, quindi nel seguito non ci si soffermerà nella spiegazione di termini e formule.

Per effettuare un test interlaboratorio per misure acustiche in opera, diverse squadre, ognuna delle quali costituisce un laboratorio, misura, ognuna con la propria strumentazione, uno stesso elemento edilizio (solaio, parete o facciata): in tal caso il provino è lo stesso, costituito dalla singola struttura in esame.

Nella sperimentazione eseguita nell'edificio AGECE è stata reinterpretata l'esecuzione del test interlaboratorio: la stessa squadra, con sempre la stessa strumentazione, ha misurato diverse strutture appartenenti allo stesso immobile (tutte della stessa tipologia e con identiche caratteristiche degli ambienti trasmettenti e riceventi). In questo caso è stato fatto variare il "provino".

I fattori di incertezza che entrano in gioco nella normale esecuzione di un test interlaboratorio in opera e nella sperimentazione effettuata nell'edificio AGECE, sono differenti:

- nel primo caso entra in gioco l'incertezza legata all'utilizzo dei metodi di misura da parte di diversi operatori/squadre, con diversa strumentazione;
- nel secondo caso, invece, viene considerata l'incertezza legata alla posa in opera dell'elemento edilizio (le misure sono state eseguite nell'arco di una settimana, per minimizzare la variazione delle condizioni ambientali).

In particolare con l'interpretazione data per il test interlaboratorio, va sottolineato che i risultati sono dipendenti dalla tipologia di elemento edilizio considerata e quindi non risultano a rigore estendibili ai casi di differenti tipologie edilizie.

6.2 Descrizione della procedura utilizzata

Per l'esecuzione dell'esperimento di precisione, è stato valutato il potere fonoisolante apparente dei solai tra gli ambienti di tipo A e D della palazzina D, caratterizzati dalla seguente stratigrafia: struttura in cemento armato con controsoffitto radiante nella parte inferiore e rivestimento con un materassino anticalpestio e linoleum nella parte superiore.

Ogni coppia di ambienti simili sovrapposti, separati da uno dei solai in esame, è stata considerata come un laboratorio, discriminando anche il verso di esecuzione delle misure. Ad esempio, un laboratorio è dato dalla misura dalla stanza A1 trasmittente verso la stanza A2 ricevente ed un altro dalla misura dalla stanza A2 verso A1. In tal modo è stato anche possibile valutare un'eventuale influenza della direzione di misura sul risultato, ipotesi che poteva essere suggerita dalla presenza del controsoffitto radiante.

In Figura 70 è mostrato uno schema delle misure eseguite. Sono state provate 8 combinazioni di ambiente trasmittente – solaio – ambiente ricevente (ogni combinazione costituisce un diverso laboratorio) e in ogni caso la misura è stata ripetuta 5 volte, per un totale di 40 misure di potere fonoisolante.

Le cinque ripetizioni sono state eseguite in modo indipendente, variando le posizioni di sorgente e punti di misura tra una ripetizione e la successiva.

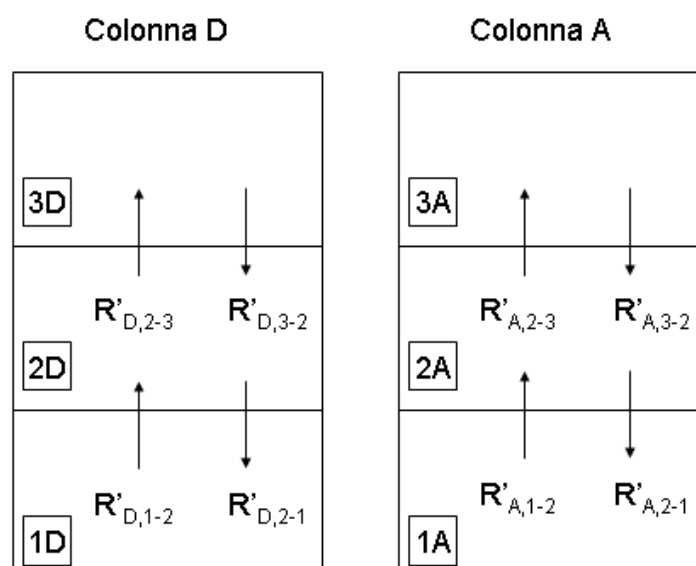


Figura 70 – schema delle otto tipologie di misure eseguite



Figura 71 – Immagini dell'esecuzione delle misure in due ambienti dello stesso tipo

6.3 Analisi dei dati

In appendice I sono riportate le tabelle contenenti tutti i risultati di prova (Tabella 288 e Tabella 289).

Nell'applicazione all'acustica edilizia dei metodi della norma UNI EN ISO 5725-2, i livelli di prova corrispondono con le frequenze (18 bande di frequenza di 1/3 d'ottava da 100 a 5000) più viene utilizzato un livello aggiuntivo per l'indice unico di valutazione. Viene definita "cella" l'insieme dei 5 valori, derivanti dalla ripetizione della misura, per un particolare livello. Ad esempio nel caso in esame si hanno 8 laboratori e 19 livelli per un totale di 152 celle, ognuna delle quali contiene 5 valori.

Per ogni per ogni laboratorio è stato calcolato il potere fonoisolante medio sulle 5 ripetizioni ed i risultati sono mostrati nella sottostante Figura 72. Si nota che l'andamento in frequenza delle medie è molto simile e le varie curve risultano all'incirca traslate tra loro.

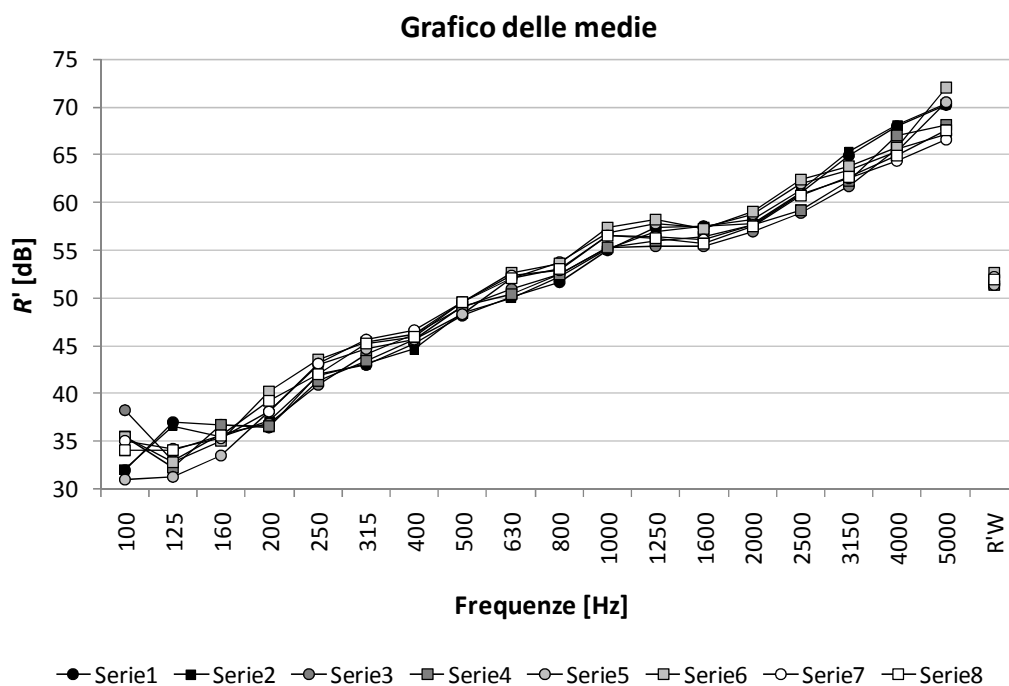


Figura 72 – grafico del potere fonoisolante medio per ogni laboratorio

Invece in Figura 73 è riportata la media generale (eseguita su tutti e 8 i laboratori) con due curve che rappresentano i valori massimi e minimi riscontrati nelle singole misure eseguite. L'intervallo tra i valori massimi e minimi è pressoché costante alle medie frequenze; si allarga leggermente alle altre frequenze, mentre l'aumento dello scarto è più evidente alle basse frequenze.

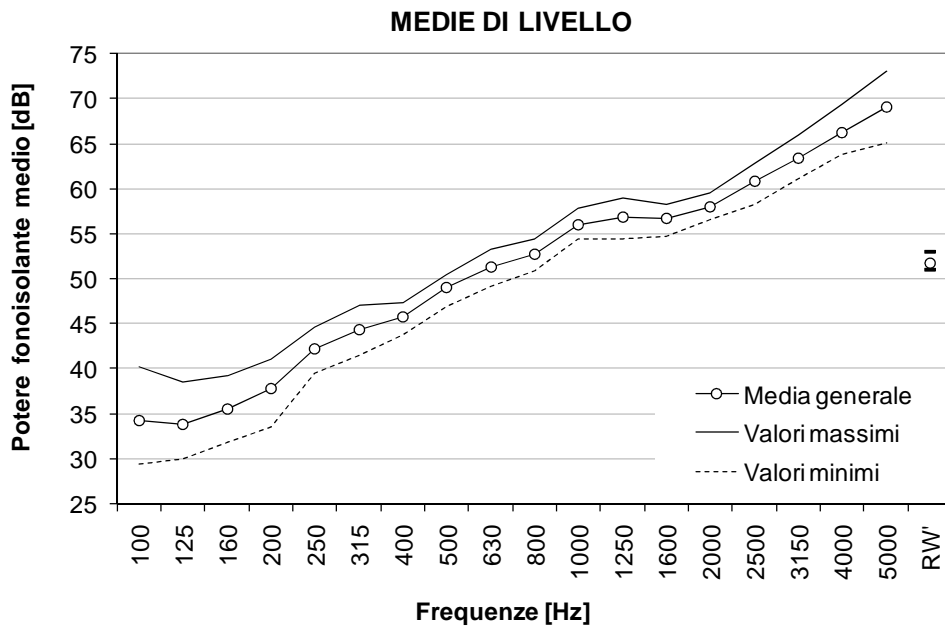


Figura 73 – Media generale con indicazione della dispersione massima rispetto ai singoli dati di ingresso

In appendice, in Tabella 271 sono mostrati i valori delle medie di cella e della media generale, mentre in Tabella 272 vi sono i valori degli scarti tipo infracella, che esprimono la variabilità interna di ogni laboratorio (in questo caso è la variabilità riscontrata nelle cinque ripetizioni della misura tra coppie di ambienti sovrapposti). Gli scarti tipo degli 8 laboratori, sono mostrati anche nella seguente Figura 74.

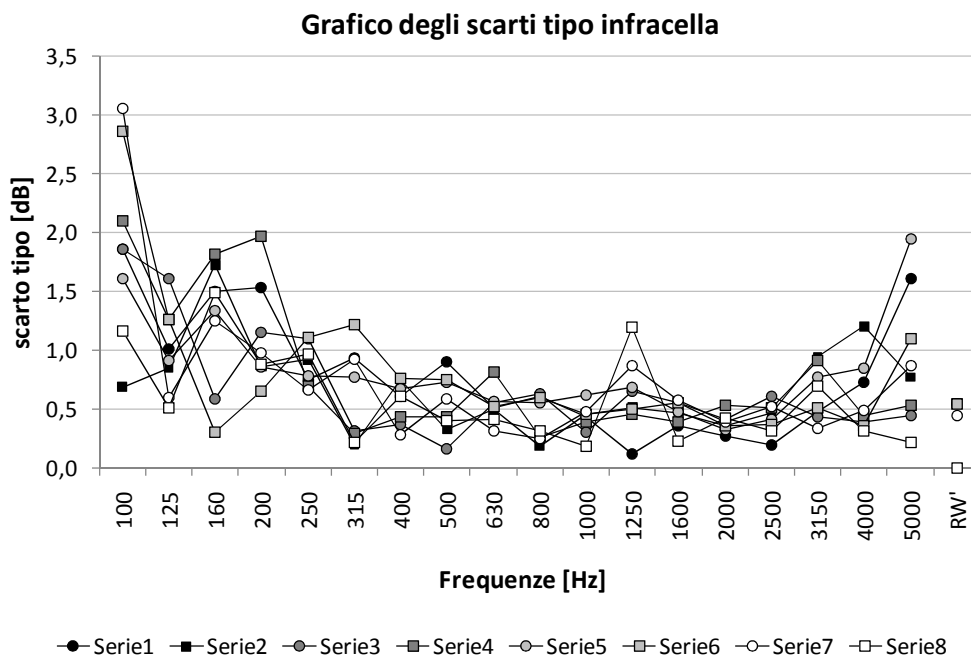


Figura 74 – Scarti tipo infracella per gli 8 laboratori

Gli scarti risultano abbastanza omogenei alle medie frequenze e aumentano alle alte e, in particolare, alle basse frequenze; solo alla frequenza intermedia dei 1250 Hz si verifica un limitato aumento dello scarto tipo.

Conformemente a quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 5725-2, sono stati eseguiti dei test statistici per individuare eventuali anomalie nei dati.

Per primi sono stati eseguiti i test grafici delle grandezze statistiche h e k di Mandel, che verificano rispettivamente la coerenza dei dati tra i diversi laboratori (interlaboratorio) e all'interno dello stesso laboratorio (intra-laboratorio). I valori dei parametri h e k , calcolati in base ai dati di ingresso, vanno confrontati con i relativi valori critici, determinati dalle tabelle riportate nella norma UNI EN ISO 5725-2, in base al numero di laboratori e di ripetizioni di prova per ciascun livello.

Nel caso in esame tutte le misure sono state eseguite nello stesso intervallo di frequenza e sempre con 5 ripetizioni, quindi i valori critici di h e di k risultano costanti per tutti i livelli. In appendice, in Tabella 273 sono indicati i valori critici per i test grafici

I valori critici sono riportati per due livelli di significatività, al 5% e all'1%:

- valori di h o k , inferiori al valore critico al 5%, sono considerati corretti;
- grandezze h o k superiori al valore critico al 5% ma inferiori al valore critico al livello di significatività dell'1% sono definite disperse;
- se viene superato il valore critico all'1%, il valore viene definito statisticamente anormale.

Va ricercata la causa dei valori anormali e se possibile va corretta.

diagrammi di h e di k sono mostrati, rispettivamente, in Figura 181 e Figura 182.

Nel caso del parametro h , questo è risultato sempre al di sotto dei valori critici all'1%, quindi non vi è nessun valore anormale, e in soli quattro casi al di sopra dei quelli al 5% (livello di soglia per i valori dispersi). Inoltre anche l'analisi dell'andamento grafico dei valori della grandezza statistica h , raggruppata per laboratorio, non segnala alcuna anomalia.

Per la grandezza k , si sono verificati quattro superamenti rispetto al valore critico al 5% e quattro rispetto al valore critico all'1%. Sono stati quindi eseguiti i test di Cochran e di Grubbs per verificare se i precedenti valori fossero da considerarsi solo valori dispersi, e quindi da accettare, o anomali, cioè da rifiutare.

I valori critici del test di Cochran sono riportati in Tabella 276, mentre i valori della grandezza statistica corrispondente sono in Tabella 277. Dal test di Cochran sono risultati solo due valori dispersi, e quindi non vi sono indicazioni sufficienti per l'eliminazione di alcun dato.

Come passo successivo è stato applicato il test di Grubbs, sia singolo che doppio (vedi Tabella 278 e Tabella 279) e non è risultato nessun valore né anomalo né disperso. Si è quindi deciso di accettare tutti i dati ed il calcolo delle varianze e degli scarti tipo di ripetibilità e riproducibilità è stato eseguito utilizzando tutti i valori a disposizione. I risultati ottenuti sono riportati in

I valori finali di ripetibilità (r) e riproducibilità (R) sono stati determinati, secondo le relazioni indicate nella norma UNI EN 20140-2, a partire dai rispettivi scarti tipo determinati in base alla norma UNI ISO 5715-2.

È anche stato verificato che, per ogni livello, le differenze tra i diversi risultati all'interno della stessa cella non superasse la differenza critica al 95%, pari al valore della ripetibilità, per più del 95% dei casi: tale verifica ha dato esito positivo per il 94,53% dei casi, con mezzo punto percentuale al di sotto dell'obiettivo prefissato del 95%. Analogamente è stato controllato che le diverse medie di cella non superassero la differenza critica in più del 5% dei casi, e tale verifica ha dato esito positivo.

6.4 Confronto dei risultati con i valori di riferimento dati dalla norma UNI EN ISO 20140-2

Anche se l'obiettivo dell'indagine era quello di individuare la variabilità del potere fonoisolante apparente all'interno di un gruppo omogeneo di elementi (solai), i valori di precisione risultanti sono stati comunque confrontati con i valori di riproducibilità indicati nella norma UNI EN 20140-2 per le misure in opera (dati forniti nell'intervallo di frequenze da 100 a 3150 Hz) e con i valori di ripetibilità, forniti dalla stessa norma, ma relativi solo a misure in laboratorio.

In Figura 75 sono mostrati i valori di precisione ricavati dalla campagna di misure in opera ed i valori di riferimento presenti nella norma UNI EN 20140-2.

I valori di ripetibilità sono, a quasi tutte le frequenze, inferiori a quelli di riferimento (relativi però a misure di laboratorio). I valori di riproducibilità, calcolati, alle basse frequenze sono notevolmente inferiori a quelli della norma UNI EN ISO 20140-2 mentre risultano confrontabili o leggermente superiori (come a 3150 Hz) alle frequenze medio-alte.

I dati di riferimento sono stati determinati sulla stessa struttura, con misure eseguite da squadre differenti, secondo l'usuale applicazione dei test interlaboratorio in opera; invece, nella sperimentazione in esame, l'operatore è lo stesso e varia la struttura che si misura (utilizzando però strutture tutte dello stesso tipo).

Inoltre le tipologie di strutture misurate (in questo Test interlaboratorio e in quelli da cui sono stati determinati i valori limite) sono differenti. Comunque, dal fatto che i valori trovati siano per lo più inferiori a quelli di riferimento, si può ipotizzare che la variabilità legata alla posa in opera di un elemento sia minore di quella legata alle variazioni dell'operatore e della strumentazione.

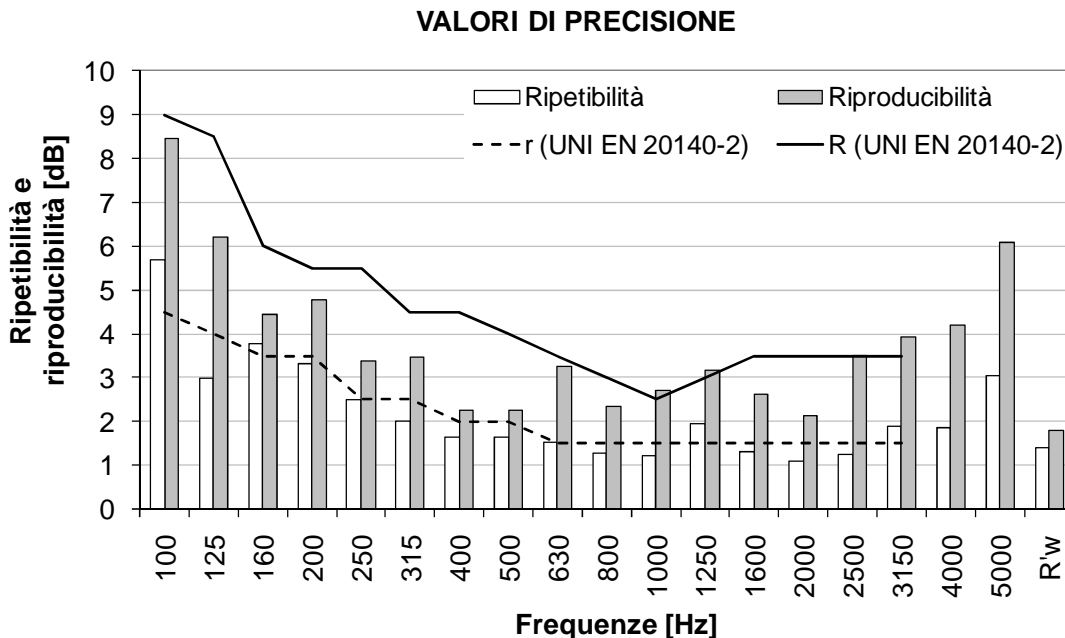


Figura 75 - valori di precisione risultanti dalla sperimentazione e confronto con i valori di riferimento

6.5 Confronto dei risultati con quelli ottenuti in una differente analisi statistica per la determinazione della variabilità della posa in opera

Un altro studio che, con metodi statistici diversi, ha indagato la variabilità legata alla posa in opera di una struttura è quello condotto da Fausti e Cremonini (14)(15) dell'Università di Ferrara. In tale lavoro è stato utilizzato il metodo per la determinazione dei valori intermedi di precisione secondo la norma UNI EN ISO 5725-3 che ha reso possibile la determinazione delle seguenti variabilità (esprese come scarto tipo):

- 1) Variabilità di ripetibilità;
- 2) Variabilità legata alla posa in opera;
- 3) Variabilità legata alle condizioni al contorno.

I primi due valori di precisione sono stati confrontati, rispettivamente, con gli scarti tipo di ripetibilità e riproducibilità trovati nel Test condotto nell'edificio AGECE, come si vede nelle seguenti figure (i valori trovati nello studio eseguito dall'Università di Ferrara, sono indicati con la sigla UNIFE).

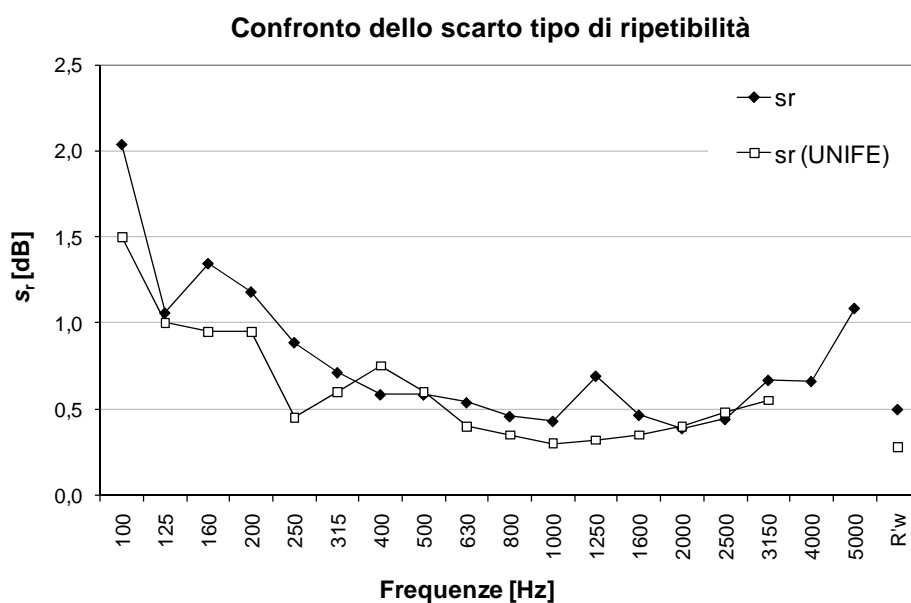


Figura 76 – Confronto tra i valori di ripetibilità

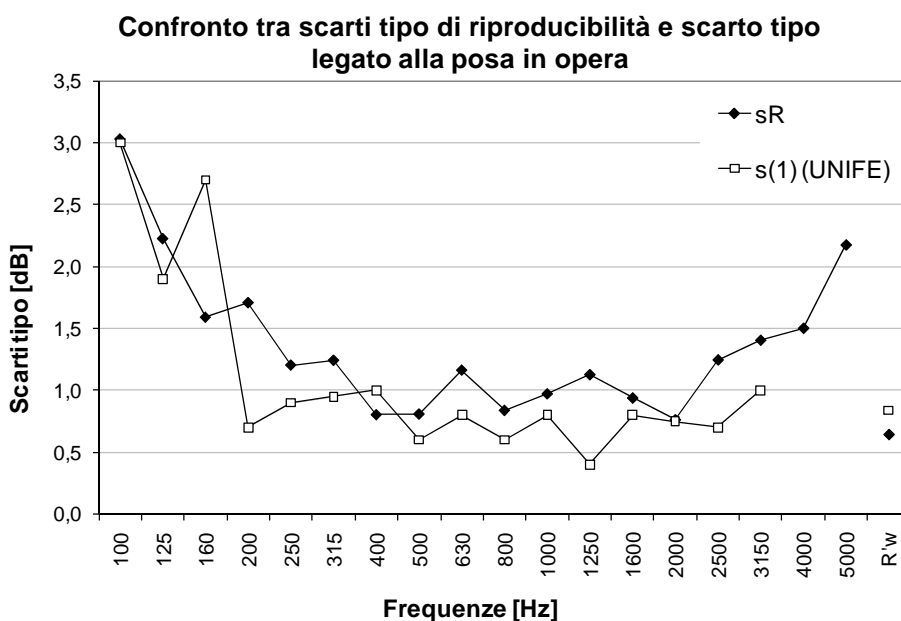


Figura 77 – Confronto tra i valori di riproducibilità (eseguiti su strutture simili) e lo scarto tipo legato alla posa in opera

In entrambi i confronti, i risultati sono molto simili tra loro come ordine di grandezza, le leggere differenze che si riscontrano nell'andamento in frequenza sono spiegabili considerando che le strutture analizzate nelle due indagini sono diverse: lo studio dell'Università di Ferrara è stato condotto su delle pareti doppie in laterizio, mentre nell'edificio AGECE sono stati misurati dei solai in cemento armato con controsoffitto sul lato inferiore.

6.6 Conclusioni

L'analisi delle medie di cella e degli scarti tipo infracella, nonché quella di tutti i parametri statistici per evidenziare valori anomali o dispersi, non ha evidenziato alcuna influenza della direzione di misura sui risultati ottenuti.

I dati di ripetibilità (r) e riproducibilità (R) ricavati dalle misure in opera sono, per quasi tutte le frequenze, al di sotto dei rispettivi valori limite indicati dalla norma UNI EN 20140-2, e comunque i superamenti presenti sono di entità limitata.

Si potrebbe ipotizzare che le condizioni di analisi proposte possano ridurre in termini assoluti la dispersione dei dati misurati, in quanto si fa riferimento alla variabilità della posa in opera del sistema costruttivo in esame (operatore, strumentazione ed allestimento sono rimasti costanti). Quest'aspetto verrà analizzato nel capitolo seguente, in cui i valori di precisione trovati nella presente analisi statistica verranno confrontati con quelli determinati in altri Test Interlaboratorio, condotti facendo misurare ad operatori diversi, la stessa struttura.

Un confronto degli scarti tipo di riproducibilità, determinati in AGECE, con i valori dello scarto tipo legato alla variabilità di posa in opera, determinati dall'Università di Ferrara con un test statistico su pareti doppie in laterizio, ha evidenziato che i valori hanno lo stesso ordine di grandezza.

L'utilizzo dei valori di precisione determinati può risultare utile in fase di progetto o nell'ambito della classificazione acustica delle unità immobiliari per una corretta valutazione dell'affidabilità di specifiche tecniche costruttive.

7) ANALISI DEL TEST INTERLABORATORIO ESEGUITO PRESSO IL LABORATORIO ISOLGOMMA

Presso il laboratorio privato della ditta Isolgomma è stato eseguito un Test Interlaboratorio, sui metodi di misura in opera, a cui hanno partecipato 11 diverse squadre, composte da istituti universitari (5 squadre), professionisti (4 squadre) e personale di aziende operanti nel settore dell'acustica (2 squadre).

7.1 Descrizione del laboratorio

Il laboratorio in esame è situato all'interno del magazzino della ditta Isolgomma, ed è composto di quattro stanze, due al piano terra e due al primo piano. Le camere del laboratorio sono svincolate dalla struttura del magazzino per evitare l'ingresso di vibrazioni; le pareti e le porte delle camere hanno elevato potere fonoisolante, in modo da evitare la trasmissione di rumore dall'esterno.

Le due stanze al piano terra sono costruite a ridosso di una cornice di separazione in cemento armato e da essa sono svincolate tramite giunti elastici in gomma ad elevato grado di smorzamento: tali stanze possono essere utilizzate per la misura del potere fonoisolante di partizioni verticali.

Le dimensioni della cornice di prova sono di circa 10 m², in accordo con le prescrizioni della norma UNI EN ISO 140-1(16), recentemente sostituita dalla UNI EN ISO 10140-5:2010 (7).

Le due stanze al primo piano (abbinata alle camere al piano terra) sono state progettate per la misura delle prestazioni acustiche dei solai e dei materiali isolanti utilizzati sotto i pavimenti galleggianti.

Uno dei due solai presenti è una piastra monolitica in cemento armato di spessore 14 cm, mentre l'altro solaio è in laterocemento: entrambi i solai sono fissi, non removibili e vincolati alle strutture laterali mediante giunti in gomma ad elevato grado di smorzamento, in modo da eliminare le trasmissioni laterali del rumore e delle vibrazioni.

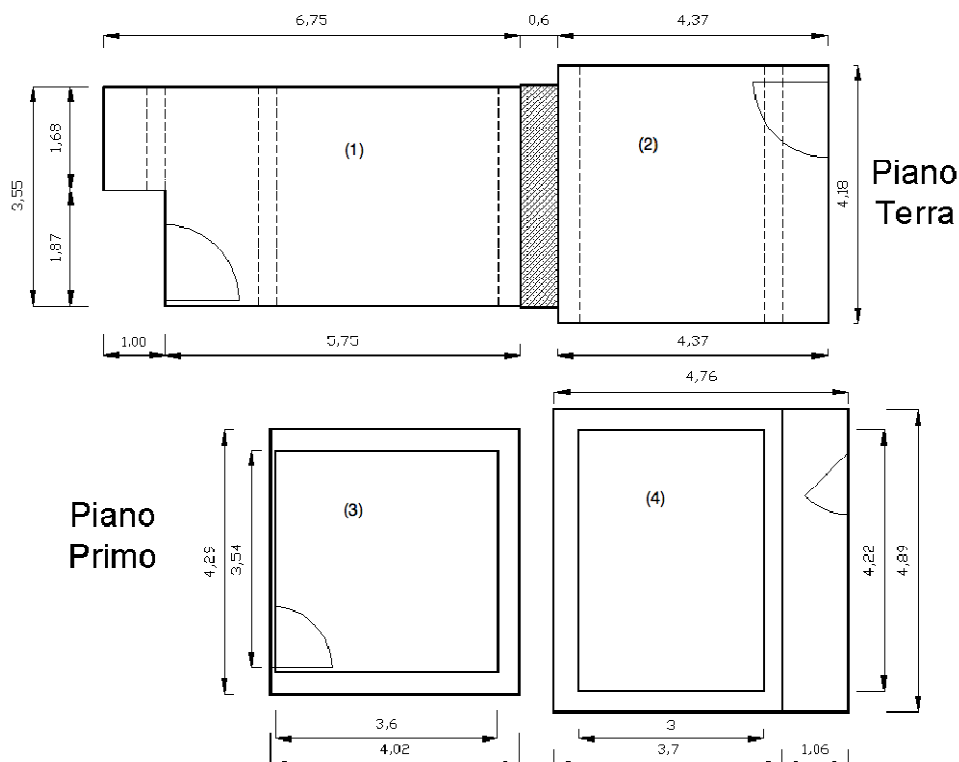


Figura 78 - Pianta del laboratorio.

In Figura 78 sono riportate le piante del piano terra e del primo piano del laboratorio, con la seguente numerazione:

- 1) camera ricevente per le misure di potere fonoisolante e di calpestio (su piastra armata);
- 2) camera trasmittente per le misure di potere fonoisolante e ricevente per quelle di calpestio (su solaio in laterocemento);
- 3) camera trasmittente per le misure di rumore di calpestio sul solaio in calcestruzzo armato
- 4) camera trasmittente per le misure di rumore di calpestio sul solaio in laterocemento.

7.2 Organizzazione del esperimento collaborativo

Nell'ambito del Test Interlaboratorio sono state misurate le seguenti strutture:

- una partizione verticale costituita da una tramezza in laterizio da 12 cm intonacata e rivestita in cartongesso su un lato ;
- un solaio nudo in laterocemento.

Sono state eseguite misure di potere fonoisolante e calpestio, utilizzando due diversi metodi di misura, in modo da poter comparare i relativi valori di precisione:

- il potere fonoisolante della partizione verticale è stato misurato sia secondo la norma di carattere tecnico-progettuale UNI EN ISO 140-4 (6) (applicata per punti fissi) che secondo il metodo di controllo previsto dalla norma UNI EN ISO 10052 (3);
- analogamente è stato valutato il livello di calpestio, normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, del solaio, utilizzando sia la norma UNI EN ISO 140-7(8) che la UNI EN ISO 10052(3).

L'elenco di tutte le misure previste per ogni squadra è riportato in Figura 183 in Appendice J.1.

La norma UNI EN ISO 10052 è stata utilizzata introducendo delle variazioni al metodo di misura: sono state utilizzate le bande di 1/3 d'ottava, invece che le bande d'ottava, per rilevare i livelli ed i tempi di riverbero, ed è stata introdotta la correzione per il rumore di fondo. Ciò è stato fatto per rendere comparabili i valori di precisione con quelli delle norme della serie UNI EN ISO 140.

Le misure sono state programmate in modo da mantenere costante, in tutte le misure, l'ambiente ricevente:

- il potere fonoisolante è stato misurato dalla camera 1 (trasmittente) alla camera 2 (ricevente);
- il livello di calpestio dalla camera 4 (trasmittente) alla camera 2 (ricevente).

Per il tempo di riverbero è stata decisa l'esecuzione di una sola serie di cinque ripetizioni delle misure, da utilizzare nei calcoli di tutti i parametri (dato che l'ambiente ricevente delle misure era sempre lo stesso). Questa semplificazione si è resa necessaria dato che ogni squadra aveva a disposizione una sola giornata per effettuare l'elevato numero di misure richieste.

È stato richiesto a tutti i laboratori di eseguire le misure con il numero minimo di punti di misura richiesti dalle norme, fatto che tra l'altro avviene spesso nelle misure in opera. Ciò è stato fatto per poter confrontare i valori di precisione delle norme UNI EN ISO 140, "applicate al minimo", con quelli della norma UNI EN ISO 10052.

Ai laboratori partecipanti sono stati consegnati dei moduli per la registrazione dei seguenti dati:

- posizioni di microfono e di sorgente utilizzate nelle diverse misure;
- data e ora di inizio di ogni misura;
- condizioni termo-igrometriche presenti all'inizio e alla fine di ogni singola misura.

In Appendice J.1 è riportata la struttura dei fogli di misura utilizzati.

Per la raccolta ordinata dei risultati delle misure sono stati predisposti dei file Excel: l'intervallo di frequenza riportato va da 50-5000, ma non sono state date indicazioni aggiuntive alle squadre per l'estensione delle misure al di sotto dei 100 Hz, è stato invece precisato di utilizzare il numero minimo di misure prescritte dalle norme. Tale scelta è stata fatta per verificare la precisione delle misure al di sotto dei 100 Hz, mantenendo le stesse condizioni di misura relative all'usuale range di frequenza (100- 5000 Hz). Non avendo adottato le prescrizioni aggiuntive date dalle norme della serie UNI EN ISO 140 per l'estensione delle misure alle basse frequenze, ci si aspetta di ottenere dei valori di ripetibilità e riproducibilità molto elevati al di sotto dei 100 Hz. Tra l'altro la norma 10052 non prevede la possibilità di estensione dell'intervallo di misura e non dà alcuna indicazione a riguardo.

Molti laboratori hanno riportato i risultati nell'intervallo di f minimo per il calcolo dell'indice (100-3150 Hz). In molti casi, il fatto di non fornire dati a bassa frequenza è stato dovuto alla difficoltà nella rilevazione del tempo di riverbero.

In Tabella 86 seguente si leggono gli intervalli di frequenza utilizzati dai diversi laboratori.

Da notare che il laboratorio 3 ha eseguito le misure di tempo di riverbero, in un intervallo di frequenza minore di quello prescritto, con la motivazione che il fonometro utilizzato non è riuscito a rilevare automaticamente il tempo di riverbero al di sotto dei 125 Hz. Sono stati utilizzati i valori di riverberazione a 125 Hz per sostituire i dati mancanti a 100 Hz.

Tabella 86 – Intervallo di frequenze utilizzato dai diversi laboratori.

LAB	frequenza minima	frequenza massima
1	50	5000
2	50 (*)	5000
3	125 (**)	3150
4	50	5000
5	100	3150
6	50	5000
7	50	5000
8	50	5000
9	100	4000
10	100	4000
11	50	5000

(*) In una ripetizione del tempo di riverbero manca il valore a 63 Hz

(**) Tale laboratorio non è stato in grado di rilevare il valore del tempo di riverbero a 100 Hz. I valori a 100 Hz sono stati posti uguali a quelli a 125 Hz.

In molti caso, all'interno della stessa ripetizione, nelle sei misure richieste per il calcolo del tempo di riverbero, mancavano dei valori alle frequenze al di sotto dei 100 Hz. In tali casi, alle frequenze in questione, il valor medio del tempo di riverbero è stato calcolato da un numero di dati in ingresso minore di sei.

7.3 Istruzioni fornite ai partecipanti

A tutte le squadre partecipanti all'esperimento collaborativo è stata fornita una copia in formato pdf delle norme da seguire:

- UNI EN ISO 140 parti 4 e 7;

- UNI EN ISO 717 parti 1 e 2;
- UNI EN ISO 10052.

A seguito si riporta, contrassegnato in corsivo, il testo di una delle comunicazioni date ai gruppi aderenti all'esperienza e le istruzioni operative allegate.

COMUNICAZIONE

Le misure potranno iniziare a partire dalle ore 8:30 del mattino e dovranno essere eseguite tutte nell'arco di una giornata.

Presso il laboratorio Isolgomma sarà sempre presente una persona di supporto a disposizione per un eventuale aiuto nel montaggio della strumentazione e nella movimentazione delle sorgenti sonore.

In allegato vi forniamo il seguente materiale

- *liste di controllo per la spunta delle operazioni di misura e per la raccolta delle informazioni aggiuntive da annotare, con riportate anche le piante degli ambienti del laboratorio Isolgomma (con indicati i punti di misura già segnati sul pavimento di ciascuna stanza);*
- *norme in formato pdf;*
- *istruzioni per l'esecuzione delle misure.*
- *i file Excel per la raccolta dei risultati delle misure;*

ISTRUZIONI

- 1 Tutte le misure vanno eseguite in banda di 1/3 d'ottava, anche le misure effettuate secondo la norma UNI EN ISO 10052.*
- 2 Le misure vanno eseguite con il numero minimo di rilevazioni previste da ciascuna norma.*
- 3 Le misure vanno eseguite secondo cicli indipendenti per ciascuna ripetizione della prova.*
- 4 I fogli cartacei per l'annotazione dei dati dovranno essere compilati in tutti i campi previsti.*
- 5 I tempi di riverbero verranno misurati 5 volte (corrispondenti alle 5 ripetizioni) e verranno riutilizzati per tutte le misure (potere fonoisolante e calpestio, nei due metodi previsti).*
- 6 A discrezione, potranno essere utilizzati i punti di misura già segnati sui pavimenti delle stanze del laboratorio o eventualmente se ne potranno utilizzare di nuovi, purché comunque venga chiaramente indicata la posizione di ciascun punto di sorgente e di ciascun punto di microfono utilizzati.*

7.4 Analisi delle posizioni di misura utilizzate dalle differenti squadre

Al punto 3 delle precedenti istruzioni è indicato che le misure devono essere eseguite secondo cicli indipendenti per ciascuna ripetizione. Di fatto tutti i laboratori hanno completato la singola ripetizione prima di iniziare la successiva: ad esempio, per il potere fono isolante, sono stati misurati di seguito i livelli in trasmittente, in ricevente ed il rumore di fondo di una ripetizione, prima di passare alla ripetizione successiva.

Vi è stato però un aspetto, che riguarda l'indipendenza delle ripetizioni, che non è stato specificato nelle istruzioni e che è stato interpretato in modo differente dalle diverse squadre: la variazione delle posizioni di sorgente e microfono tra le diverse repliche della stessa misura.

Questo fatto influisce sui risultati dell'esperienza di precisione in quanto l'utilizzo della maggior variazione possibile per le posizioni di microfono e sorgente aumenta la deviazione standard di ripetibilità del laboratorio ma, d'altra parte, dovrebbe ridurre lo scostamento dal valore medio del risultato del Test Interlaboratorio, portando quindi a valori inferiori di riproducibilità (17).

Sempre riguardo alla variazione delle posizioni di misura, va osservato come le modifiche possibili siano alquanto limitate nel caso della norma UNI EN ISO 10052.

Tale norma, prescrive che l'operatore, per l'esecuzione della traiettoria microfonica, si posizioni al centro dell'ambiente, (con le spalle rivolte alla partizione in esame nel caso questa sia una parete); con queste indicazioni le variazioni possibili nella posizione di misura sono poche. Una minima possibilità di variazione si ha nella scelta della posizione dell'altoparlante, che va collocato, nelle misure di potere fonoisolante su una parete, in uno dei due angoli opposti alla partizione verticale in esame.

Come si vede dalle tabelle, riportate in Appendice J.2 (pag.419-423), alcuni laboratori non hanno variato le posizioni di misura tra le cinque replicazioni.

Inoltre alcuni laboratori (in particolare il n°3 e il n°10) hanno utilizzato delle combinazioni del numero di posizioni di sorgente e microfoni, non sempre conformi alle norme.

I risultati di questi due laboratori sono stati inclusi nelle analisi, ma, in alcuni casi hanno dato luogo a valori anormali e sono stati quindi scartati in base all'analisi statistica.

Un'altra osservazione che è importante fare, sull'organizzazione delle misure da parte delle diverse squadre è relativa alla **presenza dell'operatore in ambiente**.

Tutti gli operatori hanno eseguito le misure restando all'interno dell'ambiente sia nelle misure secondo la norma UNI EN ISO 10052 che secondo le norme della serie UNI EN ISO 140, in molti casi la scelta di restare all'interno della stanza anche durante i rilievi eseguiti per punti fissi, è stata motivata dal fatto di voler garantire omogeneità di condizioni tra le misure con i due diversi metodi.

Fa eccezione il laboratorio 7 che, nelle misure per punti fissi, ha realizzato le misure con l'operatore all'esterno.

Una nota riguarda i laboratori 6 e 5 che hanno mantenuto una persona nell'ambiente trasmittente, anche durante i rilievi in camera ricevente (per mantenere costante l'assorbimento interno, nel primo caso, per eseguire misure contemporanee nei due ambienti nel secondo caso).

L'effetto di una persona all'interno dell'ambiente, nelle misure di potere fonoisolante apparente è stato studiato da I.C. Critchley e P.R. Dunbavin che, in un articolo (18) giungono alle seguenti conclusioni:

“La variazione causata dalla presenza o dall'assenza dell'operatore nella stanza trasmittente è molto piccola ma sembra portare ad un andamento decrescente dei risultati (verso risultati sfavorevoli) che arriva fino a 0,3 dB, rispetto al caso dell'ambiente trasmittente non occupato. Tale effetto è circa lo stesso previsto da Sabine.”

R. Hall, in un altro articolo (19) ha mostrato, con metodi statistici, che non c'è differenza significativa tra le misure eseguite con ambiente trasmittente occupato e inoccupato.

Il metodo preferito dalla maggior parte delle squadre, per la misura dei tempi di riverbero, è stato quello che utilizza un rumore impulsivo. La seguente tabella mostra il metodo scelto dalle diverse squadre per tale misura e le modalità di effettuazione.

Tabella 87 – Metodo utilizzato per la misura del tempo di riverbero

Modalità di misura del tempo di riverbero		
	Metodo utilizzato	Operatore in ambiente
1	Rumore impulsivo	Sì
2	Rumore impulsivo	Sì
3	Rumore impulsivo	Sì
4	Rumore impulsivo	Sì
5	Rumore impulsivo	Sì
6	Rumore impulsivo	Sì
7	Rumore interrotto	no
8	Rumore interrotto	Sì
9	Rumore interrotto	Sì
10	Rumore interrotto	Sì
11	Rumore interrotto	Sì

Tabella 88 - Note relative alle modalità di misura attuate dalle diverse squadre partecipanti

Modalità di misura			
	Presenza operatore nell'ambiente di misura	Presenza secondo operatore in trasmittente durante la misura in ricevente	Misure contemporanee L1 e L2
1	SEMPRE	NO	NO
2	SEMPRE	NO	NO
3	SEMPRE	Sì	NO
4	SEMPRE	NO	NO
5	SEMPRE	Sì	Sì (utilizzati 2 differenti fonometri, uno in trasmittente e uno in ricevente)
6	SEMPRE	Sì	NO
7	l'operatore è stato all'esterno nelle misure di potere fonoisolante secondo la UNI EN ISO 140-4 e nelle misure di tempo di riverbero	NO	Sì (con un analizzatore bicanale)
8	SEMPRE	NO	NO
9	SEMPRE	NO	NO
10	SEMPRE	NO	NO
11	SEMPRE	NO	NO

7.5 Anomalie riscontrate nei calcoli

A tutti i laboratori è stato richiesto di fornire i seguenti dati:

- i risultati finali dei parametri (valori del potere fonoisolante apparente e del livello normalizzato di calpestio, in frequenza e come indice unico di valutazione);
- tutti i valori intermedi delle misurazioni (ad esempio, per il potere fonoisolante apparente, i livelli in ricevente e trasmittente, il livello del rumore di fondo, il tempo di riverberazione, il volume dell'ambiente ricevente e la superficie della partizione).

Da notare che non sono stati forniti né la misura della superficie di misurazione, né il valore del volume dell'ambiente ricevente (che tra l'altro, pur essendo di forma pressoché parallelepipeda, presenta numerose sporgenze e rientranze). Tali parametri sono stati rilevati da ciascun operatore.

Inoltre ai laboratori è stato richiesto di fornire una scansione dei fogli di misura, su cui sono state compilate tutte le informazioni accessorie (posizioni di sorgente e microfono, data e ora, condizioni termogrametriche).

Avendo a disposizione tutti i dati, il Comitato Organizzativo del Test Interlaboratorio è stato in grado di fare un controllo su tutti i calcoli eseguiti dalle squadre, individuando gli eventuali errori di calcolo.

Un primo fattore che può causare degli scostamenti nei risultati è l'arrotondamento dei dati.

Nella seguente tabella è stato riportato il numero di cifre significative con cui ogni laboratorio ha fornito i propri dati. Il laboratorio 7 ha fornito i livelli di pressione sonora con un differente numero di cifre significative nel caso delle misure di potere fono isolate e di calpestio.

Tabella 89 – Grado di arrotondamento con cui i laboratorio hanno riportati i propri risultati

LAB	n° cifre significative							
	L_1	L_2	B_2	T_2	V	S	R'	L'_n
1	1	1	1	3	4	4	1	1
2	2	2	2	3	3	2	13	13
3	1	1	1	2	2	2	1	1
4	1	1	1	2	2	2	13	13
5	1	1	1	2	1	1	13	13
6	2	2	2	2	1	1	1	1
7	3	3	3	3	2	2	1	
	5	5	5	3	2	2		1
8	1	1	1	1	2	3	1	1
9	1	1	1	2	1	1	1	1
10	1	1	1	2	3	2	1	1
11	2	2	2	2	3	2	13	13

Sia le norme UNI EN ISO 140 parti 4 e 7 che la norma UNI EN ISO 10052 indicano che i risultati devono essere restituiti, alla prima cifra decimale, per tutte le frequenze di misurazione. Non viene data invece alcuna prescrizione sul grado di arrotondamento dei valori in ingresso (L_1 , L_2 , T_2 , V , S) e dei valori risultanti dai calcoli intermedi (medie energetiche).

Le norme UNI EN ISO 717 (20)(21), nella più recente versione del 2007, danno, in una nota, delle indicazioni, ma ancora una volta solo sul grado di arrotondamento dei risultati finali in frequenza. A seguire, in corsivo, si riporta in testo della nota contenente le istruzioni per l'arrotondamento:

Le differenti parti della ISO 140 stabiliscono che i risultati devono essere espressi "con una cifra decimale". Tuttavia, se i valori in bande di ottava o di terzi di ottava sono stati rilevati con più di una cifra decimale, tali

valori devono essere ridotti a un solo decimale prima di utilizzarli nel calcolo del valore dell'indice di valutazione. Ciò si ottiene prendendo il valore, in decimi di decibel, più vicino al valore rilevato XX,XYZZZ e arrotondando poi a XX,X se Y è minore di 5 oppure a XX,X+0,1 se Y è uguale a 5 o maggiore di 5. Gli sviluppi del software dovrebbero assicurare che questo taglio di cifre si effettui sui valori reali rilevati e non soltanto sull'accuratezza di presentazione visiva (come compare sullo schermo o nella stampa su carta). Generalmente ciò si può attuare adottando la seguente sequenza di istruzioni: moltiplicare il numero (positivo) XX,XYZZ per 10 e aggiungere 0,5, prendere la parte intera e poi dividere il risultato per 10.

Nell'analisi dei risultati del Test Interlaboratorio, eseguendo il controllo dei calcoli effettuati dalle squadre, si è notata un'influenza non trascurabile degli arrotondamenti dei valori d'ingresso e dei risultati dei calcoli intermedi, sul valore finale, con variazioni che in alcuni casi hanno causato un salto nell'indice unico di valutazione (in tali situazioni nei successivi calcoli statistici è stato mantenuto il valore dell'indice fornito dal laboratorio).

In molti casi sono emerse differenze di 0,1 dB tra i risultati forniti dai laboratori e quelli ricalcolati dagli stessi valori d'ingresso. Tali deviazioni sono chiaramente imputabili agli arrotondamenti intermedi utilizzati. In alcuni casi, però, sono emerse delle differenze in frequenza maggiori, non imputabili né al numero di cifre significative utilizzato né ad errori nella correzione del rumore di fondo. Non è stata presa alcuna misura per tali risultati, che sono stati utilizzati, così come forniti dai laboratori, nelle successive analisi statistiche.

Il controllo dei calcoli è stato utile per l'individuazione e, dove possibile, la correzione, di numerosi errori. Ad esempio, una squadra ha fornito numerosi valori errati dell'indice unico del livello di calpestio, confermando i risultati inviati dopo una prima richiesta di controllo dei calcoli eseguiti. Dopo un'indagine è emerso che il calcolo dell'indice di valutazione era stato eseguito con un software che evidentemente era limitato nel valore massimo dell'indice di calpestio a 91 dB (tutti i valori maggiori venivano posti uguali a 91 dB).

In questo caso i dati sono poi stati corretti dal Comitato Organizzatore.

Anche un altro laboratorio ha fornito valori errati dell'indice di calpestio, corretti dopo la richiesta di revisione da parte del Comitato Organizzatore. L'errore era ancora dovuto alla limitazione a 90 dB del foglio Excel utilizzato per il calcolo dell'indice.

Queste difficoltà nel calcolo del risultato a numero unico di calpestio, sono derivate dal fatto che le misure hanno riguardato un solaio nudo in laterocemento, che presentava livelli di calpestio decisamente maggiori rispetto a quelli che si riscontrano normalmente in opera.

Anche nel calcolo degli indici di valutazione del potere fonoisolante apparente sono stati riscontrati alcuni errori nel calcolo dell'indice (poi corretti), ma in numero decisamente minore rispetto a quanto avvenuto per il calpestio.

Alcuni laboratori avevano dimenticato di apportare la correzione per il rumore di fondo, correggendo poi l'analisi su richiesta del Comitato Organizzatore.

Il laboratorio 11 non ha fornito i valori di potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 140-4, in quanto i dati sono andati persi nel passaggio dallo strumento al computer.

Il laboratorio 10 è stato escluso dalle misure di livello di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 140-7 in quanto aveva eseguito due sole ripetizioni della misura, discostandosi fortemente dalle indicazioni fornite per quanto riguarda il numero di posizioni di sorgente e di microfono da utilizzare.

7.6 Misure di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 140-7

Per quanto riguarda le misure di calpestio, eseguite secondo la norma UNI EN ISO 140-7, sono stati analizzati i risultati forniti da 10 laboratori su 11.

Come già detto il laboratorio 10 ha eseguito solo 2 ripetizioni della misura, discostandosi considerevolmente dalle istruzioni date dal Comitato Organizzatore. Per tale ragione i risultati di tale laboratorio non sono stati utilizzati.

Tutti i risultati del Test Interlaboratorio sono riportati per esteso in Appendice J; in particolare i dati relativi al livello di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 140-7 sono descritti nelle sezioni J.3, J.4 e J.5.

Secondo quanto previsto dalla norma UNI ISO 5725-2 (11), sono stati compilati i moduli per la raccolta dei risultati dei vari laboratori; tali moduli sono stati riportati come allegati in appendice:

- il Modulo A per la raccolta dei dati di cella è riportato in Tabella 288 e Tabella 289;
- il Modulo B per la raccolta delle medie di cella è illustrato in Tabella 290;
- il Modulo C degli scarti tipo infracella nella Tabella 291.

I valori medi del livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, calcolati sulle cinque ripetizioni eseguite da ciascun laboratorio, si leggono nella sottostante Figura 79.

In Figura 80 sono invece indicati i valori medi, sulle cinque ripetizioni, dell'indice di valutazione, per ogni laboratorio.

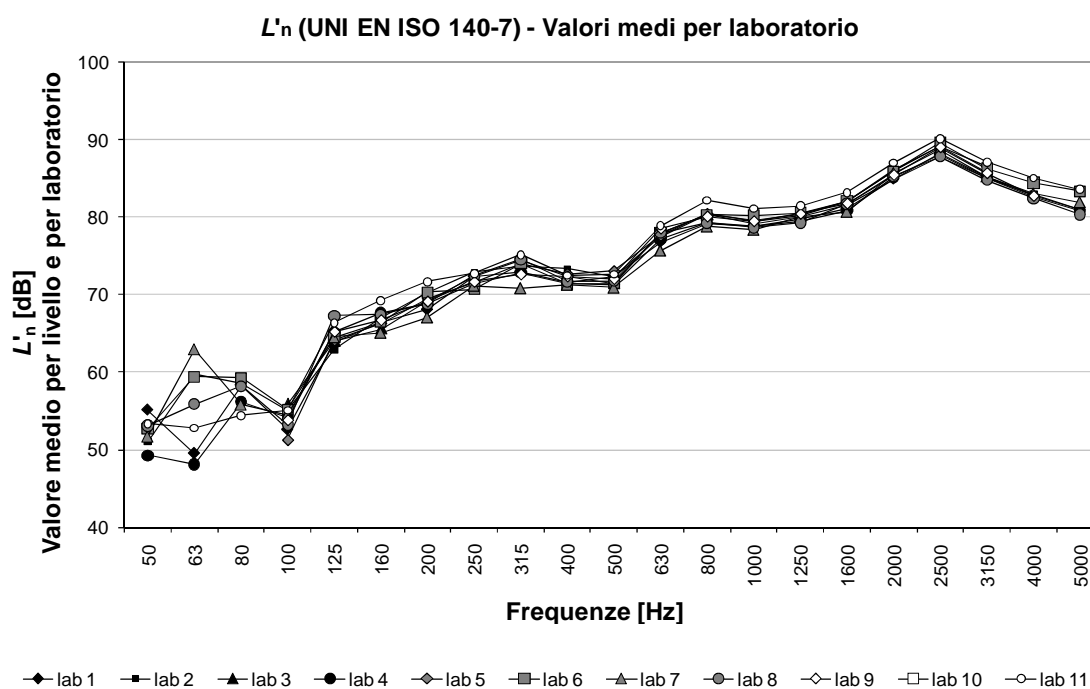


Figura 79 – Valori medi, in frequenza, del livello di calpestio, misurato secondo la norma UNI EN ISO 140-7, rilevati dai diversi laboratori

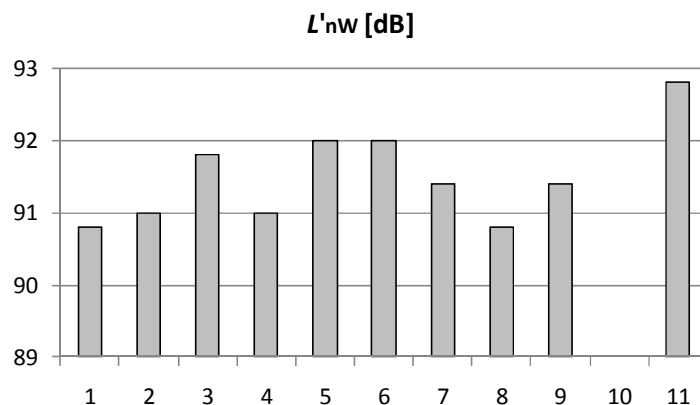


Figura 80 – Valori medi dell'indice del livello di calpestio rilevati, secondo la norma UNI EN ISO 140-7, dai diversi laboratori

Lo scostamento massimo tra i dati delle singole ripetizioni eseguite dai laboratori si può vedere più chiaramente nella figura e nella tabella sottostanti. Come atteso, gli scostamenti massimi si registrano alle basse frequenze, con una dispersione massima dei dati a 63 Hz. A tale frequenza la differenza massima risulta di ben 17,4 dB. Lo scostamento sull'indice unico di valutazione è limitato a soli 3 dB.

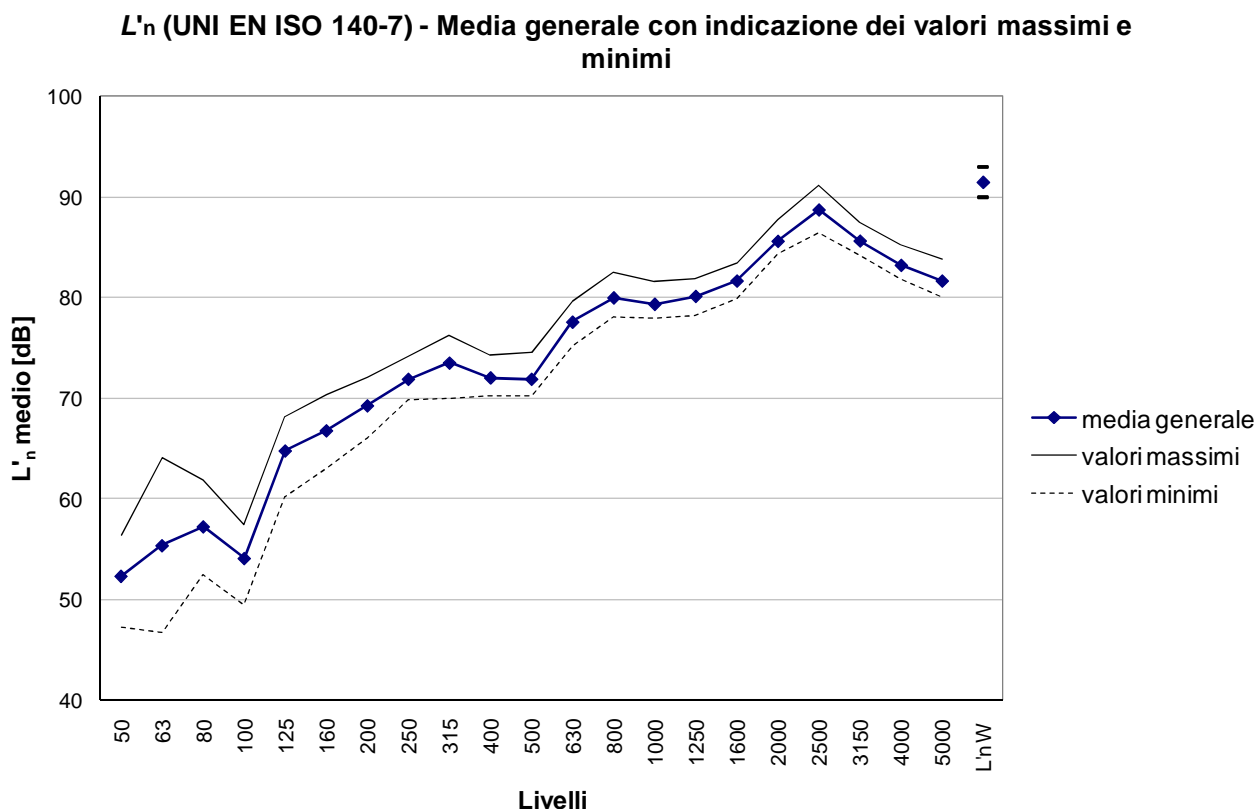


Figura 81 – Media generale del livello di calpestio (secondo la norma UNI EN ISO 140-7), con indicazione dei livelli massimi e minimi registrati sulle singole ripetizioni eseguite dai 10 i laboratori presi in esame

Tabella 90 – Valori massimi, minimi e scostamenti massimi nei valori del livello di calpestio (secondo norma UNI EN ISO 140-7)

	Livello: f [Hz]										
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
max	56,4	64,1	61,9	57,5	68,2	70,3	72,1	74,2	76,3	74,3	74,5
min	47,3	46,7	52,4	49,5	60,2	63,1	66,1	69,9	70,0	70,3	70,3
diff	9,1	17,4	9,4	8,0	8,0	7,2	6,0	4,4	6,3	4,0	4,2

	Livello: f [Hz]										
	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L' _{nw} [dB]
max	79,7	82,5	81,6	81,9	83,5	87,8	91,1	87,5	85,3	83,8	93,0
min	75,2	78,1	77,9	78,2	80,0	84,4	86,5	84,3	81,8	80,0	90,0
diff	4,5	4,4	3,7	3,7	3,5	3,4	4,6	3,2	3,5	3,8	3,0

7.6.1 Test grafici per verificare la coerenza dei dati (prima analisi su tutti i dati)

La norma UNI ISO 5725-2, per il calcolo dei valori di precisione (ripetibilità e riproducibilità), prevede un'analisi statistica preliminare dei dati, per individuare e se necessario eliminare, eventuali valori anomali. Come primo passaggio, vengono calcolate e rappresentate graficamente delle grandezze statistiche h e k di Mandel (utili, oltre che per valutare la variabilità del metodo, anche per valutare i singoli laboratori).

Il parametro h , **statistica di coerenza interlaboratorio**, va calcolato per ciascun laboratorio e ciascun livello, ed è definito come rapporto tra lo scarto di cella e lo scarto tipo tra le medie di cella:

$$h = \frac{\text{scarto di cella}}{\text{scarto tipo tra le medie di cella}} = \frac{\text{media celle per un certo livello} - \text{corrispondente media generale}}{\text{scarto tipo tra le medie di cella}}$$

$$h_{ij} = \frac{\overline{y_{ij}} - \overline{y_j}}{\sqrt{\frac{1}{(p_j - 1)} \sum_{i=1}^{p_j} (\overline{y_{ij}} - \overline{y_j})^2}}$$

I valori di h_{ij} per ogni cella vanno riportati su un grafico in ordine di laboratorio, raggruppati per livello (o in alternativa, in ordine di livello, raggruppati per ogni laboratorio).

Nei grafici di h vengono tracciate delle linee indicatrici che servono da guida per l'esame di andamenti particolari nei dati, corrispondenti ai valori critici di h al livello del 5% e dell'1%. Tali valori critici vengono determinati in funzione del numero di laboratori per livello (p_j) e del numero medio di ripetizioni della misura nei laboratori (n_j) (valori riportati in Tabella 292).

La norma UNI ISO 5725-2 dà le seguenti indicazioni per l'analisi del grafico dei valori h :

- Ogni laboratorio può avere valori di h sia positivi che negativi o anche valori tutti dello stesso segno (in genere il numero di laboratori che fornisce valori tutti positivi dovrebbe essere uguale al numero di quelli con risultati tutti negativi).
- Valori di h anomali per un laboratorio, rispetto agli altri, possono essere indice della presenza di un errore sistematico di laboratorio.

Dal grafico di h risultante (Figura 190, Tabella 293), si evidenziano 13 valori dispersi (cioè superiori al livello critico al 5%, e inferiori a quello all'1%):

- lab. 2 a 400 Hz;
- lab. 5 a 100 Hz;
- lab. 7 a 315 e a 630 Hz;
- lab. 8 a 125 Hz;
- lab. 11 a 160, 200, 1000, 1250, 1600, 2000, 3150, 4000 Hz e al livello corrispondente all'indice unico di valutazione.

Inoltre è presente un valore anormale (cioè superiore al livello critico all'1%) per il laboratorio 11 a 800 Hz. Il laboratorio 11 presenta il maggior numero di valori dispersi ed un valore anormale, dal grafico delle medie (Figura 79) si nota che il laboratorio 11 ha fornito valori più alti rispetto a tutti gli altri, in quasi tutto l'intervallo di frequenze. Tuttavia tali osservazioni ed i risultati del primo test statistico non sono ancora sufficienti per decidere l'eventuale eliminazione di alcuni dati.

È stata fatta una verifica sui valori calcolati dai laboratori per la superficie della parete di separazione ed il volume dell'ambiente, in modo da verificare, ad esempio, se i valori più alti del laboratorio 11, possono essere dovuti ad un'anomalia di questi dati di partenza. Come si vede dalla seguente tabella, il volume utilizzato nei calcoli dal laboratorio 11, è risultato intermedio tra quelli trovati da tutte le altre squadre.

Tabella 91 – Confronto tra i valori di superficie e volume determinati dai laboratori

Lab.	1	2	3	4	5	6
V [m ³]	54,27	55,47	57,38	55,74	55,50	56,20
S [m ²]	9,56	9,57	9,49	9,57	9,50	9,60

Lab	7	8	9	10	11	
V [m ³]	57,51	55,38	58,60	56,21	55,47	
S [m ²]	9,57	9,52	9,60	9,49	9,53	

Il parametro **k**, **statistica di coerenza intralaboratorio**, va calcolato valutando prima, per ciascun livello, lo scarto tipo raggruppato interno alle celle:

$$\sqrt{\frac{\sum s_{ij}^2}{p_j}}$$

poi, per ciascun laboratorio e per ciascun livello, si calcola il valore del parametro **k**:

$$k_{ij} = \frac{s_{ij} \sqrt{p_j}}{\sqrt{\sum s_{ij}^2}}$$

I valori di k_{ij} , per ogni cella, vanno riportati su un grafico, in ordine di laboratorio, raggruppati per livello (oppure, separatamente per ciascun livello, raggruppati per laboratorio). Anche in questi grafici si riportano le linee indicatrici per individuare andamenti particolari nei dati.

La norma UNI ISO 5725-2 dà le seguenti indicazioni per l'analisi del grafico dei valori **K**:

- Se l'insieme dei risultati di alcuni laboratori è marcatamente differente da quello degli altri laboratori, si deve innanzitutto ricercare la causa del comportamento discrepante e stabilire se mantenere o eliminare i dati di tali laboratori.

- Se un laboratorio ha valori di k molto elevati, se ne deve ricercare la causa: ciò è infatti indice di una ripetibilità più bassa rispetto a quella degli altri laboratori. Invece valori bassi di k potrebbero derivare, per esempio, da un arrotondamento eccessivo dei dati.

Quando un grafico di h o k , raggruppato per laboratorio, indica che molti valori di h o k di un laboratorio sono prossimi alla linea del valore critico, è opportuno studiare il grafico corrispondente raggruppato per livello (un valore, alto per un laboratorio, potrebbe risultare coerente se confrontato con quello degli altri laboratori al medesimo livello).

Oltre ad i grafici di h e k si devono analizzare anche gli istogrammi delle medie di cella e delle escursioni di cella (questi potrebbero indicare la presenza di due popolazioni distinte di dati, situazione incompatibile con la presente trattazione che ipotizza un'unica popolazione con distribuzione unimodale).

I risultati del test grafico k sono riportati in appendice in Figura 191 e in Tabella 294.

Il laboratorio 3 presenta ben 6 valori dispersi e 7 valori anormali. Gli elevati valori di k per il laboratorio 3 possono essere spiegati dal fatto che tale laboratorio non ha applicato correttamente le prescrizioni del metodo di misura. In particolare nel caso della misura del livello di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 140-7, è stata utilizzata una sola posizione del generatore di calpestio (invece di 4), con sei rilevazioni in sei punti differenti (uguali nelle cinque ripetizioni). Ciò può aver causato una ripetibilità interna del laboratorio peggiore rispetto a tutti gli altri.

Altri 4 valori anormali si verificano nei seguenti tre laboratori:

- per il lab. 2 a 125 Hz;
- per il lab 4 a 100 Hz;
- per il lab. 5 a 800 e 2500 Hz.

Tali valori di k derivano da elevati valori dello scarto tipo infracella (vedere modulo C).

7.6.2 Test numerici per i valori anormali (prima analisi su tutti i dati)

La UNI ISO 5725-2 presuppone che tra i vari laboratori esistano solo lievi differenze nelle varianze intralaboratorio. Tuttavia, poiché non è sempre così, si deve applicare il **test di Cochran** per verificare la validità di quest'ipotesi.

La grandezza statistica di Cochran C si calcola, da un gruppo p di scarti tipo s_i , tutti calcolati con lo stesso numero n di replicazioni, con la seguente formula:

$$C = \frac{s_{\max}^2}{\sum_{i=1}^p s_i^2} \quad \text{dove } s_{\max}^2 \text{ è lo scarto più elevato del gruppo.}$$

I valori critici per il test di Cochran si calcolano in funzione del numero di laboratori e del numero di ripetizioni (Tabella 295).

Il test di Cochran verifica solo il maggiore di una serie di scarti tipo, quindi è un criterio unilaterale su valori anomali. Quando un laboratorio presenta, a tutti i livelli, uno scarto tipo minore rispetto agli altri, si deve eseguire un'indagine per capire se tale laboratorio lavora effettivamente con una ripetibilità migliore degli altri (per l'utilizzo di una metodologia o di un'apparecchiatura più avanzata) oppure se i valori minori degli scarti derivano da errori.

Dopo l'eliminazione di un valore il test di Cochran va ripetuto ma una sola volta (perché la sua continua iterazione porterebbe all'eliminazione di un numero eccessivo di dati).

La presenza di molti valori dispersi e/o anormali in differenti livelli, nello stesso laboratorio, possono indicare che quest'ultimo ha una varianza intralaboratorio eccessivamente elevata

Nel caso in esame tutti i valori anormali sono dovuti al laboratorio 3. L'eccessiva variabilità intralaboratorio, di questa squadra si può spiegare, come già detto, nelle deviazioni nell'effettuazione delle misure dal metodo della norma UNI EN ISO 140-7. Non potendo eliminare la causa di variabilità, si è quindi deciso di eliminare tale laboratorio.

Dalla seguente Figura 82, che riporta gli scarti tipo infracella dei diversi laboratori, si vede che il laboratorio 3 ha scarti tipo superiori a quelli degli altri laboratori in gran parte dell'intervallo di frequenze.

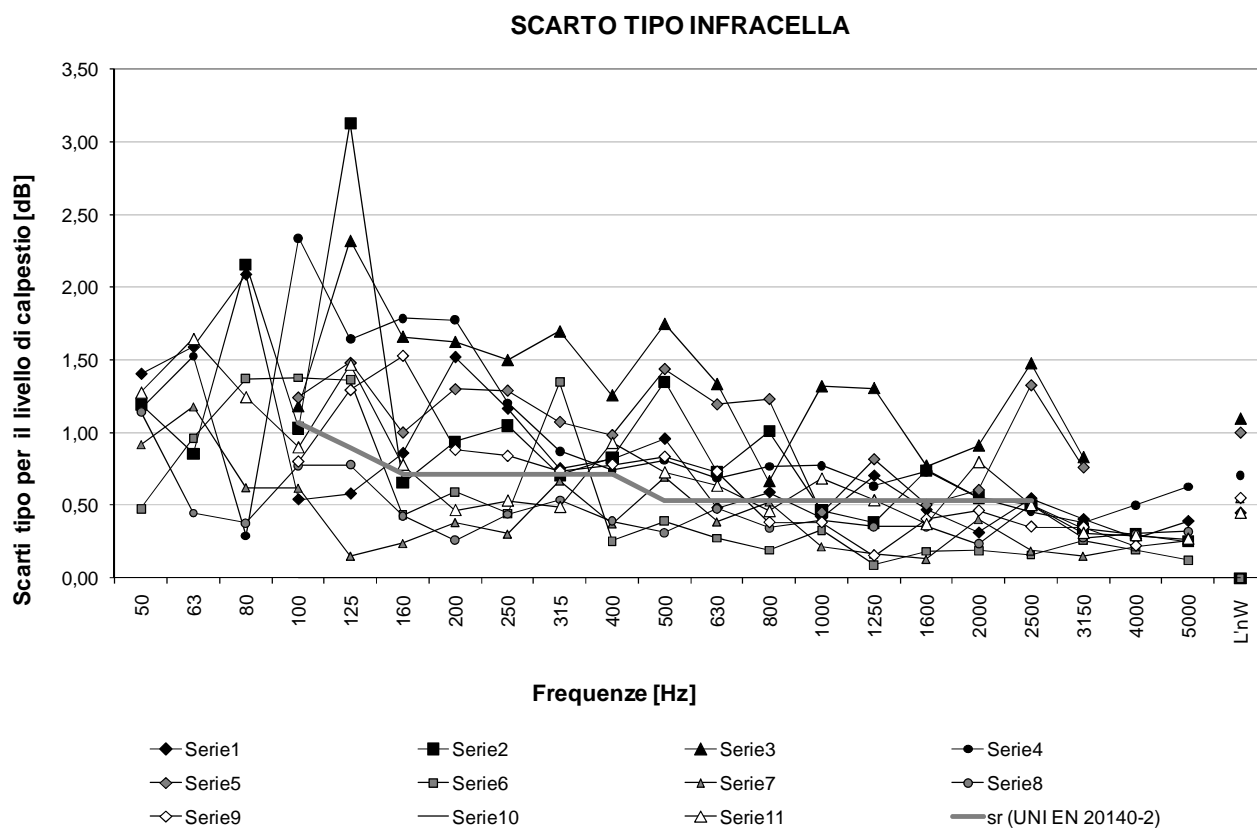


Figura 82– Valori dello scarto tipo infracella (valori corrispondenti al Modulo C). Si riporta, come riferimento, lo scarto tipo di ripetibilità indicato dalla norma UNI EN 20140-2 per le misure in laboratorio (linea grigia piena).

7.6.3 Ripetizione dell'analisi statistica dopo l'eliminazione del laboratorio3

Dopo l'eliminazione del laboratorio 3, sono stati calcolati nuovamente le grandezze statistiche h e k di Mandel ed è stato eseguito di nuovo il Test di Cochran.

In assenza del laboratorio 3, il grafico della grandezza h (Figura 192, Tabella 298) non indica alcun valore anormale (prima era presente un valore anormale per il lab. 11), ma solo valori dispersi, che risultano, come nel caso precedente, più numerosi per il laboratorio 11.

Il Test k (Figura 193, Tabella 299) mostra ancora numerosi valori dispersi e anormali (con una diminuzione minima rispetto al caso precedente), appartenenti ai laboratori 2, 4, 5.

Il test di Cochran (Tabella 301) indica ancora dei valori anormali e dispersi ma, mentre prima appartenevano tutti al laboratorio 3, ora sono distribuiti tra i laboratori 2, 4 e 5.

Dato che i tre valori anormali appartengono a tre differenti laboratori, il test di Cochran non dà evidenza di una deviazione sufficiente per l'eliminazione di tali dati e si procede quindi applicando il test di Grubbs.

Come primo passo è stato eseguito il test di Grubbs alle medie di cella, verificando il valore maggiore, il valore minore, i due valori maggiori ed i due valori minori (Tabella 303, Tabella 304). Da tali analisi è emerso solo un valore disperso sulle due osservazioni maggiori. Dato che anche in questo caso non vi è evidenza sufficiente all'eliminazione di alcun dato, si passa all'esecuzione del test di Grubbs applicato alle singole celle.

Si prendono in esame le celle dei laboratori e dei livelli che hanno dato valori anormali nel test di Cochran:

- il laboratorio 4 a 100 Hz (Tabella 305);
- il laboratorio 2 a 125 Hz (Tabella 306);
- il laboratorio 5 a 2500 Hz (Tabella 307).

Da questi tre test non emergono né valori anormali, né dispersi.

Quindi, dopo l'eliminazione del laboratorio 3, si possono accettare tutti gli altri dati.

7.6.4 Valori di precisione per le misure di calpestio (secondo la norma UNI EN ISO 140-7)

Sui risultati corretti in base all'analisi statistica, sono state calcolate le seguenti grandezze (riportate in Tabella 309):

- la media generale (indicata con il simbolo \bar{y}_j o \hat{m}_j);
- le varianze di ripetibilità (s_r^2), la varianza interlaboratorio (s_L^2) e quella di riproducibilità (s_R^2);
- i corrispondenti scarti tipo, che si ottengono dalla radice quadrata delle varianze.

In Figura 83 sono riportati su un grafico, in funzione della frequenza, i risultati dell'analisi statistica, sotto forma di scarti tipo di ripetibilità (s_r), interlaboratorio (s_L) e di riproducibilità (s_R).

Lo scarto tipo interlaboratorio ha un evidente picco a 63 Hz, a cui corrisponde un identico picco nella varianza di riproducibilità.

La forte variabilità dei risultati a tale frequenza si poteva già vedere dal grafico dei valori medi dei laboratori e dalla tabella con i valori massimi, minimi e lo scostamento massimo dei singoli risultati di prova (Figura 81 e Tabella 90). Alla frequenza di 63 Hz lo scostamento massimo tra i singoli risultati risulta pari a 17,4 dB (valore che non è variato dopo l'eliminazione del laboratorio 3, come si vede da Tabella 308).

Secondo le indicazioni della norma UNI EN 20140 parte 2 (22), a partire dagli scarti tipo, sono stati calcolati, con le seguenti relazioni, i valori di ripetibilità e riproducibilità:

$$r = 2,8 \sqrt{s_r^2} \qquad R = 2,8 \sqrt{s_R^2} = 2,8 \sqrt{s_r^2 + s_L^2}$$

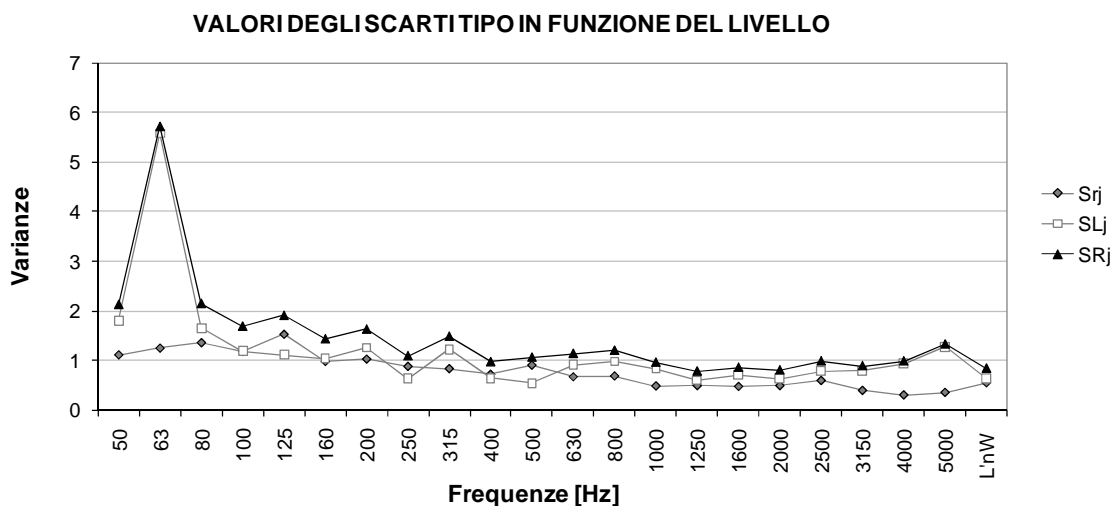


Figura 83– Valori degli scarti tipo di ripetibilità (s_r), interlaboratorio (s_L) e di riproducibilità (s_R), per il livello normalizzato di calpestio (utilizzando la norma UNI EN ISO 140-7), calcolati escludendo il laboratorio 3

I risultati, espressi come valori di ripetibilità e riproducibilità, sono riportati nella seguente Figura 84, dove sono stati indicate, per confronto, le curve dei valori di r e R , indicati dalla norma UNI EN 20140-2 per le misure di calpestio.

Va sottolineato che tale norma non fornisce valori di ripetibilità per le misure in opera; a scopo indicativo, sono stati riportati comunque i valori relativi alla ripetibilità in laboratorio, che infatti risultano, alle basse e medie frequenze, minori rispetto ai valori di r trovati nel presente Test Interlaboratorio.

I valori di riproducibilità ottenuti risultano inferiori a quelli della norma UNI EN 20140-2, nell'intero intervallo da 100 a 3150 Hz.

L'elevatissimo valore di riproducibilità trovato a 63 Hz non è facilmente spiegabile. Dal controllo dei valori del rumore di fondo riportati dai singoli laboratori, è stata esclusa qualsiasi possibile influenza del rumore esterno.

Una prima spiegazione di tale picco è la presenza di onde stazionarie all'interno dell'ambiente: a 63 Hz la lunghezza d'onda è di circa 5,4 m, dimensione confrontabile con quelle dell'ambiente (in pianta circa 3,6 per 3,8 m con altezza di circa 3m).

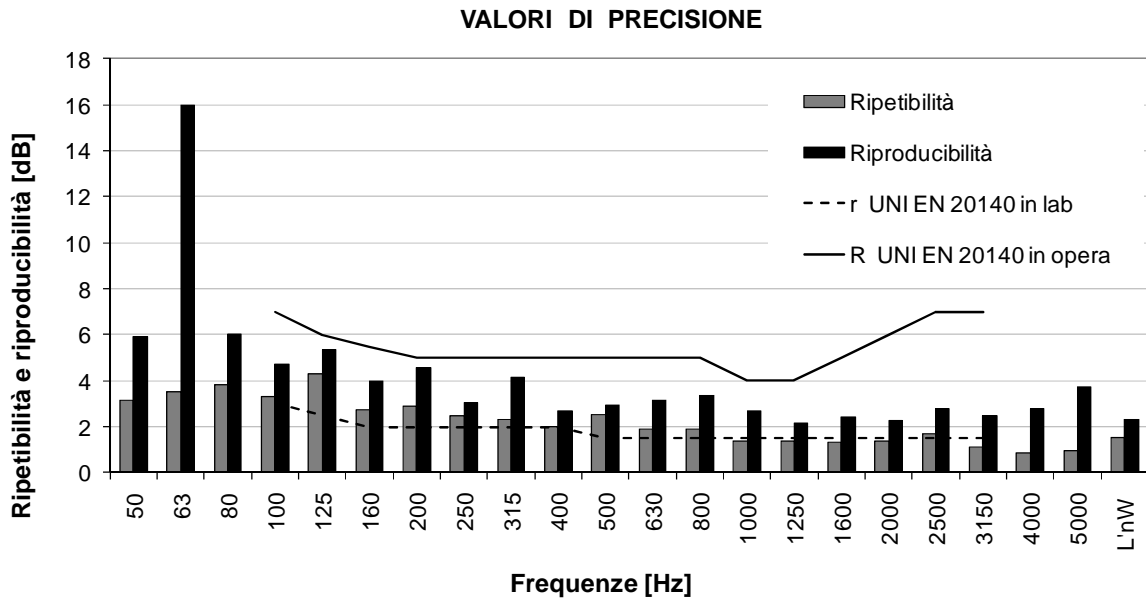


Figura 84 – Risultati dei valori di precisione (ripetibilità e riproducibilità), per il livello normalizzato di calpestio (utilizzando la norma UNI EN ISO 140-7), calcolati escludendo il laboratorio 3

7.6.5 Verifica dei valori di ripetibilità e riproducibilità per le misure di calpestio (secondo la norma UNI EN ISO 140-7)

Verifica dei valori di ripetibilità r , nell'ambito della prova interlaboratorio

La norma UNI EN 20140-2 definisce il valore di ripetibilità come “*valore al disotto del quale si può prevedere che la differenza assoluta tra due singoli risultati di prova ottenuti in condizioni di ripetibilità si troverà con una probabilità del 95%*”.

Quindi, ottenuti dalla prova interlaboratorio i valori di ripetibilità ai diversi livelli (frequenze), va verificata tale definizione. Per ognuno dei p laboratori e per ciascuna delle q bande di frequenza, si hanno $n(n-1)/2$ differenze assolute tra singoli risultati di prova y_i e y_k ; queste vanno confrontate con la differenza critica della banda di frequenza in esame:

$$CrD_{0,95}(|y_i - y_k|) = r$$

In totale si devono fare $qpn(n-1)/2$ confronti e le corrispondenti differenze critiche non dovrebbero essere superate in più del 5% dei casi.

Nel caso in esame, vanno prese in esame le differenze tra i risultati delle ripetizioni dei 9 laboratori considerati (un laboratorio è stato scartato preliminarmente ed uno è stato scartato sulla base dell'analisi statistica). Inoltre si deve tener conto che alcuni laboratori hanno prodotto risultati su un numero minore di livelli. I confronti da effettuare risultano quindi 1890.

Il numero di casi in cui la differenza tra i risultati supera il valore di r è pari a 106, cioè al 5,6% dei casi, con una percentuale leggermente superiore al 5%, ma decisamente accettabile.

Verifica dei valori di riproducibilità R , nell'ambito della prova interlaboratorio

Analogamente, il valore di riproducibilità è definito come “*valore al disotto del quale si può prevedere che la differenza assoluta tra due singoli risultati di prova ottenuti in condizioni di riproducibilità si troverà con una probabilità del 95%*”.

Per p laboratori, che abbiano utilizzato tutti lo stesso numero n di ripetizioni, vanno eseguite $p(p-1)/2$ differenze assolute tra i risultati medi \bar{y}_a e \bar{y}_b di due laboratori a e b ; tali differenze vanno confrontate con la differenza critica:

$$CrD_{0,95}(|\bar{y}_a - \bar{y}_b|) = \sqrt{R^2 - r^2 \left(1 - \frac{1}{n}\right)}$$

Questo va fatto per ciascuna banda di frequenza, per un totale di $qp(p-1)/2$ confronti. Le differenze critiche non dovrebbero essere superate in più del 5% dei casi.

Nel caso in esame risultano 720 confronti, con 30 superamenti che corrispondono al 4,2% dei casi, con percentuale che in tal caso è minore al 5%.

7.7 Misure di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 10052

Per le misure di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 10052, tutti e 11 i laboratori hanno fornito cinque ripetizioni delle misure.

I moduli A, B, C che raccolgono rispettivamente i singoli risultati, le medie di cella e gli scarti tipo infracella, sono riportati in Appendice J.6 (Tabella 311, Tabella 312, Tabella 313,)

I valori medi del livello di calpestio, per ogni squadra, sono confrontati tra loro nella sottostante Figura 85.

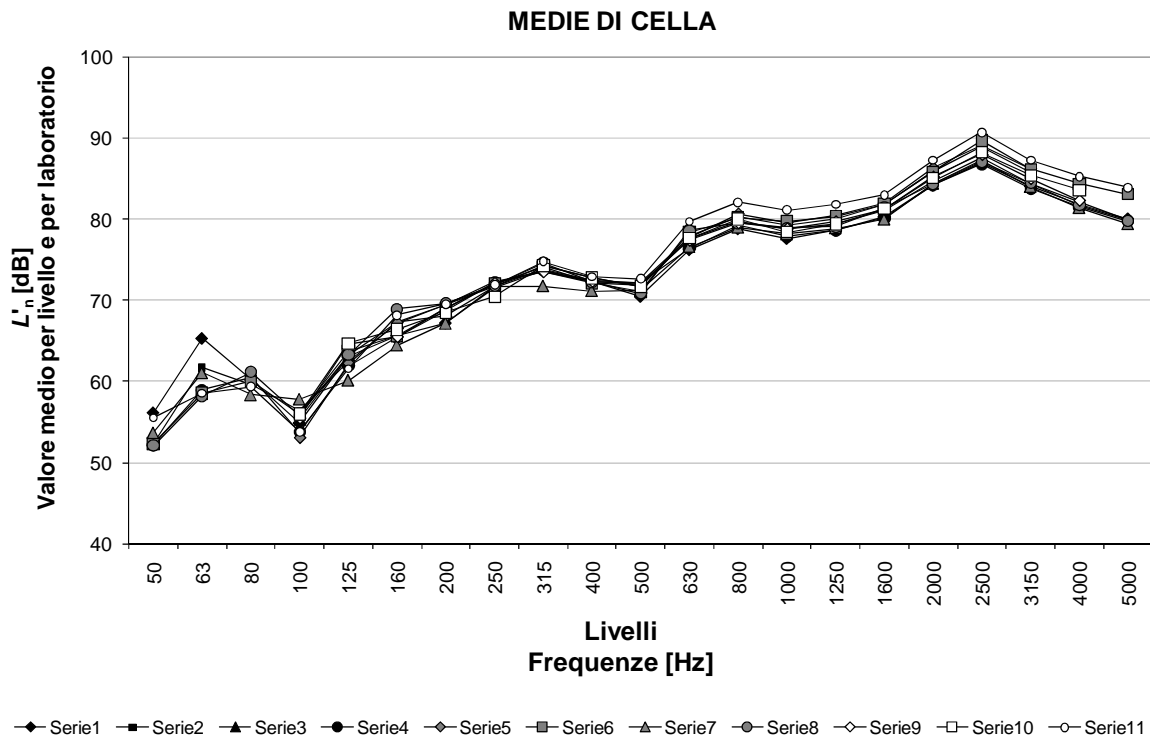


Figura 85– Valori medi, in frequenza, del livello di calpestio, misurato secondo la norma UNI EN ISO 10052, rilevati dai diversi laboratori

In Figura 86 sono riportati i valori medi (calcolati dalla media aritmetica delle cinque ripetizioni di ogni laboratorio) degli indici del livello normalizzato di calpestio. Tra i valori medi lo scostamento massimo è di 3,4 dB.

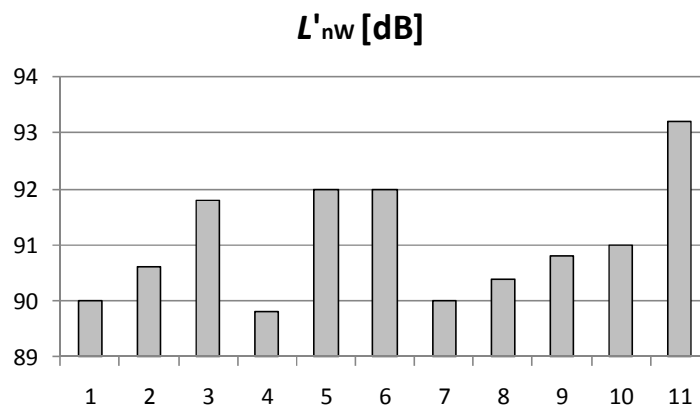


Figura 86– Valori medi dell'indice del livello di calpestio rilevati, secondo la norma UNI EN ISO 10052, dai diversi laboratori

In Figura 87 è mostrata la media generale (calcolata sui risultati di tutte le squadre), con le linee degli scostamenti massimi della media generale dai singoli risultati ottenuti dai diversi laboratori. In tal caso lo scostamento massimo sull'indice risulta di 5 dB.

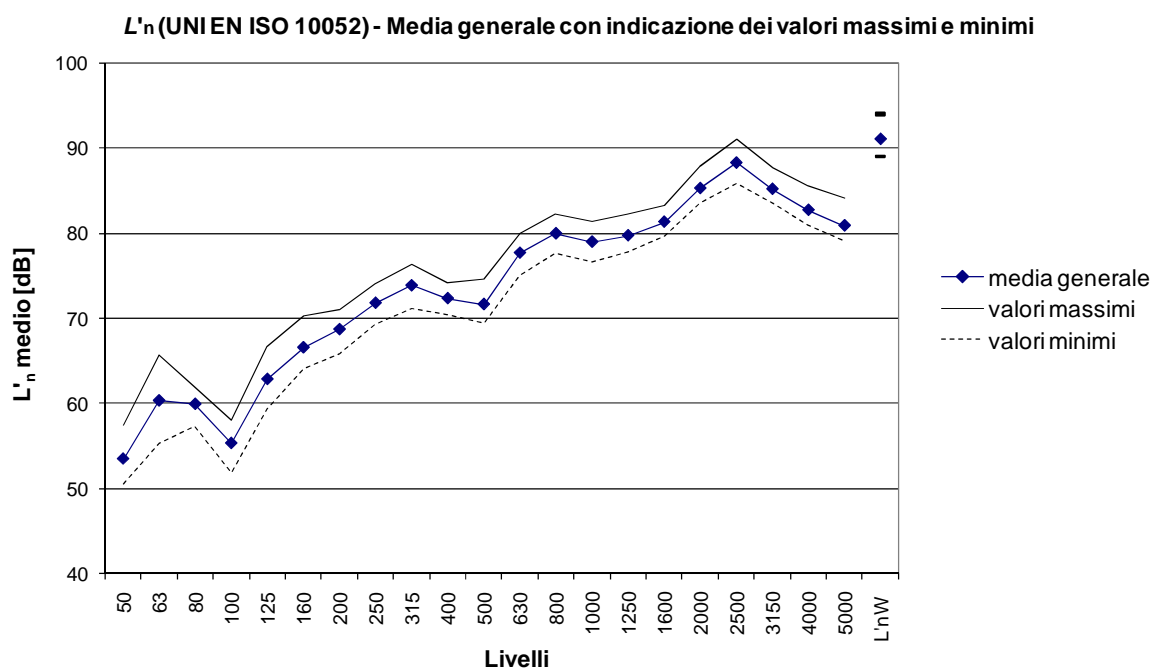


Figura 87 – Media generale del livello di calpestio (secondo la norma UNI EN ISO 10052), con indicazione dei livelli massimi e minimi registrati sulle singole ripetizioni eseguite dagli 11 laboratori presi in esame

I valori degli scostamenti in frequenza e sull'indice unico (tra media generale e singoli risultati di prova) si leggono anche nella seguente Tabella 92.

Tabella 92 – Valori massimi, minimi e scostamenti massimi nei valori del livello di calpestio (secondo norma UNI EN ISO 10052)

	Livello: f [Hz]										
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
max	57,4	65,7	62,0	58,1	66,7	70,3	71,0	74,1	76,3	74,2	74,6
min	50,5	55,3	57,3	51,9	59,4	64,1	65,9	69,3	71,2	70,4	69,5
diff	6,9	10,4	4,7	6,3	7,3	6,2	5,1	4,8	5,1	3,8	5,1

	Livello: f [Hz]										L'_{nw} [dB]
	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
max	80,0	82,3	81,4	82,2	83,3	87,9	91,1	87,7	85,6	84,2	94,0
min	75,1	77,7	76,7	77,8	79,6	83,6	85,9	83,5	81,0	79,1	89,0
diff	4,9	4,6	4,7	4,4	3,7	4,3	5,2	4,2	4,6	5,1	5,0

7.7.1 Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (prima analisi su tutti i dati)

Sono stati calcolati i valori della **grandezza statistica h, statistica di coerenza interlaboratorio**, (riportati in Tabella 316) con i relativi valori critici (Tabella 315), calcolati in funzione del numero di laboratori e del numero di ripetizioni

L'analisi della grandezza statistica h di Mandel, ha evidenziato 11 valori dispersi:

- lab.1 a 63 Hz;
- lab. 7 a 100 e 125 Hz;
- lab 11 a 630, 1000, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 Hz e per l'indice unico di valutazione.

Inoltre sono presenti cinque valori anormali:

- lab 7 a 315 e 400 Hz;
- lab. 10 a 250 Hz;
- lab. 11 a 800 e 1250 Hz.

Dall'analisi del grafico di h si nota l'andamento per il laboratorio 11, con valori di h quasi tutti positivi e quasi tutti prossimi o superiori ai valori critici. Alle frequenze medio-alte tale laboratorio ha infatti prodotto i valori medi più elevati del livello normalizzato di calpestio, misurato secondo la norma UNI EN ISO 10052. La stessa tendenza era stata osservata anche per le misure eseguite con la norma UNI EN ISO 140-7.

Analogamente è stato fatto per la **grandezza statistica k, statistica di coerenza intralaboratorio** (i valori di k sono riportati in Tabella 317 ed i valori critici in Tabella 315).

Per tale grandezza si verificano 13 valori dispersi:

- lab.1 a 4000 Hz;
- lab. 2 a 80 e 3150 Hz;
- lab. 3 a 250, 800, 1600, 2000 e 3150 Hz;
- lab. 5 a 2000 Hz;
- lab. 9 a 630, 1600, 2500 Hz;
- lab. 11 a 63.

E si contano 10 valori anormali:

- lab 1 a 100 Hz;
- lab. 3 a 125, 160, 200, 316, 500, 630, 1000, 1250, 2500.

La verifica di coerenza intralaboratorio pone evidenti sospetti su un'anomalia del laboratorio 3. Ciò è confermato dal fatto che tale laboratorio non ha seguito correttamente le indicazioni della norma UNI EN ISO 10052 sul numero di posizioni della macchina da calpestio, utilizzando una sola posizione invece di 3.

Prima di decidere se scartare i risultati di tale laboratorio, è stato eseguito anche il test di Cochran, che evidenzia lo scarto tipo interno più elevato, cioè i laboratori che operano con peggiore ripetibilità interna.

I valori della **grandezza statistica di Cochran, C**, sono riportati in Tabella 319, ed i relativi valori critici in Tabella 318. Da tale analisi risulta che tutti i valori anormali e dispersi appartengono al laboratorio 3.

Inoltre, dalla seguente Figura 88 si vede come gli scarti tipo dei risultati di tale squadra, siano nettamente superiori a quelli degli altri partecipanti all'esperimento collaborativo.

Dopo quest'ulteriore conferma il laboratorio è stato eliminato ed è stata ripetuta l'analisi statistica sui risultati delle altre 10 squadre.

SCARTO TIPO INFRACELLA

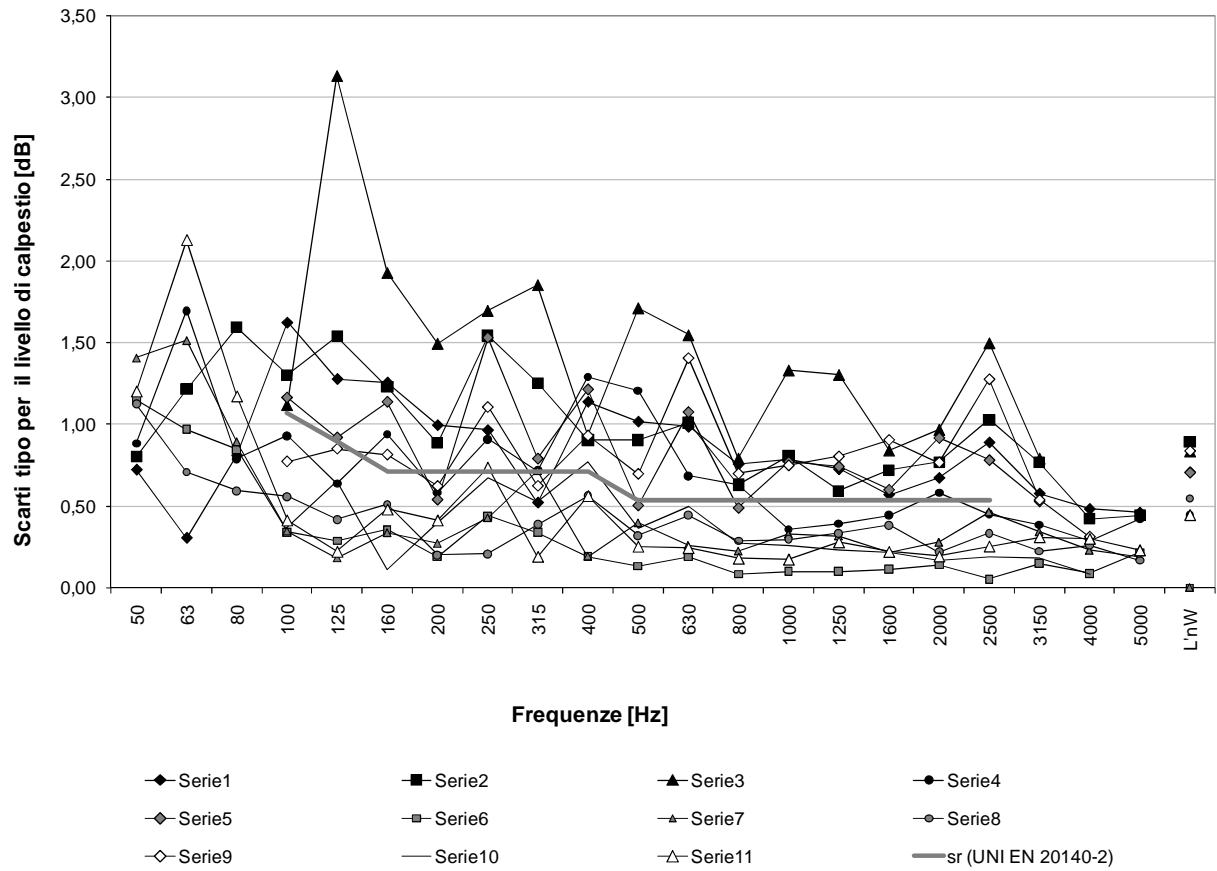


Figura 88– Valori dello scarto tipo infracella (valori corrispondenti al Modulo C). Si riporta, come riferimento, lo scarto tipo di ripetibilità indicato dalla norma UNI EN 20140-2 per le misure in laboratorio (linea grigia piena).

7.7.2 Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (dopo l'eliminazione del laboratorio 3)

Con l'eliminazione del laboratorio 3, i risultati del test grafico h risultano analoghi ai precedenti, effettuati su tutti i dati: i risultati ed i valori critici sono riportati in Appendice J.7, in Tabella 320, Tabella 321 e Figura 196.

I valori critici e i risultati del test k sono riportati in Tabella 320, Tabella 322 e Figura 197

Nel test k, aumenta leggermente il numero di valori dispersi (16 invece dei precedenti 13) ma diminuisce il numero dei valori anormali (8 invece di 10). Da notare però che ora i valori anormali sono distribuiti su quattro laboratori (mentre prima si verificavano tutti nel lab. 3): risultano due valori anormali per il lab.1, due per il lab .2, uno per il lab. 4 e tre per il lab.9.

Non è un caso che tali laboratori, coincidano (a meno del lab.5 che non ha dato valori anormali) con quelli che hanno variato le posizioni del generatore di calpestio tra le cinque ripetizioni della misura (vedere Tabella 285). Tale fatto comporta, una ripetibilità interna peggiore, migliorando, d'altra parte, la riproducibilità globale dell'esperimento.

Dal grafico della grandezza statistica k (Figura 197) si nota la presenza di due popolazioni distinte:

- i cinque laboratori che hanno variato le tre posizioni del generatore di calpestio nelle ripetizioni della misura (lab. 1, 2, 4, 5, 9);
- e i cinque che hanno mantenuto tali posizioni fisse (lab. 6, 7, 8, 10, 11).

Nel caso delle misure di calpestio in accordo con la norma UNI EN ISO 140-7, non si era presentata una così marcata differenza tra le squadre che avevano variato le posizioni del generatore di calpestio e le altre.

Viene quindi a mancare il presupposto di distribuzione unimodale che è alla base dei metodi descritti dalla norma UNI ISO 5725-2.

A rigore andrebbero quindi utilizzati differenti strumenti statistici. Tuttavia, in prima approssimazione e, in attesa di una successiva analisi più rigorosa dei dati, si continua l'elaborazione con tale metodo.

La nuova applicazione del test di Cochran, dà ora solo tre valori dispersi (due nel lab. 2 ed uno nel lab. 9) e nessun valore anormale.

Si procede quindi all'applicazione del test di Grubbs.

Verificando il valore maggiore e il valore minore delle medie di cella (per ciascun livello) risulta che a 250 Hz il valore minore delle medie di cella è un valore anormale. Dal Modulo B per la raccolta delle medie (Tabella 313), si vede che il valore inferiore a tale frequenza corrisponde al laboratorio 10

Dal test di Grubbs doppio risulta un valore anormale in corrispondenza dei due valori maggiori delle medie di cella a 5000 Hz. A tale frequenza le due medie più elevate corrispondono ai laboratori 6 e 11.

Sono stati osservati i singoli valori di tali celle (appendice J.7, pagg. 464, 465), confrontati con i singoli risultati degli altri laboratori alle stesse frequenze. Gli scostamenti rilevati non sembrano derivare da anomalie nell'applicazione del metodo di misura, né sono stati riscontrati altri fattori che possano aver influito sulle misure.

Quindi, è stato deciso di non attuare ulteriori eliminazioni e i valori delle tre celle anormali sono stati mantenuti.

7.7.3 Valori di precisione per le misure di calpestio (secondo la norma UNI EN ISO 10052)

In Figura 89 (e in Appendice J.8, in Tabella 328) sono riportati i valori degli scarti tipo di precisione.

In Figura 90 (e in

Tabella 329) si vedono i valori di ripetibilità e riproducibilità, alle varie frequenze e per l'indice unico di valutazione.

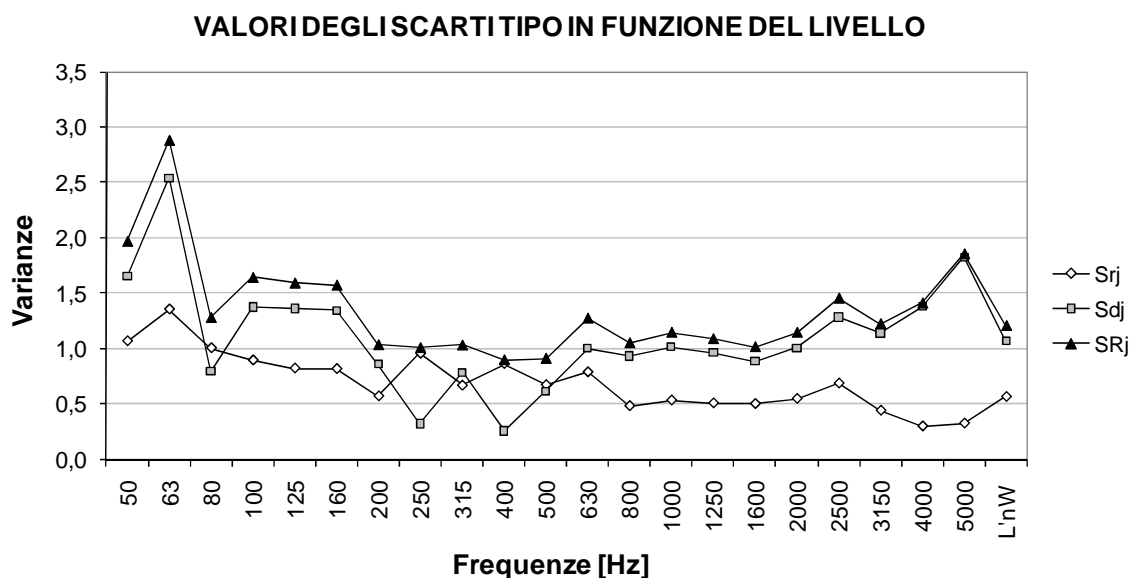


Figura 89– Valori degli scarti tipo di ripetibilità (s_r), interlaboratorio (s_L) e di riproducibilità (s_R), per il livello normalizzato di calpestio (norma UNI EN ISO 10052) (escludendo il lab. 3)

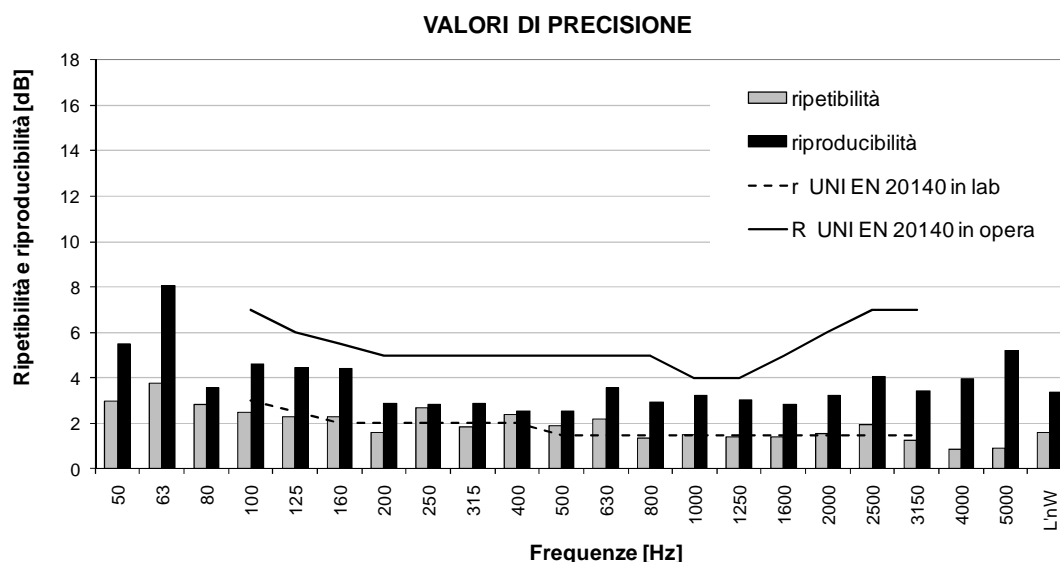


Figura 90– Risultati dei valori di precisione (ripetibilità e riproducibilità), per il livello normalizzato di calpestio (norma UNI EN ISO 10052) (escludendo il lab. 3)

In Figura 90 sono stati indicate per confronto, anche le curve dei valori di r e R , indicati dalla norma UNI EN 20140-2 per le misure di calpestio.

I valori di ripetibilità indicati dalla norma UNI EN 20140-2 sono relativi a misure in laboratorio, ed è quindi normale che, ad alcune frequenze, risultino minori rispetto ai valori di r trovati nel presente Test Interlaboratorio (per il livello di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 10052).

I valori di riproducibilità ottenuti risultano inferiori a quelli della norma UNI EN 20140-2, nell'intero intervallo da 100 a 3150 Hz.

7.7.4 Verifica dei valori di ripetibilità e riproducibilità per le misure di calpestio (secondo la norma UNI EN ISO 10052)

Analogamente a quanto fatto nel caso delle misure secondo la norma UNI EN ISO 140-7, sono stati verificati i valori di ripetibilità e riproducibilità rispetto ai dati di ingresso.

Per la verifica del valore di ripetibilità, sono stati eseguiti 2070 confronti tra i singoli valori del Modulo A; le differenze tra i dati hanno superato il valore di ripetibilità (al livello corrispondente) 124 volte, pari al 6%.

Risultato analogo a quello ottenuto nella verifica sui dati ottenuti con la norma UNI EN ISO 140-7 (era avvenuto il superamento dei valori di r nel 5,6% dei casi).

Per la verifica del valore di riproducibilità sono stati eseguiti 883 confronti tra i valori medi dei laboratori; il superamento del valore critico è avvenuto 45 volte, pari al 5,1% dei casi.

7.8 Confronto tra i risultati ottenuti, per il livello normalizzato di calpestio, con le due norme UNI EN ISO 140-7 e UNI EN ISO 10052

Nelle due seguenti figure sono stati confrontati tra loro i valori di ripetibilità e riproducibilità ottenuti per il livello di calpestio normalizzato, con le due norme utilizzate, la UNI EN ISO 140-7 e la UNI EN ISO 10052.

I valori di ripetibilità sono molto simili e alle basse frequenze i valori di r della norma di controllo risultano persino minori rispetto a quelli della norma di carattere tecnico-progettuale.

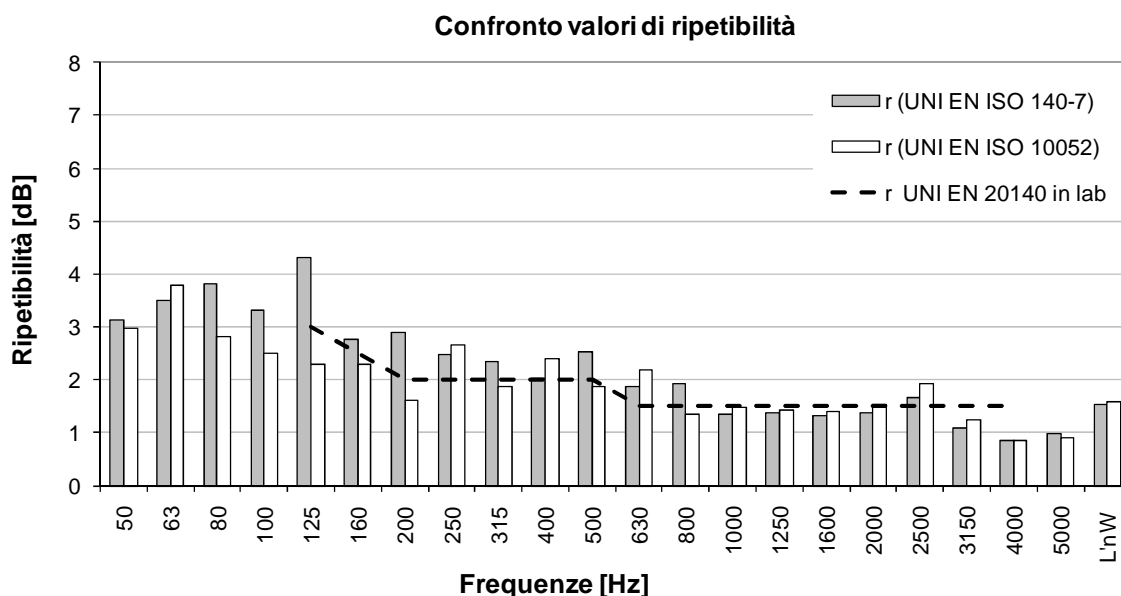


Figura 91 – Confronto tra i valori di ripetibilità ottenuti con il metodo tecnico-progettuale della norma UNI EN ISO 140-7 e il metodo di controllo della norma UNI EN ISO 10052

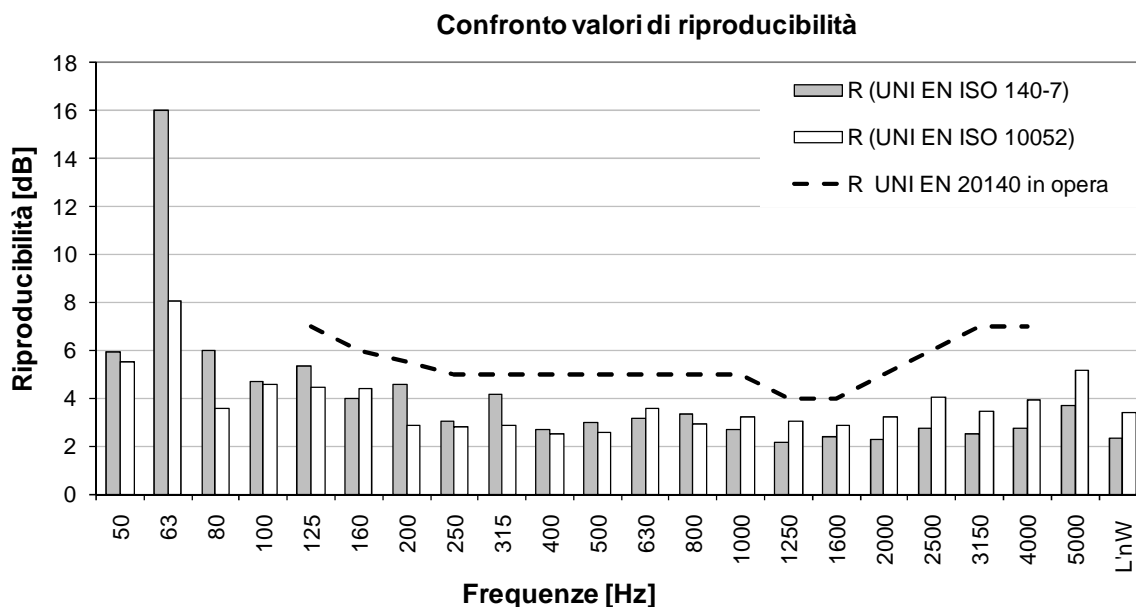


Figura 92– Confronto tra i valori di riproducibilità ottenuti con il metodo tecnico-progettuale della norma UNI EN ISO 140-7 e il metodo di controllo della norma UNI EN ISO 10052

Alle alte frequenze, a partire da 100 Hz e per l'indice unico, i valori di riproducibilità secondo al norma UNI EN ISO 10052, risultano leggermente più alti rispetto a quelli della UNI EN ISO 140-7, da 630 a 4000 Hz e per

l'indice unico. Invece a tutte le frequenze medio-basse (ad eccezione dei 160 Hz) la riproducibilità della norma di controllo risulta notevolmente inferiore a quella del metodo per punti fissi. In particolare non si verifica l'anomalo picco di R in corrispondenza dei 63 Hz.

Le differenze tra i valori di r e di R osservati per le due norme sono tabulati nella sottostante tabella. I valori in grigio sono quelli per cui la norma di controllo dà una precisione migliore rispetto alla UNI EN ISO 140-7.

Tabella 93 – Differenze tra i valori di precisione per il livello di calpestio normalizzato, secondo le due norme UNI EN ISO 140-7 e UNI EN ISO 10052.

	Frequenza [Hz]										
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
$r(10052) - r(140-7)$	-0,15	0,27	-1,01	-0,82	-2,01	-0,47	-1,29	0,20	-0,47	0,39	-0,66
$R(10052) - R(140-7)$	-0,43	-7,95	-2,41	-0,12	-0,87	0,40	-1,66	-0,22	-1,26	-0,19	-0,41

	Frequenza [Hz]										
	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
$r(10052) - r(140-7)$	0,33	-0,57	0,14	0,05	0,08	0,16	0,25	0,14	0,00	-0,07	0,05
$R(10052) - R(140-7)$	0,39	-0,41	0,53	0,87	0,45	0,96	1,31	0,94	1,19	1,49	1,04

P.R. Dunbavin, in alcuni articoli (23) (18) (24) aveva già sottolineato che il metodo con movimentazione manuale (nel suo caso movimentazione manuale del microfono, in accordo con le norme della serie UNI EN ISO 140) ha accuratezza migliore alle basse frequenze. L'autore giunge alle seguenti conclusioni:

“L'analisi svolta suggerisce che il metodo della movimentazione manuale del microfono (MMM), dia risultati più ripetibili (in ambienti di 30 m² o più grandi) rispetto agli altri metodi di misura. Particolarmente rilevante è il miglioramento dell'accuratezza e della ripetibilità di questo metodo alle basse frequenze, dove le variazioni modali producono ben documentate in accuratezze negli altri, più tradizionali, metodi di misura.”

Viste le differenze dei risultati in frequenza, riscontrate nelle misure in opera di calpestio, con i due metodi, sono stati messi a confronto gli andamenti delle medie generali ricavate dal Test Interlaboratorio del livello normalizzato di calpestio, utilizzando le due diverse norme (Figura 93).

Come è successo per le misure in opera, si riscontrano le stesse deviazioni dell'andamento del livello di calpestio al di sotto dei 125 Hz e sopra ai 4000 Hz. Dai risultati del Test interlaboratorio lo scostamento alle basse frequenze è più evidente dato che l'intervallo di misurazione è stato esteso fino ai 50 Hz.

Come nei casi in opera di misure di calpestio dall'alto al basso, il metodo di controllo, a bassa frequenza, fornisce livelli di calpestio più elevati rispetto alle misure per punti fissi; sempre in accordo con quanto avvenuto in opera, alle alte frequenze il segno dello scostamento si inverte.

Per rendere più evidente tale confronto si riporta un esempio di una misura eseguita in opera con gli stessi due metodi (Figura 94).

Non è stata trovata una spiegazione esauriente per tali scostamenti che necessitano quindi di ulteriori indagini .

Confronto tra le medie generali del Test Interlaboratorio per il livello di calpestio normalizzato, con i due metodi di misura utilizzati

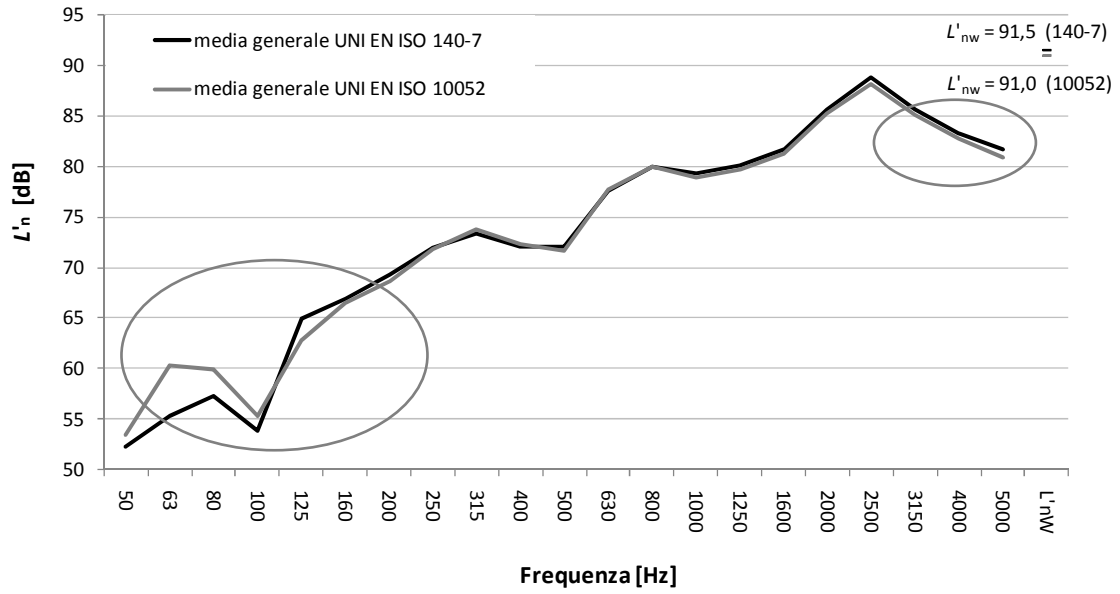


Figura 93 – Confronto tra gli andamenti delle medie generali del livello normalizzato di calpestio con le due norme.

Livello di calpestio normalizzato misurato in opera tra gli ambienti 3E and 2E

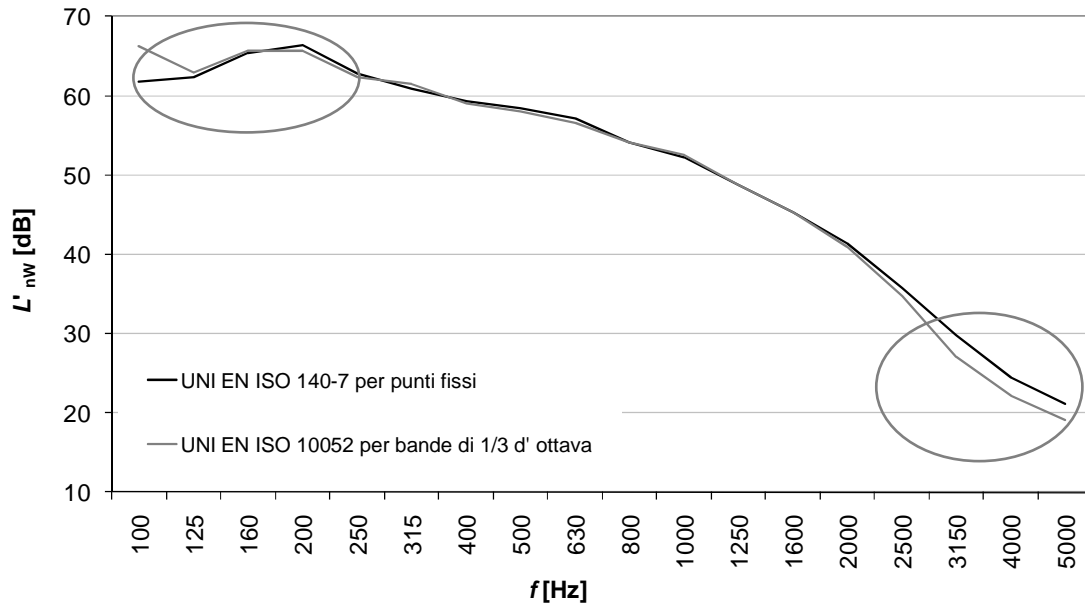


Figura 94 – Andamento del livello di calpestio normalizzato misurato in opera con i due metodi (UNI EN ISO 140-7 e UNI EN ISO 10052)

7.9 Misure di potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 140-4

Nel caso delle misure di potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 140-4, sono stati analizzati i risultati forniti da 10 laboratori (laboratorio ha perso i dati nel passaggio dallo strumento al pc).

In Figura 93 e Figura 94 sono riportati i risultati medi delle misure delle diverse squadre, rispettivamente in frequenza e come indice unico.

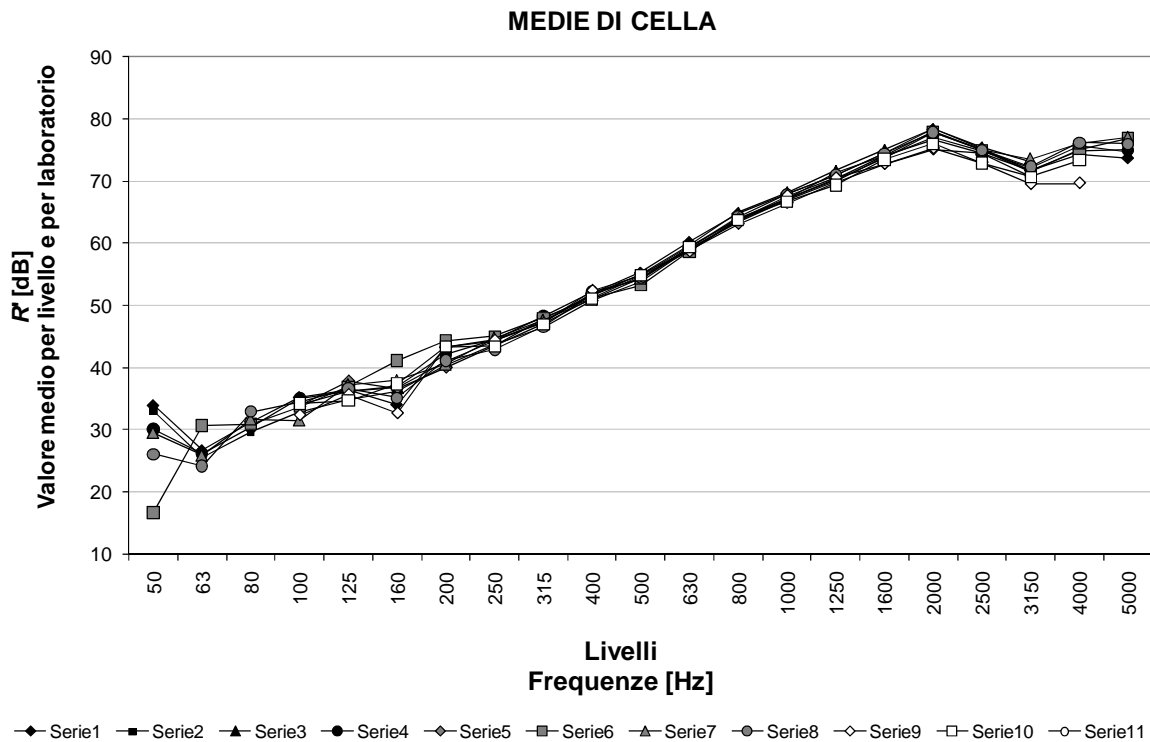


Figura 95 - Valori medi, in frequenza, del potere fonoisolante, misurato secondo la norma UNI EN ISO 140-4, rilevati dai diversi laboratori

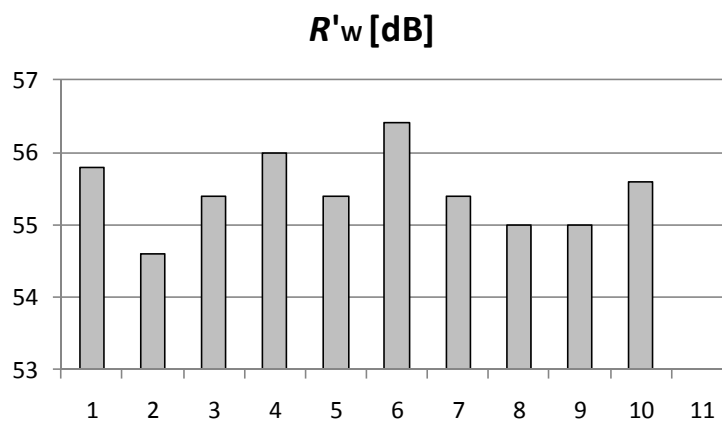


Figura 96 - Valori medi dell'indice del livello del potere fonoisolante rilevati, secondo la norma UNI EN ISO 140-4, dai diversi laboratori

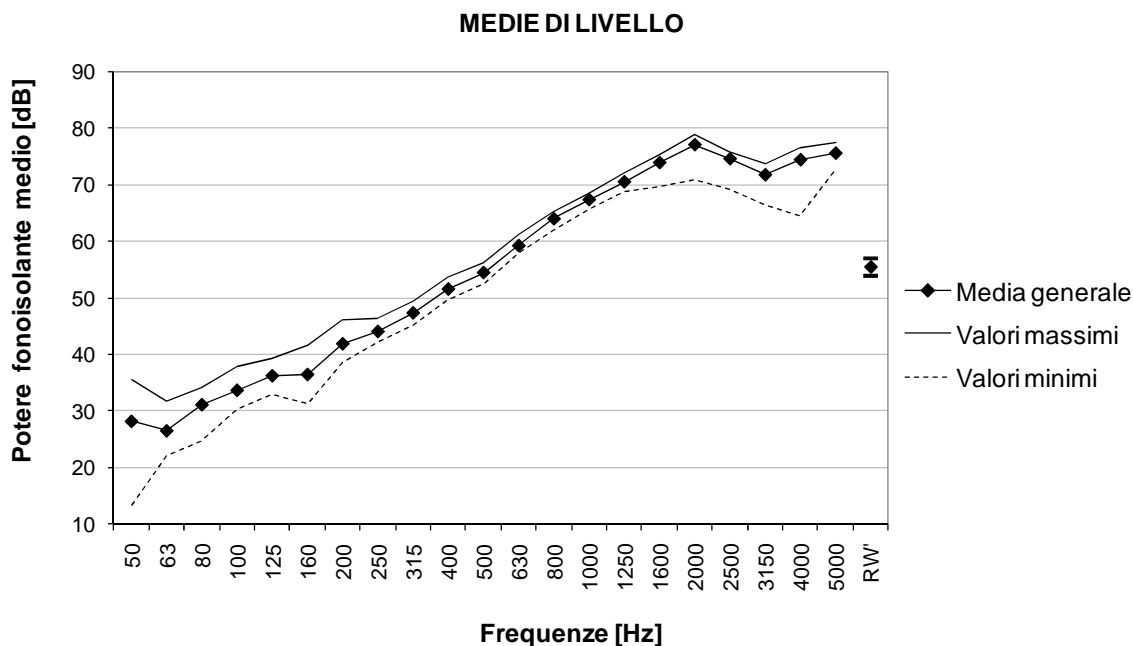


Figura 97 – Media generale del potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4), con indicazione dei livelli massimi e minimi registrati sulle singole ripetizioni eseguite dai 10 i laboratori presi in esame

I valori degli scostamenti in frequenza e sull'indice unico (tra media generale e singoli risultati di prova) si leggono in Figura 97 e nella seguente Tabella 94. Alle alte frequenze lo scostamento tra la media generale ed i singoli valori più bassi è notevole (soprattutto se confrontato con lo scostamento superiore).

Tabella 94 – Valori massimi, minimi e scostamenti massimi nei valori del potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4)

	Livello: f [Hz]										
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
max	35,4	31,8	34,0	37,9	39,2	41,7	46,2	46,3	49,5	53,7	56,3
min	13,5	22,0	24,8	30,3	32,9	31,2	38,5	42,1	45,2	49,8	52,6
diff	21,9	9,8	9,2	7,6	6,3	10,5	7,7	4,2	4,3	3,9	3,7

	Livello: f [Hz]										
	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'w [dB]
max	61,1	65,3	68,6	72,1	75,3	78,9	75,8	73,7	76,5	77,5	57,0
min	57,8	61,8	65,7	68,7	69,6	70,8	69,3	66,3	64,5	72,8	54,0
diff	3,3	3,5	2,9	3,4	5,7	8,1	6,5	7,4	12,0	4,7	3,0

7.9.1 Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (prima analisi su tutti i dati)

Verifica della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio

I valori critici per il test h sono riportati in Tabella 334 ed i valori del parametro h in Tabella 335; il relativo grafico è mostrato in Figura 202.

Dal test h di coerenza interlaboratorio, risultano otto valori dispersi:

- lab. 1 a 630 Hz;
- lab. 6 a 50, 160, 500 Hz;
- lab. 8 a 250 Hz;
- lab. 9 a 3150 Hz;
- lab. 10 a 2500 Hz.

E due valori anormali:

- lab.6 a 63 Hz;
- lab. 9 a 4000 Hz.

Dal grafico di h non risulta alcun andamento sospetto dei dati.

Verifica della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio

I valori critici per il Test k sono riportati in Tabella 334 ed i valori del parametro k in Tabella 336 e in Figura 203.

Da tale analisi risultano 11 valori dispersi:

- lab. 3 a 100, 125, 250 Hz;
- lab. 4 a 63, 200, 500, 5000 Hz;
- lab. 6 a 630 Hz;
- lab. 9 a 1000, 1250 e per l'indice unico di valutazione.

E 11 valori anormali:

- lab. 1 a 125 Hz;
- lab. 2 a 80 e 160 Hz;
- lab. 5 a 800 e 1000 Hz;
- lab. 9 a 200, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000.

Risultano numerosi valori anormali per il laboratorio 9.

Test di Cochran

I valori critici ed i risultati del test di Cochran sono riportati rispettivamente in Tabella 337 e Tabella 338.

I valori dispersi sono quattro (lab. 1 a 250 Hz, lab. 2 a 160 Hz, lab. 9 a 200 Hz, lab. 5 a 800 Hz).

Risultano 6 valori anormali di cui uno imputabile al laboratorio 2 (a 80 Hz) e gli altri cinque al laboratorio 9 (da 1600 a 4000 Hz).

Dal test della grandezza statistica k e dal test di Cochran è emerso che il laboratorio 9 ha operato con una ripetibilità peggiore rispetto agli altri. Le anomalie dei risultati di tale squadra risultano ancora più evidenti dalla seguente Figura 98, in cui sono riportati graficamente i valori dello scarto tipo infracella (corrispondenti al modulo C, di Tabella 333).

Per il laboratorio 9 non è stata riscontrata alcuna anomalia nel metodo di misurazione, tuttavia osservando attentamente i dati del laboratorio si nota che durante le cinque ripetizioni, il rumore di fondo è stato notevolmente variabile. Inoltre all'interno della stessa ripetizione, il rumore di fondo rilevato non sembra corrispondere a quello effettivamente presente durante la misura dei livelli in ricevente. Ciò ha portato ad una correzione inefficace del rumore di fondo e quindi alle evidenti anomalie riscontrate.

Non essendo possibile correggere i dati, è stata decisa l'eliminazione di tale laboratorio ed è stata ripetuta l'analisi statistica.

In Appendice J.9 (Figura 204, Figura 204, Figura 205, Figura 206) sono riportati i grafici dei singoli rilievi effettuati dal lab. 9 e le relative considerazioni.

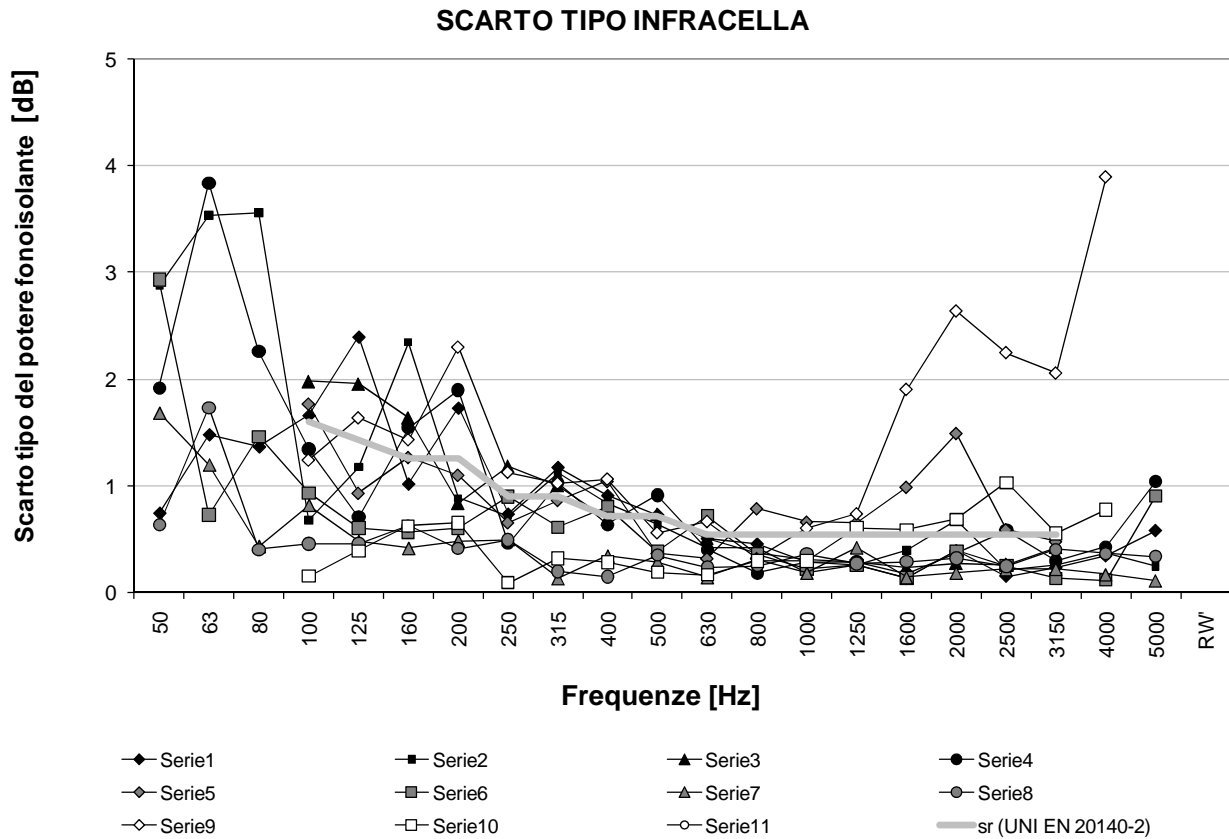


Figura 98 – Valori dello scarto tipo infracella (valori corrispondenti al Modulo C). Si riporta, come riferimento, lo scarto tipo di ripetibilità indicato dalla norma UNI EN 20140-2 per le misure in laboratorio (linea grigia piena).

7.9.2 Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (dopo l'eliminazione del laboratorio 9)

Dalla ripetizione del test h (di coerenza interlaboratorio) risultano ora 6 valori dispersi (uno per il lab.1, due al lab.5, due al lab.6 e uno al lab.7) e tre valori anormali (due al lab.6 e uno al lab.10).

I valori critici ed i risultati del test h, espressi sia come tabella che come grafico, sono riportati in Tabella 339, Tabella 340 e Figura 207.

In Tabella 341 e Figura 208, si vedono i risultati del test k (di coerenza intralaboratorio): risultano 12 valori dispersi e 10 valori anormali. I valori anormali si verificano nei seguenti casi:

- lab.1 a 125 Hz;
- lab. 2 a 80 e 160 Hz;
- lab. 4 a 200 Hz;
- lab. 5 a 800, 1000, 1600, 2000 Hz;
- lab 10 a 2500 e 4000 Hz.

Da questa seconda applicazione del test k, risultano "sospetti" in particolare i laboratori 5 e 10.

In Tabella 342 e Tabella 343, si leggono i valori critici ed i risultati del Test di Cochran (prova della variabilità intralaboratorio); risultano i seguenti valori anormali:

lab. 2 a 80 Hz;

lab. 1 a 125 Hz;

lab. 5 a 1000, 1600 e 2000 Hz;

lab. 10 a 2500 e 4000 Hz.

In appendice J.10 sono stati confrontati tra loro i grafici dei risultati delle cinque ripetizioni di potere fonoisolante per i diversi laboratori per cercare di trovare una spiegazione ai valori anormali riscontrati.

Una scarsa precisione alle basse frequenze (come avviene per i lab. 1, 2 e 4) è accettabile, dato che per l'estensione del campo di frequenza non sono state impiegate le raccomandazioni riportate nell'appendice D della norma UNI EN ISO 140-4 (aumento delle distanze minime di misurazione e del numero di rilievi). Quindi non sono state fatte ulteriori indagini sulle cause dei valori anormali.

Alle alte frequenze ci si aspetta invece che i laboratori abbiano una buona ripetibilità e riproducibilità.

Di conseguenza sono state analizzate in dettaglio le misure dei laboratori 5 e 10, che presentano dei valori anormali sia nel test h (che indica un'elevata variabilità tra i risultati di un laboratorio, rispetto agli altri), che nei test della statistica k e di Cochran (che indicano un elevato scarto tipo infracella).

Il laboratorio 5 ha eseguito le misure dei livelli in ricevente e trasmittente in parallelo, con due diversi fonometri. Dal grafico dei livelli L1 per le cinque ripetizioni si nota che i livelli della sorgente variano notevolmente tra le diverse ripetizioni (Figura 212). L'operatore è stato interpellato a riguardo ed ha affermato che il livello è stato variato di proposito, tra una ripetizione e l'altra, per indagare la possibile influenza del livello in trasmittente sul risultato della misura. All'interno della stessa ripetizione il livello è stato mantenuto costante. Spiegato il motivo delle variazioni dei livelli L1, non c'è alcuna evidenza di anomalie che possano aver influito sulla misura. Il rumore di fondo, non sembra aver condizionato le misure (la differenza L2-B2 risulta sempre maggiore di 10 dB o comunque molto prossima a tale valore).

Nel caso del laboratorio 10, il rumore di fondo risulta di nuovo molto variabile, anche se la sua influenza nelle misure sembra meno evidente che nel caso del laboratorio 9 (Figura 213, Figura 214).

Guardando ancora la precedente Figura 98 si vede che gli scarti tipo dei laboratori 5 e 10, hanno uno scostamento non eccessivo dagli altri. Quindi, nonostante le variazioni riscontrate alle alte frequenze, si è deciso di mantenere i risultati di questi due laboratori.

Senza effettuare ulteriori esclusioni, è stato applicato il test di Grubbs, sia singolo che doppio, alle medie di cella. Ne risultano un valore disperso per la minore delle medie di cella a 2500 Hz, corrispondente al laboratorio 10.

7.9.3 Valori di precisione il potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4)

Nella seguente figura e in Tabella 347 si riportano i valori di precisione espressi come scarti tipo per le misure di potere fonoisolante eseguite secondo la norma UNIEN ISO 140-4.

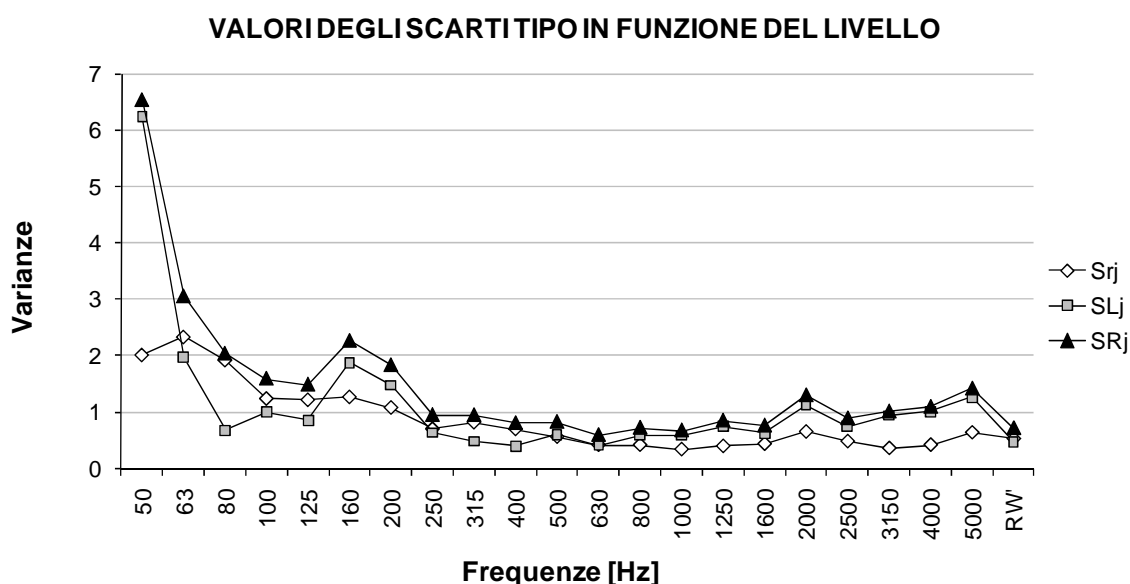


Figura 99 – Valori degli scarti tipo di ripetibilità (s_r), interlaboratorio (s_l) e di riproducibilità (s_R), per il potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (con eliminazione del lab. 9)

Utilizzando le norme della serie UNI EN ISO 140, per il potere fonoisolante si trova, analogamente a quanto visto per il calpestio, un picco di riproducibilità a bassa frequenza; in questo caso il picco si verifica a 50 Hz, invece che a 63 Hz.

I valori di ripetibilità risultano migliori rispetto al caso del calpestio (valutato secondo la UNI EN ISO 140-7), in quanto risultano inferiori ai valori di riferimento dati dalla norma UNI EN 20140 per le misure in laboratorio. Si ha un solo superamento dei valori di riferimento di ripetibilità, alla frequenza di 2000 Hz.

Anche i valori di riproducibilità stanno al di sotto dei valori di riferimento (per le misure in opera), in quasi tutto l'intervallo di frequenza, con due soli superamenti a 160 e 2000 Hz.

Da notare che, se fossero stati eliminati i laboratori 5 e 10, i superamenti a 2000 Hz non sarebbero stati presenti.

Come già detto per le misure di calpestio eseguite per punti fissi, il picco di riproducibilità alle basse frequenze viene imputato alla non diffusività del campo sonoro e alla probabile presenza di onde stazionarie.

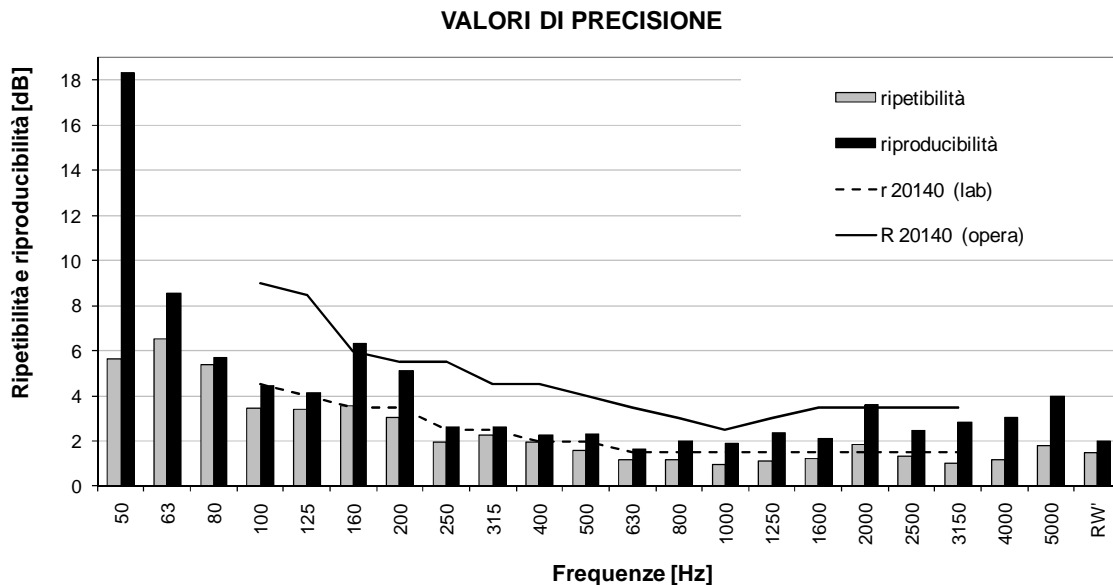


Figura 100 – Risultati dei valori di precisione (ripetibilità e riproducibilità), per il potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (con eliminazione del lab. 9)

7.9.4 Verifica dei valori di ripetibilità e riproducibilità per le misure di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4)

Sono stati verificati i valori di ripetibilità e riproducibilità rispetto ai dati di ingresso.

Per la verifica del valore di ripetibilità, sono stati eseguiti 1840 confronti tra i singoli valori del Modulo A; le differenze tra i dati hanno superato il valore di ripetibilità (al livello corrispondente) 119 volte, pari al 6,5%. La percentuale risulta di un punto e mezzo percentuali superiore al valore del 5%, indicato nella definizione del valore di ripetibilità (nel caso fossero stati eliminati i lab. 5 e 10, la percentuale di superamenti si sarebbe abbassata solo al 6,2%).

Per la verifica del valore di riproducibilità sono stati eseguiti 690 confronti tra i valori medi dei laboratori; il superamento del valore critico è avvenuto sole 22 volte, pari al 3,2% dei casi (con l'eliminazione dei due laboratori sospetti, la percentuale sarebbe stata del 2,1%).

7.10 Misure di potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 10052

Nella seguente Figura 101 sono riportati i risultati medi, in frequenza, delle cinque ripetizioni del potere fonoisolante, misurato secondo la norma UNI EN ISO 10052, effettuate dagli 11 laboratori partecipanti al Test Interlaboratorio. I risultati medi, espressi come indice unico di valutazione sono illustrati in Figura 102.

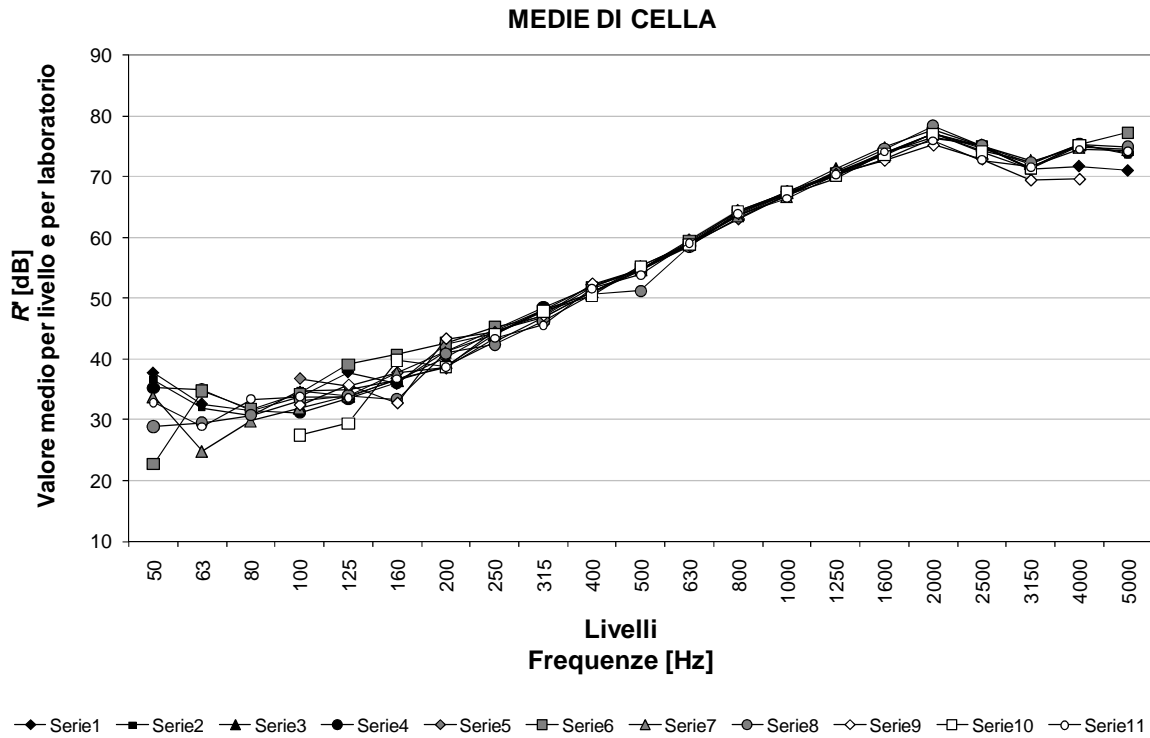


Figura 101 - Valori medi, in frequenza, del potere fonoisolante, misurato secondo la norma UNI EN ISO 10052, rilevati dai diversi laboratori

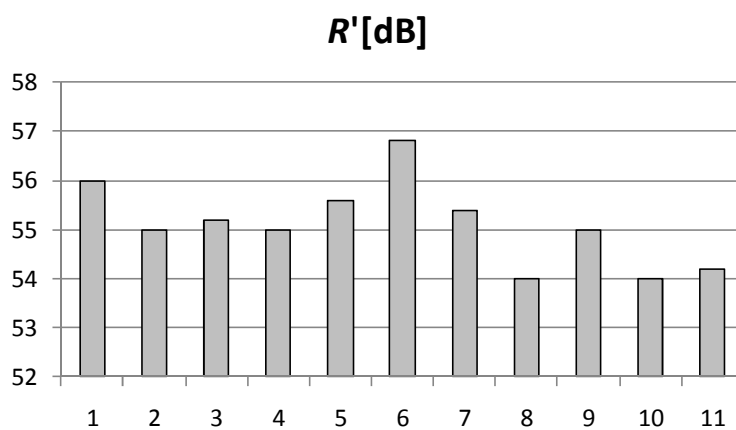


Figura 102- Valori medi dell'indice del livello del potere fonoisolante rilevati, secondo la norma UNI EN ISO 10052, dai diversi laboratori

In Figura 103 e in Tabella 95 si vede la dispersione dei singoli risultati dei vari laboratori dalla media generale.

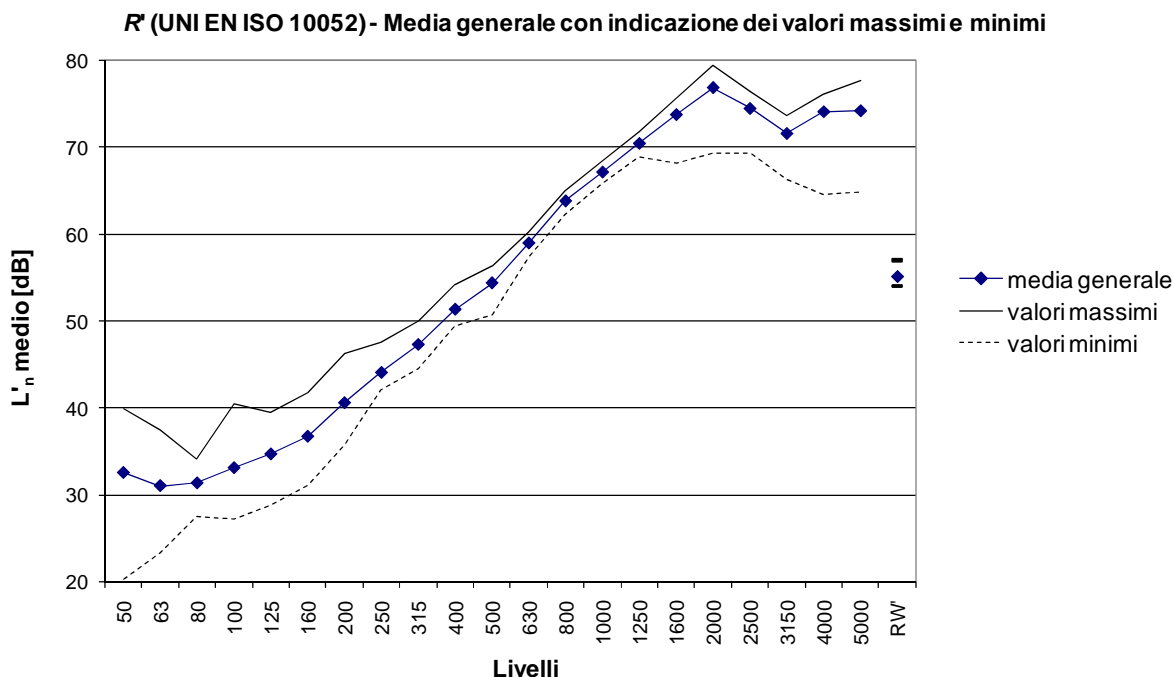


Figura 103– Media generale del potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052), con indicazione dei livelli massimi e minimi registrati sulle singole ripetizioni eseguite dai 10 i laboratori presi in esame

Tabella 95 – Valori massimi, minimi e scostamenti massimi nei valori del potere fonoisolante (secondo la UNI EN ISO 10052)

	Livello: f [Hz]										
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
max	39,9	37,4	34,2	40,4	39,5	41,9	46,2	47,6	50,0	54,2	56,4
min	20,4	23,3	27,6	27,2	28,8	31,2	35,8	42,1	44,6	49,5	50,8
diff	19,5	14,1	6,6	13,2	10,7	10,7	10,4	5,5	5,4	4,7	5,6

	Livello: f [Hz]										L' _{nw} [dB]
	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
max	60,2	65,0	68,4	71,7	75,7	79,4	76,4	73,6	76,1	77,7	57,0
min	57,4	62,2	65,9	68,9	68,2	69,3	69,3	66,3	64,5	64,8	54,0
diff	2,8	2,8	2,5	2,8	7,5	10,1	7,1	7,3	11,6	12,9	3,0

7.10.1 Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (prima analisi su tutti i dati)

Verifica della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio

I valori critici per il test h sono riportati in Tabella 353 ed i valori del parametro h in Tabella 354; il relativo grafico è mostrato in Figura 215.

Dal test h di coerenza interlaboratorio, risultano ben 14 valori dispersi e quattro valori anormali. Questi ultimi si verificano nei seguenti casi:

- lab.10 a 100 Hz;
- lab.8 a 500 Hz;
- lab.9 a 3150 e 4000 Hz.

Dal grafico di h non risulta alcun andamento sospetto dei dati.

Verifica della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio

I valori critici per il Test k sono riportati in Tabella 353 ed i valori del parametro k in Tabella 355 e in Figura 216.

Risultano numerosi valori dispersi e anormali, rispettivamente 12 e 16.

I valori anormali sono i seguenti:

- lab. 1 a 1600, 2000 e 4000 Hz;
- lab.3 a 125 e 250 Hz;
- lab. 5 a 100 e 160 Hz;
- lab. 7 a 500, 630, 800 e 1250 Hz;
- lab. 9 a 2500, 3150 e 4000 Hz e per l'indice unico di valutazione;
- lab. 11 a 5000 Hz.

Test di Cochran

I valori critici ed i risultati del test di Cochran sono riportati rispettivamente in Tabella 356 e Tabella 357.

I valori dispersi sono quattro (lab. 3 a 250 Hz, lab. 5 a 100 e 160 Hz, lab. 9 per l'indice unico di valutazione).

Risultano ben 11 valori anormali:

- lab. 3 a 125 Hz;
- lab. 7 a 500, 630, 800, 1250 Hz;
- lab. 1 a 1600 e 2000 Hz;
- lab. 9 a 2500, 3150, 4000 Hz e per l'indice unico di valutazione.

Da un'accurata analisi dei dati di questi laboratori è emerso che per il laboratorio 1 vi è un'evidente anomalia nel livello L2 della prima ripetizione, alle alte frequenze (vedi Figura 217). Dato che tale laboratorio aveva acquisito anche tutti gli andamenti temporali delle misure effettuate, sono stati analizzati quelli relativi al livello sospetto. Gli andamenti temporali di tale misura, espressi come livello equivalente progressivo, sono rappresentati in Figura 218, per le frequenze medio-alte. Al di sotto dei 1250 Hz in livello è costante per tutta la durata della rilevazione; al di sopra di tale frequenza si vede un brusco innalzamento del livello nell'ultimo secondo di misura. È stato quindi tagliata l'ultima frazione della misura nelle frequenze disturbate. Le correzioni del livello L2 e del potere fonoisolante sono riportate in Tabella 358.

Dopo tale operazione le curve di L2 e di R' delle cinque ripetizioni del laboratorio 1, coincidono quasi perfettamente (vedi Figura 219).

Prima di analizzare gli altri laboratori che hanno dato valori anormali, è stata ripetuta l'analisi statistica, utilizzando i dati corretti del lab.1, per vedere se tale modifica facesse emergere dei diversi valori anormali.

7.10.2 Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (dopo la correzione dei dati del lab.1)

Rispetto al caso precedente, non è variato il numero dei laboratori, visto che i dati della prima squadra sono stati solo corretti e non eliminati, quindi i valori critici per i test statistici rimangono gli stessi.

Verifica della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio

I nuovi valori del parametro h sono riportati in Tabella 359 e il relativo grafico in Figura 220.

Risultano ora 15 valori dispersi, uno in più di prima, e quattro valori anormali, gli stessi già rilevati.

Verifica della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio

I valori del parametro k sono in Tabella 360 e in Figura 221.

I valori dispersi sono 10 e anormali 15; questi ultimi sono:

- Lab. 3 a 125 e 250 Hz
- lab. 5 a 100 e 160 Hz;
- lab. 5 a 100 e 160 Hz;
- lab. 7 a 500, 630, 800 e 1250 Hz;
- lab. 9 a 1600, 2000, 2500, 3150 e 4000 Hz e per l'indice unico di valutazione;
- lab. 11 a 5000 Hz.

I valori anormali di k sono gli stessi del caso precedente, fa eccezione il laboratorio 9, a cui ora si verificano due nuovi superamenti, a 1600 e 2000 Hz (frequenze a cui prima si verificavano i valori anormali del lab.1).

Test di Cochran

I risultati del test di Cochran sono riportati in Tabella 361.

I valori dispersi ed i valori anormali sono gli stessi visti prima, solo che ora, i valori che nel caso precedente erano anormali per il laboratorio 1, ora lo diventano per il laboratorio 9.

Si riassumono nuovamente i valori anormali:

- lab. 3 a 125 Hz;
- lab. 7 a 500, 630, 800, 1250 Hz;
- lab. 9 a 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 Hz e per l'indice unico di valutazione;
- lab. 11 a 5000 Hz.

Risultano quindi particolarmente "sospetti" i risultati dei laboratori 7 e 9.

Nel caso del laboratorio 9, si riscontrano gli stessi problemi di rumore di fondo variabile, già riscontrati nel caso del potere fonoisolante misurato secondo la norma UNI EN ISO 140-4. Le curve dei livelli in trasmittente ($L1$), di quelli in ricevente ($L2$), del rumore di fondo ($B2$) e del potere fonoisolante (R'), sono mostrate in Figura 222. Da Figura 223 si vede come, tra nelle ripetizioni della misura, non vi sia corrispondenza tra i valori più elevati di $L2$ e quelli più elevati di rumore di fondo.

Come si vede dalla seguente Figura 104, gli scarti tipo del laboratorio 9, alle alte frequenze risultano notevolmente al di sopra di quelli delle altre squadre.

Si è decisa quindi l'eliminazione di tale laboratorio.

Nel caso del laboratorio 7, le curve delle misure intermedie e del potere fonoisolante, per le diverse ripetizioni, sono riportate in Figura 224. Si può notare una variazione non trascurabile del livello della sorgente: il livello in trasmittente, nella quarta serie, risulta più alto degli altri, e nel corrispondente livello

in ricevente non si nota un analogo andamento. Le curve di L2 delle cinque serie risultano tutte leggermente traslate tra loro. Il rumore di fondo non è risultato influente sulle misure, essendo, specialmente alle alte frequenze, dove è più evidente la traslazione delle curve, notevolmente più basso rispetto ai livelli L2.

L'operatore di tale squadra, interrogato su tale andamento dei dati, ha affermato di non aver variato volontariamente il livello della sorgente.

Visti i numerosi valori statici anormali riscontrati e dato che vi è il dubbio che il livello in ambiente trasmittente non sia rimasto costante, si è decisa l'eliminazione anche di questo laboratorio.

Questa decisione è supportata anche dall'andamento degli scarti tipo infracella alle alte frequenze

Nel caso del laboratorio 11, dal test k e di Cochran risulta un solo valore anormale a 5000 Hz e dal sottostante grafico si vede come il corrispondente scarto tipo sia decisamente rilevante. Si è quindi ricercata la causa di tale scostamento.

In Figura 225 sono confrontati tra loro gli andamenti dei livelli rilevati e del potere fonoisolante, delle cinque ripetizioni del laboratorio 11. In Figura 226 sono riportate le curve di L2 e del rumore di fondo per ciascuna ripetizione. Si nota che nel caso della prima serie di misure, vi è un'anomalia nel livello di fondo rilevato (che ad alcune delle alte frequenze risulta persino maggiore rispetto al livello L2).

Non essendo possibile una correzione dei dati, dato l'elevato scarto tipo derivante, si è decisa l'eliminazione dei valori della prima ripetizione del potere fonoisolante a 4000 e 5000 Hz. La scelta di eliminare questi due dati è stata fatta considerando anche il fatto che tali frequenze non contribuiscono alla determinazione dell'indice unico di valutazione.

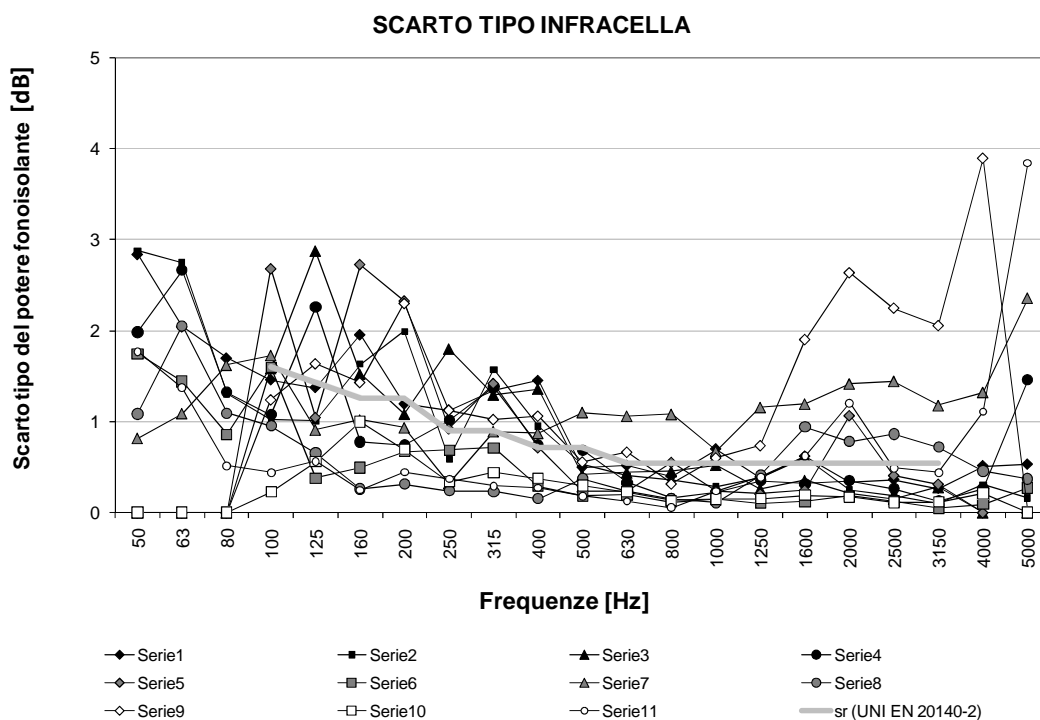


Figura 104 – Valori dello scarto tipo infracella (valori corrispondenti al Modulo C, dopo la correzione dei valori del lab.1). Si riporta, come riferimento, lo scarto tipo di ripetibilità indicato dalla norma UNI EN 20140-2 per le misure in laboratorio (linea grigia piena).

Nel caso dei valori anormali del laboratorio 3, negli andamenti dei livelli non è stata riscontrata alcuna anomalia evidente. Inoltre i valori sospetti si verificano a frequenze abbastanza basse e danno luogo a scarti tipo che, seppure elevati, risultano confrontabili con quelli degli altri laboratori. Nonostante per gli altri

parametri tale laboratorio abbia utilizzato i metodi di misura in modo non conforme, nel caso della determinazione del potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 10052, non è stata riscontrata alcuna inosservanza delle prescrizioni. I risultati del laboratorio 3 sono quindi stati mantenuti senza modifiche.

7.10.3 Test statistici per verificare la coerenza dei dati ed individuare valori anormali (dopo la correzione dei dati del lab.1 e l'eliminazione dei lab.7 e 9)

In questa ulteriore ripetizione dei test statistici, cambia il numero dei laboratori: le squadre sono ora due in meno e sono anche state eliminate due celle del lab. 11. Quindi sono stati ricalcolati anche i valori critici dei vari test (si veda Tabella 362 per i test h e k e Tabella 365 per il test di Cochran).

Verifica della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio

I valori del parametro h sono riportati in Tabella 363 e in Figura 227.

Diminuiscono leggermente i valori dispersi, 9, e rimangono ancora quattro i valori anormali:

- lab.10 a 100 Hz (come prima);
- lab.8 a 500 Hz(come prima);
- lab.11 a 2500 Hz;
- lab.1 a 4000 Hz.

Verifica della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio

I valori del parametro k sono riportati in Tabella 364 Tabella 336 e in Figura 228.

Risultano i valori dispersi e anormali, sono ancora numerosi, rispettivamente 9 e 14.

In questo caso però non vi sono dei particolari laboratori che presentano un maggior numero di valori anormali, ma questi sono distribuiti su 6 dei 9 laboratori.

I valori anormali sono i seguenti:

- lab. 1 a 400 e 1000 Hz;
- lab.3 a 125 e 250 Hz e per l'indice unico di valutazione;
- lab. 4 a 5000 Hz;
- lab. 5 a 100, 160, 200 e 800 Hz;
- lab. 8 a 1600, 2500, 3150 Hz;
- lab. 11 a 2000 Hz.

Hanno invece valori particolarmente bassi del parametro k , indice di una miglior ripetibilità, i laboratori 6 e 10. Nel caso del laboratorio 10, va però osservato che non sono stati variati i tempi di riverberazione nelle cinque ripetizioni.

Test di Cochran

I risultati del test di Cochran sono riportati in Tabella 366.

I valori dispersi sono sei e risultano ben 6 valori anormali:

- lab. 3 a 125 e 250 Hz;
- lab. 1 a 1000 Hz;
- lab. 8 a 2500 e 3150 Hz;
- lab. 4 a 5000.

Nonostante siano emersi ancora numerosi valori anormali, non si procede ad alcuna eliminazione, sia perché un utilizzo reiterato dei test k e di Cochran porterebbero ad eccessive eliminazioni, sia perché non sono state riscontrate anomalie evidenti nei restanti dati.

Test di Grubbs

È stato applicato il Test di Grubbs, singolo per il valore maggiore ed il valore minore delle medie di cella; per il valore minore si verificano 2 valori anormali (lab. 8 a 500 Hz e lab. 1 a 4000 Hz) e 1 valore disperso (lab. 10 a 2500 Hz).

Va ricordato che se non si eliminano i valori responsabili del superamento del test singolo, non va eseguito il test doppio per lo stesso livello.

Considerando il test doppio, solo per i livelli che non hanno dato luogo a superamenti, risulta solo un valore disperso a 2500 Hz.

In Figura 229 e Figura 230 sono analizzate le medie di cella ed i singoli valori corrispondenti ai livelli ed ai laboratori che hanno dato valori sospetti nel test di Grubbs. Per il laboratorio 8 il valore medio e le singole rilevazioni sono evidentemente più basse rispetto ai valori delle altre squadre; tuttavia non sono state riscontrate difformità dal metodo di prova per tale laboratorio, quindi non si è proceduto ad ulteriori eliminazioni.

Per le frequenze dei 2500 e 4000 Hz, le differenze tra i valori medi, pur dando luogo a dei valori sospetti, sono minime. Anche in questo caso, pertanto, non sono stati presi provvedimenti.

7.10.4 Valori di precisione il potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052)

Nelle due seguenti figure e, in appendice, in Tabella 370 e Tabella 371, sono riportati i valori di precisione del potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052.

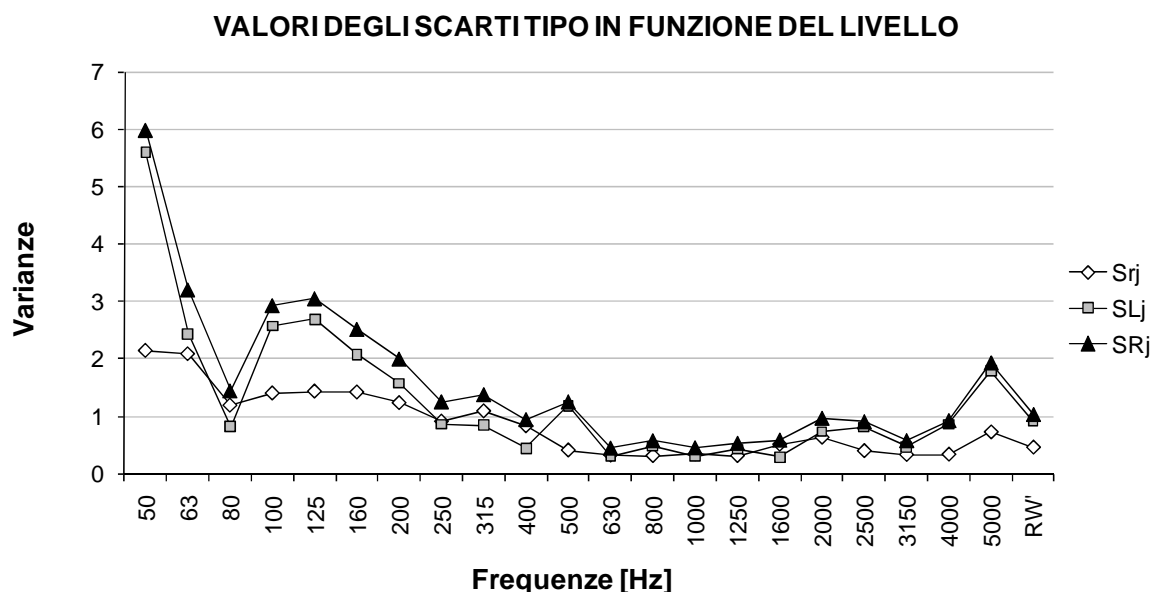


Figura 105 – Valori degli scarti tipo di ripetibilità (s_r), interlaboratorio (s_L) e di riproducibilità (s_R), per il potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052) (con correzione dei dati del lab.1, eliminazione del lab. 9 e 7 e di due dati del lab.11)

I valori di ripetibilità sono confrontabili, e a certe frequenze anche più bassi, rispetto ai valori di riferimento forniti dalla norma UNI EN ISO 20140 (i cui valori di r sono riferiti però a misure di laboratorio). Anche i valori di riproducibilità sono quasi sempre inferiori ai valori dati dalla UNI EN ISO 20140 (per misure in opera).

A differenza di quanto è avvenuto per il calpestio, nel caso della misura di potere fonoisolante il metodo di controllo restituisce valori di ripetibilità elevati alle basse frequenze, con un picco a 50 Hz analogo a quello che si trova per le misure con la norma UNI EN ISO 140-4.

VALORI DI PRECISIONE

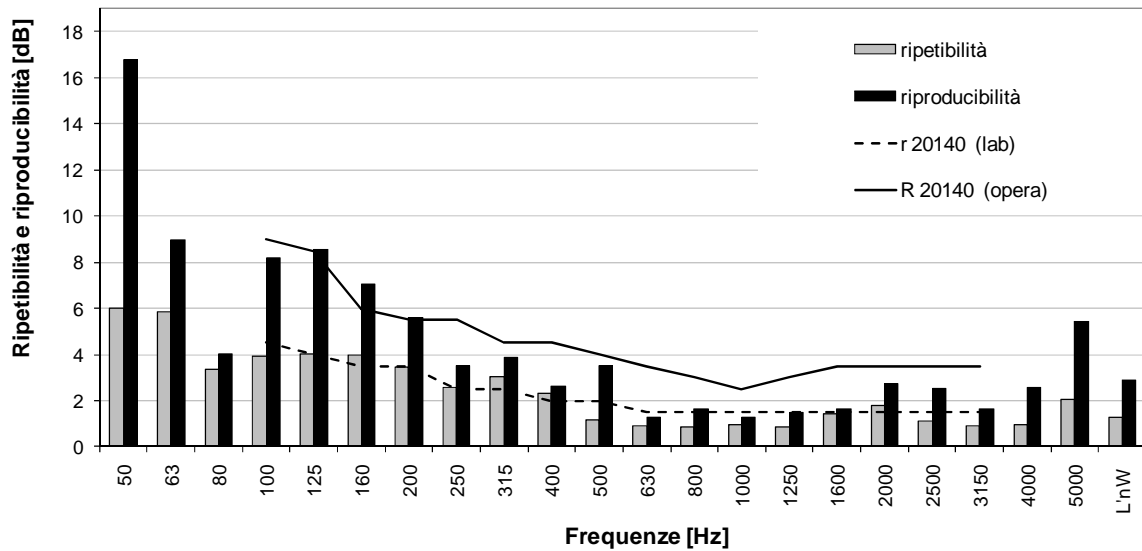


Figura 106– Risultati dei valori di precisione (ripetibilità e riproducibilità), per il potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052) (con correzione dei dati del lab.1, eliminazione del lab. 9 e 7 e di due dati del lab.11)

7.10.5 Verifica dei valori di ripetibilità e riproducibilità per le misure di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052)

Sono stati verificati i valori di ripetibilità e riproducibilità rispetto ai dati di ingresso.

Per la verifica del valore di ripetibilità, sono stati eseguiti 1820 confronti tra i singoli valori del Modulo A; le differenze tra i dati hanno superato il valore di ripetibilità (al livello corrispondente) 122 volte, pari al 6,7%. La percentuale risulta leggermente superiore al valore del 5%, indicato nella definizione del valore di ripetibilità.

Per la verifica del valore di riproducibilità sono stati eseguiti 679 confronti tra i valori medi dei laboratori; il superamento del valore critico è avvenuto sole 29 volte, pari al 4,3% dei casi.

7.11 Confronto tra i risultati ottenuti, per il potere fonoisolante, con le due norme UNI EN ISO 140-4 e UNI EN ISO 10052

Nelle due seguenti figure sono stati confrontati tra loro i valori di ripetibilità e riproducibilità ottenuti per il potere fonoisolante, con le due norme utilizzate, la UNI EN ISO 140-4 e la UNI EN ISO 10052.

I valori di r sono molto simili in tutto l'intervallo di frequenze; tra 100 e 400 Hz i valori di ripetibilità della norma di controllo risultano leggermente più alti di quelli del metodo tecnico-progettuale.

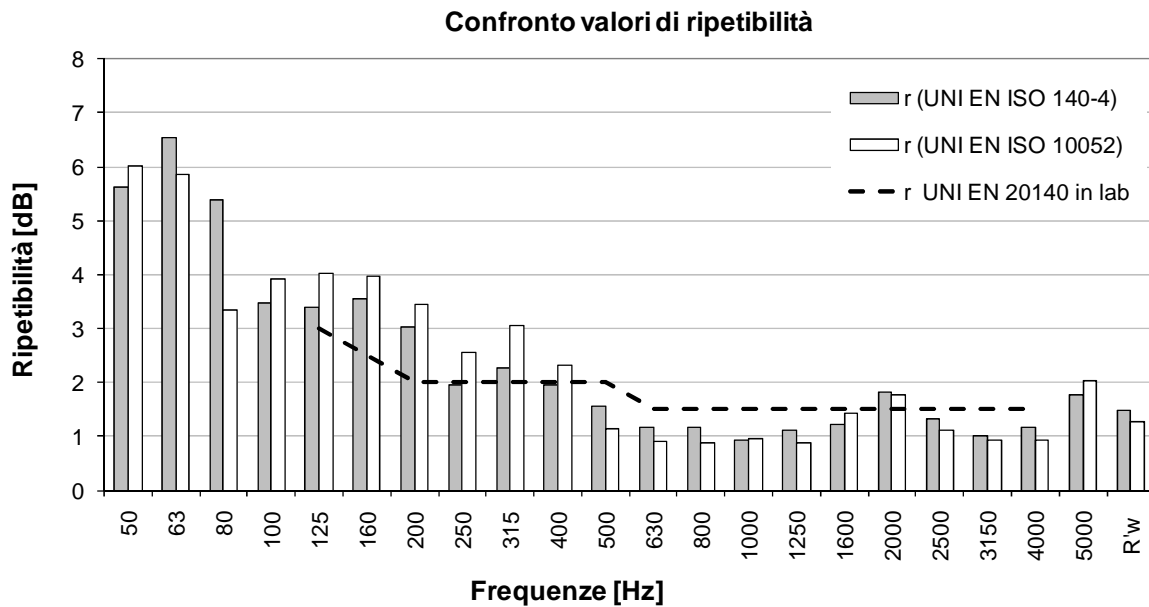


Figura 107 – Confronto tra i valori di ripetibilità ottenuti con il metodo tecnico-progettuale della norma UNI EN ISO 140-4 e il metodo di controllo della norma UNI EN ISO 10052

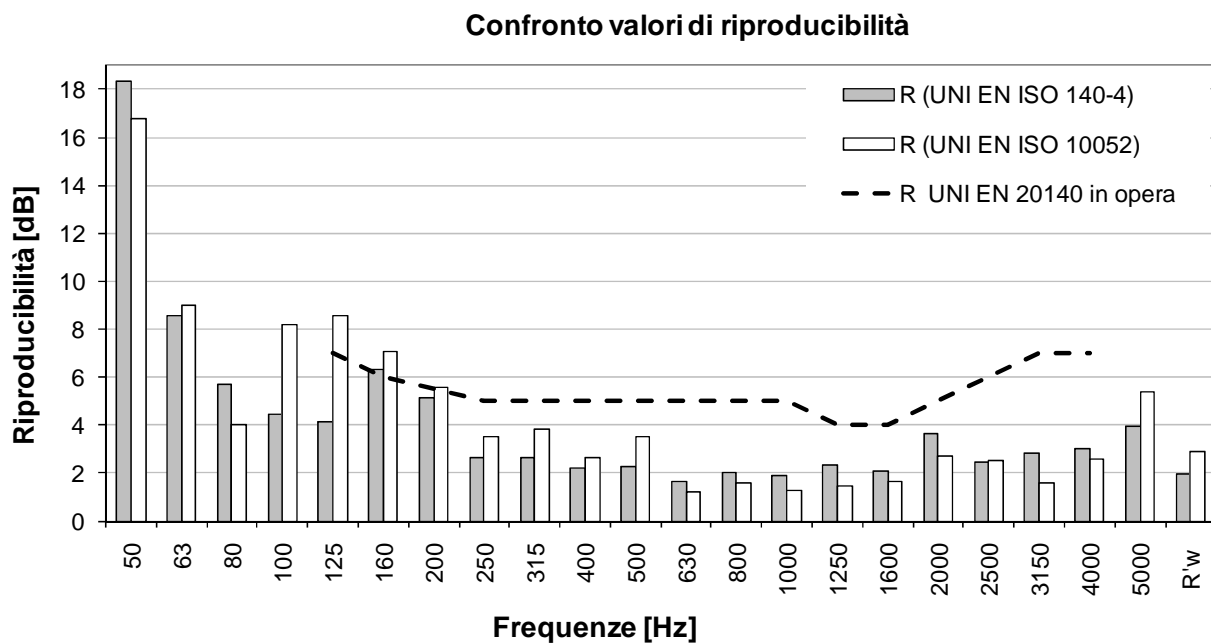


Figura 108– Confronto tra i valori di riproducibilità ottenuti con il metodo tecnico-progettuale della norma UNI EN ISO 140-4 e il metodo di controllo della norma UNI EN ISO 10052

I valori di riproducibilità secondo la norma UNI EN ISO 10052, risultano leggermente più bassi rispetto a quelli della UNI EN ISO 140-7, da 630 a 4000 Hz; a tutte le frequenze medio-basse (ad eccezione dei 50 Hz), a 5000 Hz e per l'indice unico di valutazione, la riproducibilità della norma di controllo risulta superiore a quella del metodo per punti fissi. Tale andamento risulta opposto a quello visto nel confronto dei valori di precisione nel caso del calpestio. Il picco di R in corrispondenza dei 50 Hz si verifica per entrambi i metodi. Tale andamento sembrerebbe non confermare la miglior precisione dei metodi manuali alle basse frequenze.

Le differenze tra i valori di r e di R osservati per le due norme sono tabulati nella sottostante tabella. I valori in grigio sono quelli per cui la norma di controllo dà una precisione migliore rispetto alla UNI EN ISO 140-7.

Tabella 96 – Differenze tra i valori di precisione per il livello di calpestio normalizzato, secondo le due norme UNI EN ISO 140-7 e UNI EN ISO 10052.

	Frequenza [Hz]										
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
$r(10052) - r(140-7)$	0,37	-0,68	-2,04	0,46	0,62	0,43	0,44	0,60	0,78	0,38	-0,42
$R(10052) - R(140-7)$	-1,56	0,43	-1,66	3,75	4,39	0,71	0,48	0,87	1,22	0,40	1,20

	Frequenza [Hz]										
	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
$r(10052) - r(140-7)$	-0,26	-0,28	0,01	-0,23	0,22	-0,05	-0,22	-0,07	-0,22	0,25	-0,19
$R(10052) - R(140-7)$	-0,40	-0,40	-0,61	-0,88	-0,48	-0,92	0,06	-1,20	-0,46	1,45	0,91

Si potrebbe pensare, nel caso del potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 10052, che il miglioramento dei valori di precisione alle frequenze medio-alte, sia dovuto all'eliminazione di un numero eccessivo di laboratori.

Per verificare tale ipotesi, in appendice J.15 sono stati confrontati i valori di precisione della norma di controllo, che si ottengono senza e con le eliminazioni dei laboratori 7 e 9 (e dei due dati del lab.11). In effetti, nel caso senza eliminazioni, vi è un leggero miglioramento di r e R alle basse frequenze e un peggioramento (più evidente, soprattutto nel caso della ripetibilità) alle frequenze medio alte (vedi Figura 231, Figura 232).

Tuttavia, confrontando i valori di precisione per il potere fonoisolante dei due metodi non eliminando in entrambi i casi alcun laboratorio (vedi Figura 233, Figura 234 e Tabella 372), si ritrova un andamento del tutto analogo a quello di Figura 107 e Figura 108.

Dunque la scelta di eliminare dei risultati, non sembra aver compromesso il confronto tra i due metodi, dato che le variazioni dei valori assoluti di precisione hanno andamenti simili.

Come nel caso del livello di calpestio, sono state confrontate le medie generali ricavate dal Test Interlaboratorio del potere fonoisolante, utilizzando le due diverse norme (tenendo conto delle eliminazioni). L'andamento delle medie generali del potere fonoisolante dei due metodi (Figura 109), mostra delle deviazioni tra i due metodi alle alte e alle basse frequenze simili a quelle riscontrate nelle misure in opera (un esempio è riportato in Figura 110).

Dai risultati del Test interlaboratorio lo scostamento alle basse frequenze è più evidente dato che l'intervallo di misurazione è stato esteso fino ai 50 Hz.

Come nel caso del potere fonoisolante, si ipotizza che tali scostamenti possano derivare dalla vicinanza dell'operatore al microfono e dal fatto che le misure secondo la norma UNI EN ISO 10052 vengono eseguite in centro stanza.

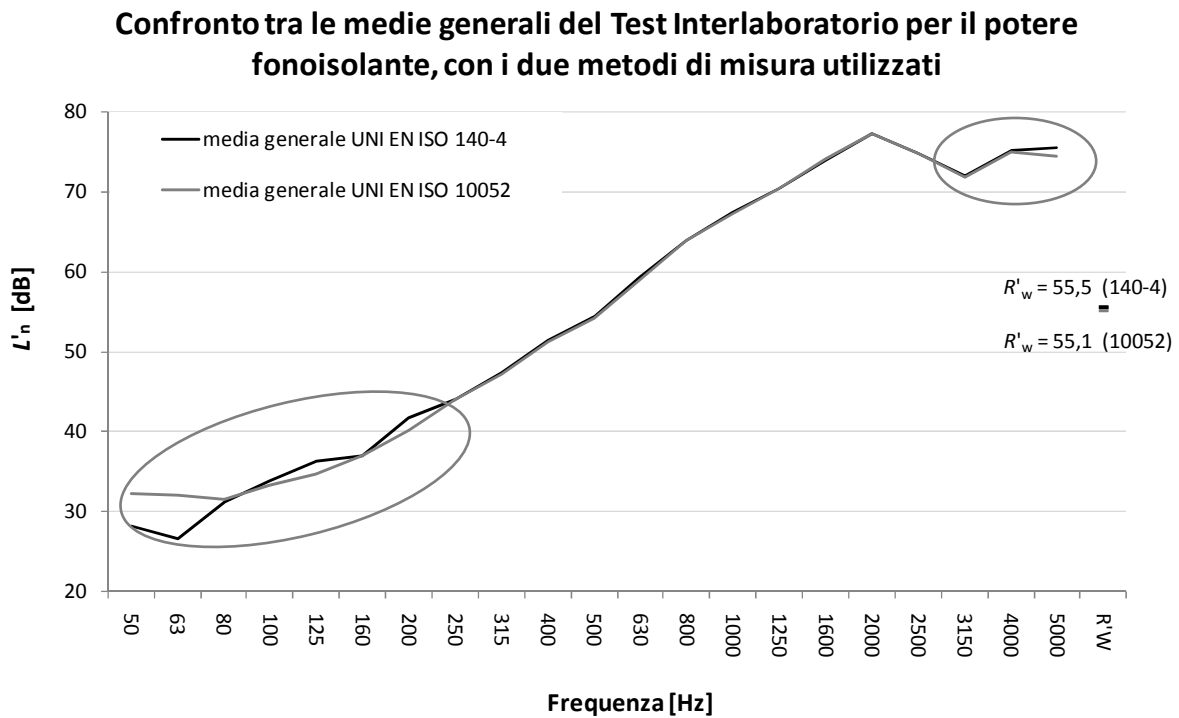


Figura 109 – Confronto tra gli andamenti delle medie generali del potere fonoisolante con le due norme.

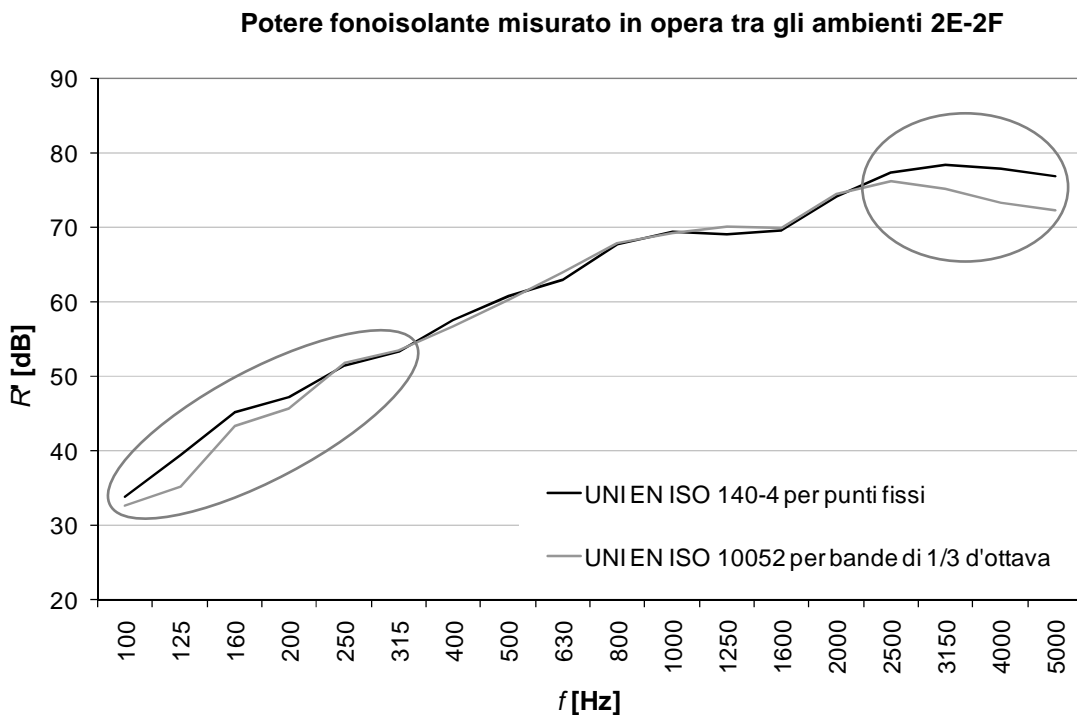


Figura 110 – Andamento potere fonoisolante misurato in opera con i due metodi (UNI EN ISO 140-4 e UNI EN ISO 10052)

7.12 Confronto dei valori di precisione ottenuti per il calpestio, con i risultati di altri Test Interlaboratorio

Come ulteriore prova, i risultati di ripetibilità e riproducibilità ottenuti con le due norme, sono stati confrontati con quelli ottenuti in altri Test Interlaboratorio, per i metodi di misura in opera, effettuati in Italia e in Europa. Le ulteriori prove collaborative analizzate sono le seguenti:

- un test interlaboratorio organizzato da un ente di ricerca italiano (ITC-CNR), con prove di calpestio eseguite su un solaio in cemento armato (25)(26);
- un test interlaboratorio organizzato in Austria da J. Lang su un solaio in calcestruzzo con controsoffitto e pavimento galleggiante (27), in questo caso è stato misurato il livello di calpestio corretto rispetto al tempo di riverbero;
- prove interlaboratorio eseguite da Simmons in Norvegia, su un edificio per uffici con geometria particolarmente complessa (28)(non sono forniti i valori relativi alla ripetibilità);
- un test interlaboratorio eseguito in Portogallo da Carvalho, su una partizione in cemento armato tra due laboratori.

Le strutture analizzate negli altri test sono tutte differenti dal solaio in laterocemento provato nel laboratorio Isolgomma, ma l'ordine di grandezza dei risultati dovrebbe essere lo stesso.

Tutte le curve di s_r sono riportate in Figura 111, con anche la curva dei valori di riferimento indicati dalla norma UNI EN ISO 20140-2. Tutte le grandezze sono state espresse come scarto tipo.

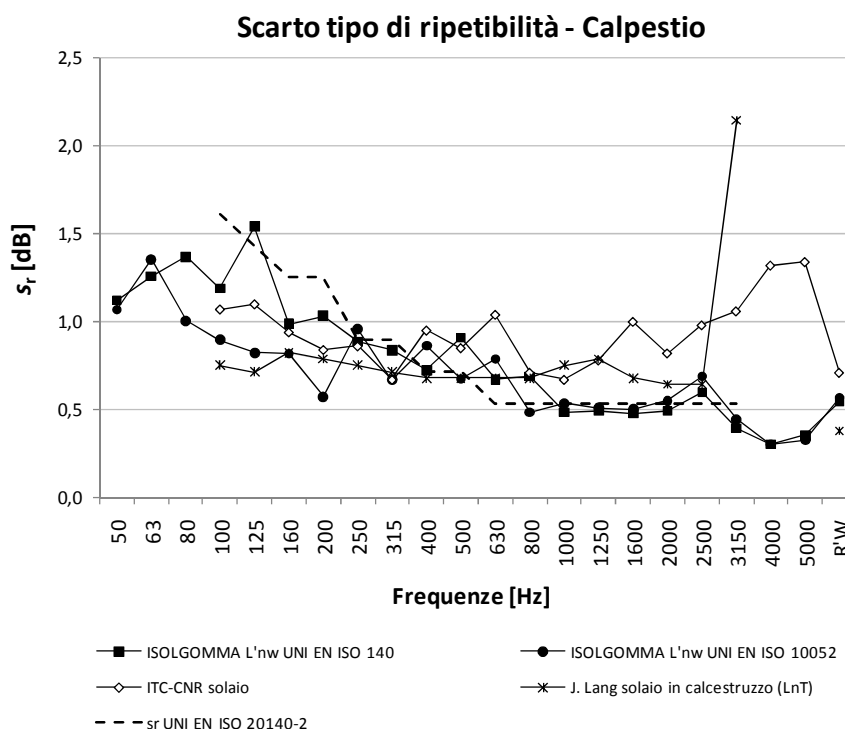


Figura 111 – Confronto dello scarto tipo di ripetibilità per il livello di calpestio, ottenuto in diversi Test Interlaboratorio per metodi di misura in opera

I valori dello scarto tipo di ripetibilità trovati nel presente Test Interlaboratorio, sono tra quelli più bassi; fa eccezione un valore a 125 Hz per la prova eseguita secondo la norma UNI EN ISO 140-7.

Le diverse curve riportate per le prove eseguite da Simmons sono relative a misure su ambienti differenti dello stesso edificio:

- Caso A: misura su un solaio, eseguita da un ufficio ad una sala conferenze (parete mobile aperta);
- Caso B: misura su un solaio, eseguita da un ufficio ad una sala conferenze (parete mobile chiusa);
- Caso D: misura tra due uffici;
- Caso F: misura dalla sala conferenze ad una sala riunioni (senza arredamento).

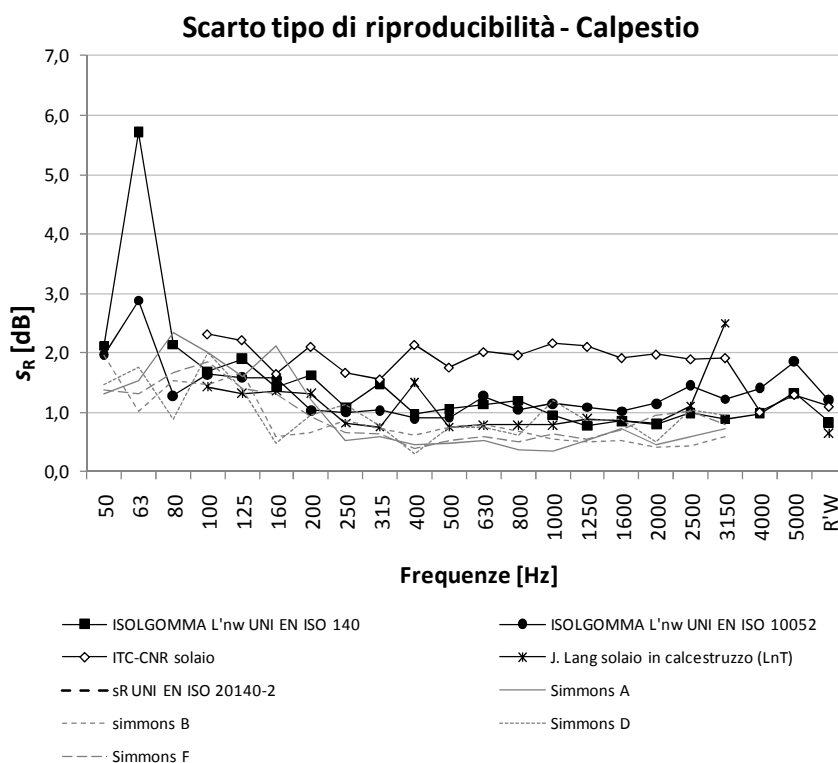


Figura 112– Confronto dello scarto tipo di riproducibilità per il livello di calpestio, ottenuto in diversi Test Interlaboratorio per metodi di misura in opera

Confrontando i valori dello scarto tipo di riproducibilità, nell'usuale intervallo di frequenza (100-500 Hz), entrambe le curve relative alle prove eseguite in Isolgomma, presentano valori simili a quelli trovati nella maggior parte degli altri Test Interlaboratorio.

A bassa frequenza risulta evidente il picco dello scarto tipo del metodo UNI EN ISO 140-7 a 63 Hz. I soli risultati che sono stati forniti a partire da 50 Hz sono quelli della prova interlaboratorio condotta da Simmons; in questo caso i valori dello scarto tipo di riproducibilità risultano buoni perché nelle misure sono state seguite le indicazioni aggiuntive fornite dalla norma UNI EN ISO 140-7 per l'estensione dell'intervallo di misura.

7.13 Confronto dei valori di precisione ottenuti per il potere fonoisolante, con i risultati di altri Test Interlaboratorio

Un primo confronto è stato fatto con i risultati dell'analisi statistica eseguita in AGECE per il potere fonoisolante apparente di solai in cemento armato, con controsoffitto.

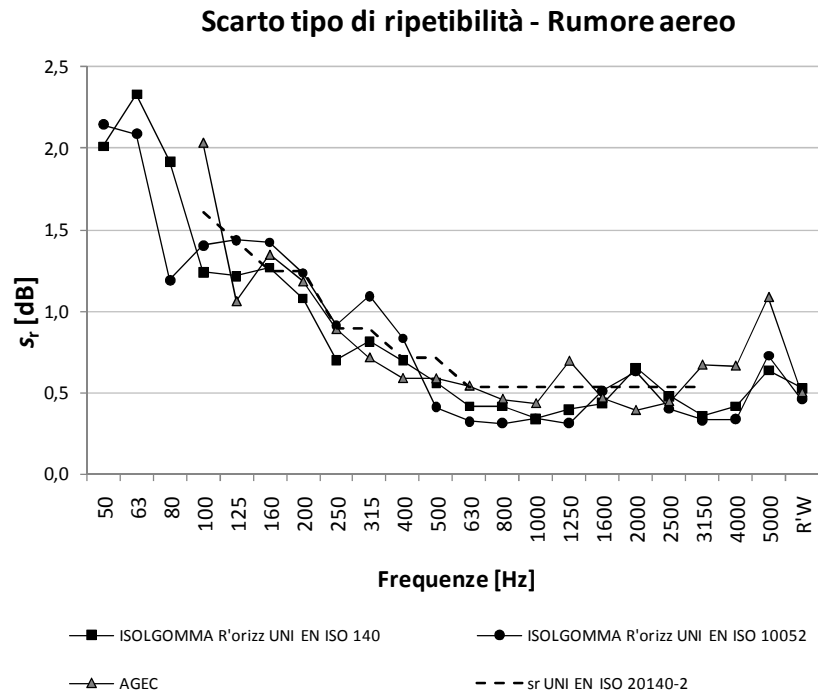


Figura 113 – Confronto dello scarto tipo di ripetibilità per il potere fonoisolante, ottenuto nel Test Interlaboratorio Isolgomma, con i due metodi di misura, e nell'analisi statistica eseguita in AGECE

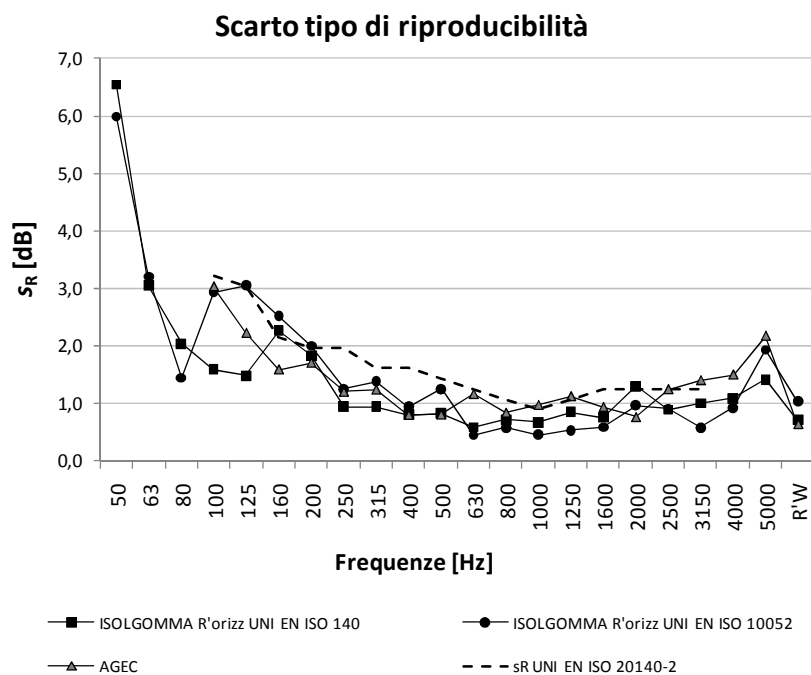


Figura 114– Confronto dello scarto tipo di riproducibilità per il potere fonoisolante, ottenuto nel Test Interlaboratorio Isolgomma, con i due metodi di misura, e nell'analisi statistica eseguita in AGECE

Dalle precedenti figure, i risultati dell'analisi statistica eseguita in AGEC, risultano dello stesso ordine di grandezza degli scarti tipo di precisione ricavati dal Test Interlaboratorio eseguito in Isolgomma.

Quindi, sono state considerate le seguenti ulteriori prove collaborative:

- un test interlaboratorio organizzato da un ente di ricerca italiano (ITC-CNR), con misure di potere fonoisolante apparente eseguite su un solaio in cemento armato e su una parete in mattoni forati, intonacata (25)(26);
- un test interlaboratorio organizzato in Austria da J. Lang su un solaio in calcestruzzo con controsoffitto e pavimento galleggiante (27), in questo caso è stato misurato l'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverbero;
- prove interlaboratorio eseguite da Simmons in Norvegia, su un edificio per uffici con geometria particolarmente complessa (28) (non sono forniti i valori relativi alla ripetibilità);
- un test interlaboratorio eseguito in Portogallo da Carvalho (29), su una partizione in cemento armato tra due laboratori.

I diversi casi analizzati nella prova collaborativa organizzata da Simmons sono i seguenti:

- Caso A: misura su un solaio, eseguita da un ufficio ad una sala conferenze (parete mobile aperta);
- Caso B: misura su un solaio, eseguita da un ufficio ad una sala conferenze (parete mobile chiusa);
- Caso C: misura su un solaio, eseguita da una sala conferenze (parete mobile aperta) ad un ufficio;
- Caso D: misura tra due uffici;
- Caso E: misura dalla reception (open space) ad un ufficio;
- Caso F: misura dalla sala conferenze ad una sala riunioni (senza arredamento);
- Caso G: misura dalla sala conferenze ad una sala riunioni (con arredamento).

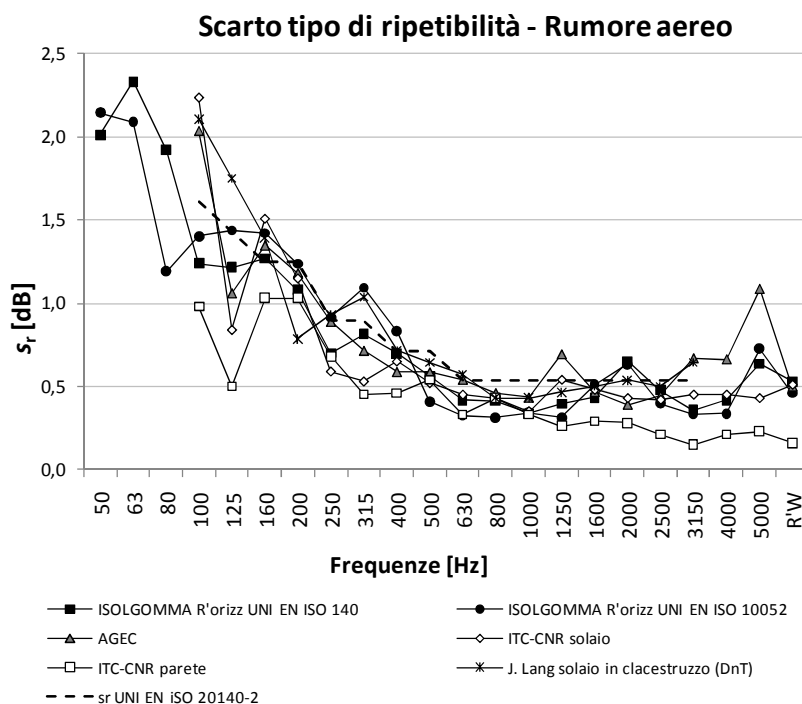


Figura 115 - Confronto dello scarto tipo di ripetibilità per l'isolamento aereo, ottenuto in diversi Test Interlaboratorio per metodi di misura in opera

I confronti dello scarto tipo di riproducibilità sono stati effettuati in due grafici, dato l'elevato numero di curve da riportare.

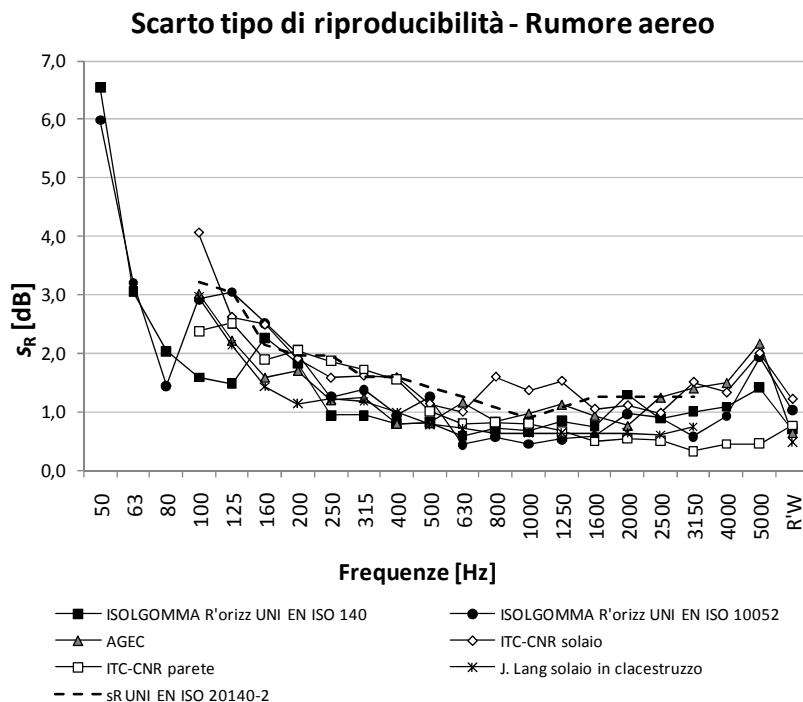


Figura 116 - Confronto dello scarto tipo di riproducibilità per l'isolamento aereo, ottenuto in diversi Test Interlaboratorio per metodi di misura in opera (I parte)

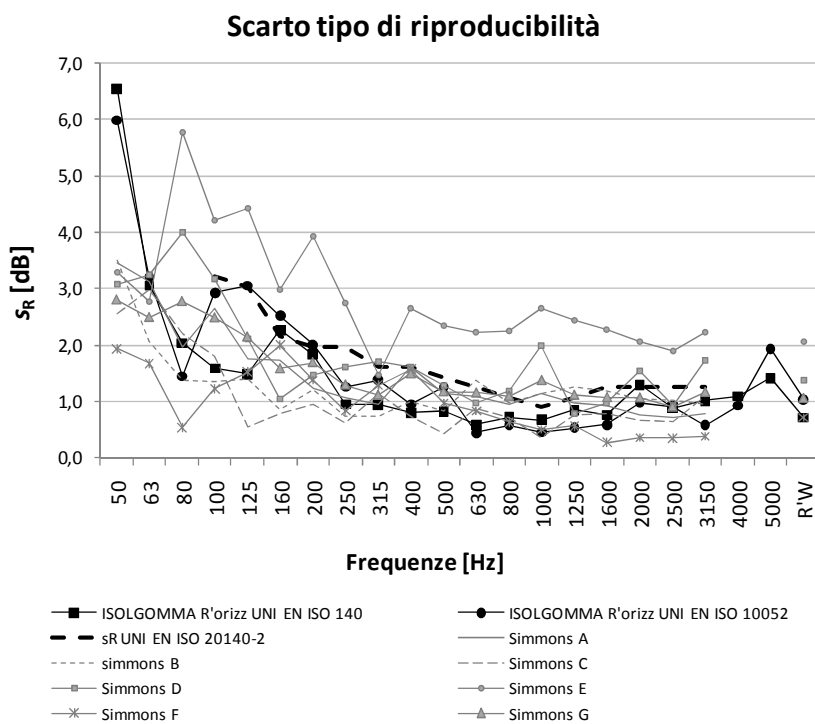


Figura 117 - Confronto dello scarto tipo di riproducibilità per l'isolamento aereo, ottenuto in diversi Test Interlaboratorio per metodi di misura in opera (II parte)

Nell'usuale intervallo di frequenza, i risultati sia del Test Interlaboratorio eseguito in Isolgomma, con i diversi metodi, sia di quello eseguito in AGECE, risultano analoghi a quelli trovati nelle altre prove collaborative, sia come andamento che come ordine di grandezza.

7.14 Osservazioni

I dati forniti dai diversi laboratori partecipanti all'esperimento collaborativo, sono stati preliminarmente controllati, per verificare la correttezza dei calcoli, e questo ha permesso di evitare di introdurre nell'analisi valori errati. Inoltre sono state analizzate nel dettaglio le condizioni di misura utilizzate da ogni squadra: ad esempio il tipo di strumentazione, il metodo utilizzato per la misura del tempo di riverbero, la presenza dell'operatore in ambiente durante i rilievi.

I test statistici previsti dalla norma UNI EN ISO 5725-2, si sono dimostrati molto efficaci, infatti sono emerse numerose anomalie nei dati, molte delle quali non erano state riscontrate nell'analisi preliminare

Un fattore che è risultato particolarmente influente è stato il rumore di fondo: la presenza di eventi esterni a carattere non costante, che hanno causato a scostamenti nei livelli in ricevente, ha portato all'eliminazione dei dati del laboratorio 9 per le misure di potere fonoisolante. L'elevata influenza del rapporto segnale/rumore sulla correttezza dei risultati era stata sottolineata anche in un test interlaboratorio organizzato in Slovenia (30).

Un laboratorio è stato escluso per una notevole deviazione dal metodo di misura (utilizzo di una sola posizione del generatore di calpestio) e per un'altra squadra sono stati riscontrati dei valori anormali del potere fonoisolante che sono stati imputati ad una possibile variazione del livello della sorgente sonora durante le misure.

Il confronto tra i metodi ha evidenziato che i valori di precisione sono confrontabili, con valori di ripetibilità e riproducibilità della norma di controllo che, in alcuni intervalli di frequenze, sono risultati anche migliori rispetto a quelli delle norme tecnico-progettuali.

La riproducibilità della norma UNI EN ISO 140-7, presenta a 63 Hz un evidente picco, che è stato spiegato con una possibile presenza di onde stazionarie e con il fatto che non sono state applicate le raccomandazioni previste dalla serie di norme UNI EN ISO 140 per le misure al di sotto dei 100 Hz. Nel caso dell'utilizzo della norma UNI EN ISO 10052, tale picco non si presenta e a tutte le basse frequenze i valori di riproducibilità risultano più bassi rispetto a quelli del metodo per punti fissi. Ciò sembrava avvalorare quanto emerso dagli studi di Dunbavin, che sostiene una miglior precisione dei metodi con movimentazione manuale alle basse frequenze.

Questo andamento non è stato però confermato dalle misure di potere fonoisolante: alle basse frequenze la riproducibilità della norma UNI EN ISO 10052, non solo è leggermente maggiore a quella del metodo UNI EN ISO 140-4, ma presenta anche un analogo picco a 50 Hz.

Attraverso il confronto delle medie generali degli esperimenti condotti con i diversi metodi, sono emersi scostamenti in frequenza analoghi a quelli che sono stati riscontrati nelle prove in opera e per i quali non è ancora stata trovata una spiegazione esauriente.

Tali risultati evidenziano che, nelle misure di acustica edilizia, vi sono ancora molti aspetti da indagare.

Dal confronto con i valori di precisione di altri test interlaboratorio eseguiti in Italia e all'estero, i risultati della prova collaborativa descritta si collocano nella media dei valori, fatta eccezione per i picchi a bassa frequenza che però sono al di fuori dell'usuale range di misura.

I valori di ripetibilità e riproducibilità trovati nell'analisi statistica effettuata presso una delle palazzine AGECE, sono dello stesso ordine di grandezza di quelli di tutti gli altri esperimenti collaborativi analizzati, ad indicare, un analogo peso della variabilità legata alla variazione della struttura e di quella legata alla variazione dell'operatore, almeno nel caso analizzato.

8) Conclusioni

L'ampia campagna di misura eseguita sugli edifici AGECE, oltre alla loro completa caratterizzazione dal punto di vista acustico, ha permesso l'applicazione della nuova norma UNI 11367 sulla classificazione acustica.

La classe globale delle unità immobiliari è risultata compresa tra la II e la III. Questo risultato ha confermato che la classificazione è applicabile, con buoni risultati, non solo ai nuovi edifici ma anche a quelli esistenti.

Una parte dell'analisi ha riguardato l'utilizzo della tecnica del campionamento che è stata applicata non solo seguendo le indicazioni della norma ma anche allargando i criteri di scelta dei gruppi omogenei, al fine di ridurre ulteriormente il numero di misure necessarie alla classificazione.

Per l'edificio E1, sono stati analizzati insieme tutti i solai, per i requisiti di potere fonoisolante apparente e calpestio; i risultati ottenuti sono analoghi a quelli che si trovano dividendo i solai in due gruppi omogenei. Va però osservato che le partizioni orizzontali dell'edificio, sono tutte dello stesso tipo e differiscono tra loro solo per dimensione, con una variazione massima maggiore del 20%.

In entrambe le palazzine, si è provato ad applicare il campionamento considerando tutte le facciate insieme: in genere, per i casi peggiori, si ha una variazione di classe verso il basso, viceversa per i casi migliori avviene una variazione di una classe verso l'alto, rispetto alla classificazione effettiva, cioè quella calcolata su tutte le misure. Quindi, anche nel caso delle facciate, che sono molto eterogenee tra loro, aumentare la tolleranza di definizione dei gruppi omogenei porta ad errori che possono risultare accettabili, a fronte della cospicua riduzione di misure da eseguire. Va inoltre osservato che la classe globale subisce variazioni in pochissimi casi.

Senza arrivare ad un campionamento limite come quello attuato sulle facciate dei due edifici AGECE, potrebbe essere comunque opportuno lasciare dei maggiori margini di interpretazione nella definizione dei gruppi omogenei. Il tecnico, sulla base del specifico caso che si trova a valutare, dovrebbe poter scegliere la suddivisione degli elementi edilizi, anche derogando da alcune specifiche dell'appendice G della norma UNI 11367.

Un ulteriore tentativo per la semplificazione della procedura di classificazione ha visto l'utilizzo di metodi di misura semplificati per effettuare i collaudi: in particolare sono interessanti i risultati ottenuti con l'applicazione della norma UNI EN ISO 10052 nella sua versione più semplice, che prevede la correzione tabulare del tempo di riverbero. Gli scostamenti che si verificano sono dello stesso ordine di grandezza di quelli trovati con l'utilizzo in forma estesa del campionamento, con però il vantaggio di ottenere una classificazione sempre cautelativa.

La sperimentazione sui metodi di misura è stata effettuata in due momenti successivi. Nella prima parte sono stati confrontati i risultati di collaudi in opera ripetuti utilizzando punti fissi di misura e due differenti metodi di movimentazione manuale del microfono e del fonometro. Per le misure eseguite per bande di 1/3 d'ottava è stato possibile confrontare l'andamento in frequenza dei parametri acustici, valutati con i diversi metodi. I risultati ottenuti sono molto simili ma alle alte e alle basse frequenze si riscontrano degli scostamenti rispetto al metodo per punti fissi, soprattutto quando si utilizza la norma UNI EN ISO 10052.

La seconda parte dell'analisi ha riguardato la determinazione dei parametri di precisione delle misure di potere fonoisolante e calpestio, utilizzando sia le norme della serie UNI EN ISO 140 che la norma UNI EN ISO 10052 (applicata per bande di 1/3 d'ottava e con valore misurato del tempo di riverberazione). Per far ciò è stato organizzato un Test Intelaboratorio, svolto presso il laboratorio della ditta Isolgomma. I risultati di ripetibilità e riproducibilità ottenuti hanno mostrato andamenti discordanti, a seconda del parametro analizzato. Per il calpestio la scansione manuale del campo sonoro sembra portare ad una riproducibilità migliore a bassa frequenza rispetto al metodo per punti fissi, che al contrario presenta un anomalo picco della riproducibilità a 63 Hz.

Nelle misure di potere fonoisolante, invece, la norma di controllo sembra avere precisione leggermente migliore del metodo tecnico-progettuale alle alte frequenze. Inoltre per entrambi i metodi si trova un picco di riproducibilità a 50 Hz.

Osservando le medie generali ottenute per il livello di calpestio e il potere fonoisolante con i diversi metodi, si trovano gli stessi scostamenti in frequenza che si sono verificati nelle misure in opera e che non trovano una spiegazione esauriente.

Confrontando i risultati con quelli ottenuti in altri esperimenti collaborativi, risulta però evidente come l'ordine di grandezza dei valori di precisione trovati con le diverse norme, sia analogo. Quindi, nonostante le deviazioni osservate alle basse ed alte frequenze, sembra giustificabile, per le misure in opera, l'utilizzo della norma UNI EN ISO 10052.

APPENDICI

A Tabelle di tutte le misure AGEC

A.1 Misure eseguite sulla palazzina E1 (civico 177)

Tabella 97– Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del potere fonoisolante apparente dei solai (ambienti A, B, C della palazzina E1)

	A1-A2	A2-A1	A2-A3	A3-A2	B1-B2	B2-B1	B2-B3	B3-B2	C1-C2	C2-C1	C2-C3	C3-C2
<i>f</i> [Hz]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]
100	38,6	39,9	39,3	36,2	30,1	28	30,2	26,2	24,8	22,2	24,9	27,1
125	38	35,5	36	33,4	39,2	38,3	37,5	38,1	40,3	38,1	37	38,1
160	40,9	42	39,7	40,4	39,1	41	39	37,7	37,9	37,2	37,1	35,7
200	43,7	44,9	41,4	41,2	39	41,6	38,8	39,7	38,6	39,6	40,4	40,9
250	48,1	48,2	46,8	46,7	41,3	41,9	43,2	41,6	43,1	44,5	45,4	45,5
315	47,9	48,1	48	48,9	42,3	43,4	46,5	44,2	47,8	47,6	48,8	48,5
400	51,5	50,9	52,1	51,4	48,3	47,4	49,4	48,9	51,1	50,8	51,5	52,4
500	54,3	55,4	55,2	54,3	52,6	51,6	53,7	53,7	53,3	54,4	54,4	54
630	57,9	56,9	56,7	57	56,1	55,9	58,8	58,4	56,8	56,7	57,4	57,1
800	59,2	59,1	58,9	59,1	58,9	58,4	61,8	61	59	59,3	60	61
1000	60,6	60,6	60,4	60,1	61,7	61,3	63,6	63,3	61,1	60,2	61,3	61,3
1250	63,5	62,3	63,1	64,1	64,1	64,4	67,5	67	63,2	63,2	64,4	64,6
1600	64,9	63,9	65,1	65,7	66,5	66,4	68,5	68,7	65,4	64,4	66,1	66,7
2000	65,3	65,1	66,6	66,8	69,2	68,3	70,1	70,5	66,5	66	67,2	66,4
2500	66,1	66,4	67,9	68,1	70,3	70,5	72,2	72,6	68,9	68,2	68,6	68,4
3150	68	68,6	70,6	69,5	71,7	72,2	75,4	75,6	70,9	70,2	70,5	70,2
4000	70,4	70,1	72,7	71,6	72,5	72,5	78,8	78,7	72,7	71,7	72,6	73,2
5000	72,9	73,1	76,3	74,7	71,8	70,6	80,8	79,1	75,2	75,1	77,4	77,4
<i>R</i> _w	57	57	57	56	54	54	55	54	54	54	55	55
<i>C</i>	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-5	-4	-3
<i>C</i> _{tr}	-6	-6	-7	-7	-8	-8	-8	-10	-10	-12	-11	-10
data	29/01/2010	29/01/2010	29/01/2010	29/01/2010	20/01/2010	20/01/2010	20/01/2010	20/01/2010	01/02/2010	01/02/2010	01/02/2010	01/02/2010
T [°C]	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4
U [%]	61	61	61	61	69	69	69	69	62	62	62	62

Tabella 98– Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del potere fonoisolante apparente dei solai (ambienti D e G della palazzina E1)

	D1-D2	D2-D1	D2-D3	D3-D2	G1-G2	G2-G1	G2-G3	G3-G2
f [Hz]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]
100	34,3	35,1	40,4	37,8	37,8	30,4	34,2	37,4
125	35	35	39,1	36,4	43,2	42,8	43,6	44,1
160	36,7	33,9	37,9	41	37,9	40,4	39,8	38,1
200	41,3	39,2	41,5	42,6	41,4	40	42	40
250	46	43,2	44	44,5	44,3	45	45,8	44,3
315	49,7	46,9	47,2	47,6	49,1	47,2	49,2	50,4
400	50,7	49,4	50,5	50,5	52,8	53,1	54,1	52,2
500	52,7	52,2	52,9	53,2	55,1	54,8	54,4	56,1
630	55,3	55,2	55,7	56,5	56,8	56,3	57,1	57,7
800	56,6	56,5	57,6	57,3	58,1	58,6	59,7	60,5
1000	58,8	57,9	60,1	59,2	58,5	59,4	60,3	61,5
1250	60,4	61,4	62,3	61,7	59,6	60,7	62,4	62,7
1600	62	62,6	63,4	63	61,6	61,3	63,3	63,5
2000	64,5	64	64,4	65	63,7	64	65,3	64,8
2500	65,7	66,8	66,3	66	66,5	66	66,8	67,2
3150	68,5	69,1	68,9	67,6	68	68,4	69,8	69,7
4000	69,8	70,3	70,3	68	70,2	68,9	71,3	72
5000	71,6	73,5	72,9	68	72	70,9	75,1	74,3

R_w	55	54	56	56	57	56	57	57
C	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
C_{tr}	-7	-7	-6	-6	-7	-8	-7	-7

data	29/01/2010	29/01/2010	29/01/2010	29/01/2010	01/02/2010	01/02/2010	01/02/2010	01/02/2010
T [°C]	4	4	4	4	4	4	4	4
U [%]	61	61	61	61	62	62	62	62

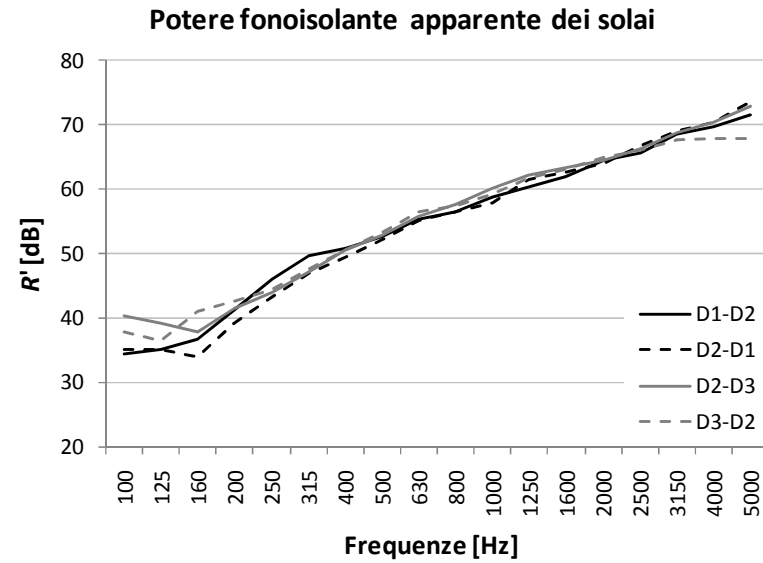
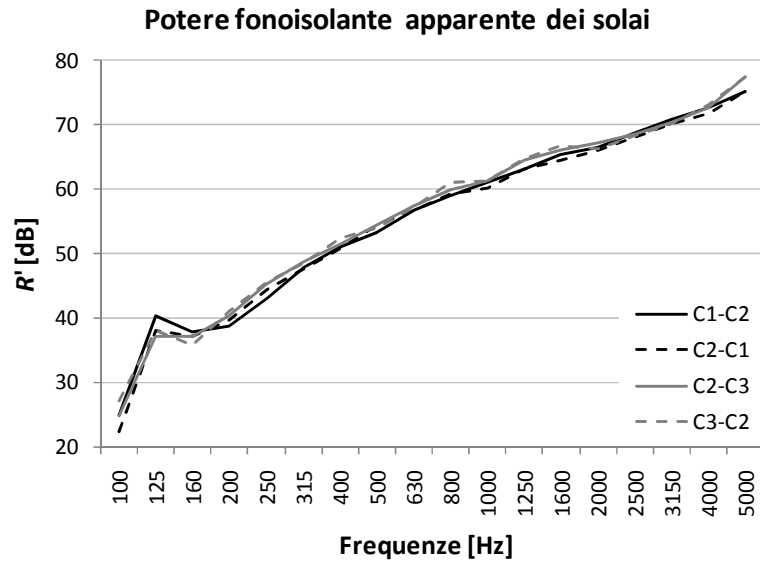
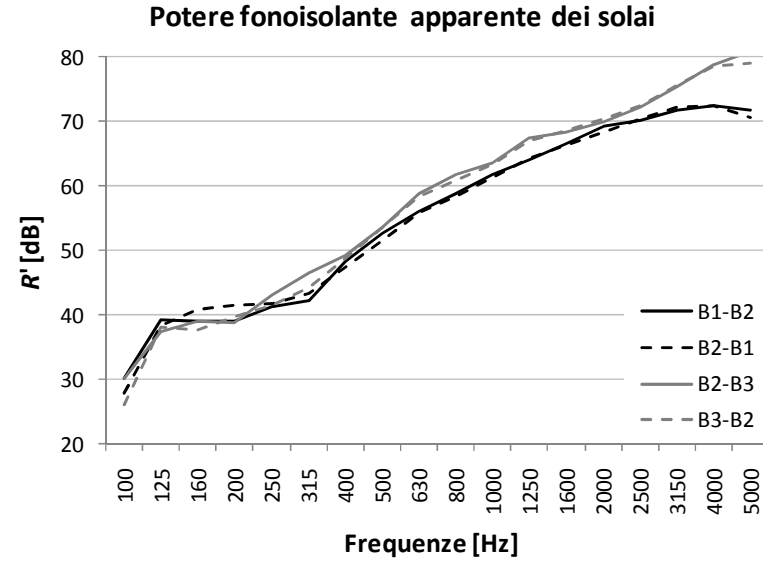
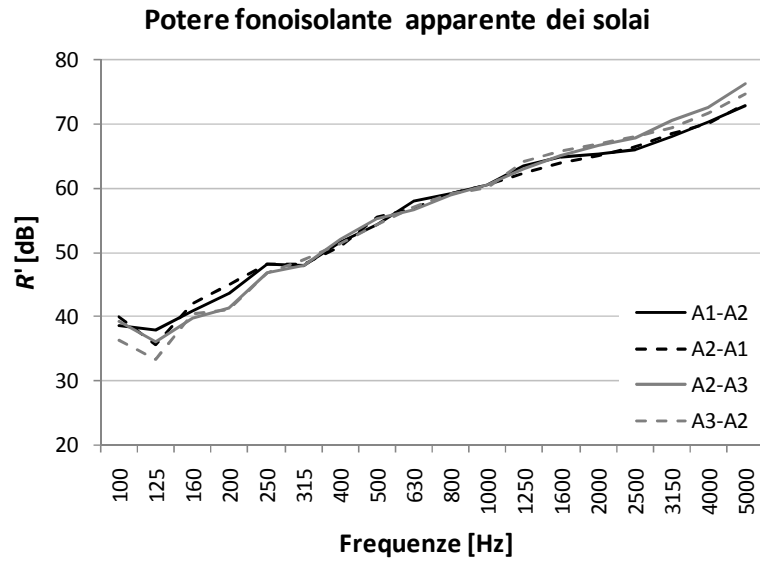


Figura 118 – Misure di potere fonoisolante apparente dei solai negli ambienti A, B, C, D della palazzina E1

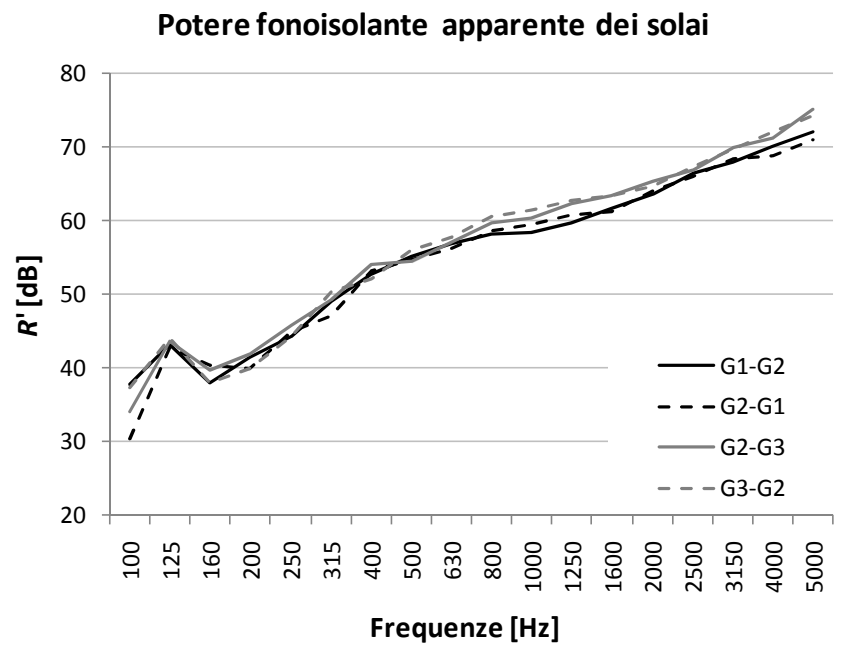


Figura 119 – Misure di potere fonoisolante apparente dei solai negli ambienti G della palazzina E1

Tabella 99– Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del potere fonoisolante apparente dei solai (ambienti E della palazzina E1)

f [Hz]	fori chiusi				fori aperti			
	E1-E2 R' [dB]	E2-E1 R' [dB]	E2-E3 R' [dB]	E3-E2 R' [dB]	E1-E2 R' [dB]	E2-E1 R' [dB]	E2-E3 R' [dB]	E3-E2 R' [dB]
100	32,5	33,6	35,1	33,9	31,8	31,1	35,4	33,7
125	39,4	39,7	39,6	39,7	38,7	38,8	39,5	39,3
160	39	38,8	38,2	38,5	38,5	39,4	38	37,9
200	41,5	41,9	40,7	44,3	41,8	42,1	40,5	43,6
250	46,2	45,6	43,9	45	45,3	45,1	43,1	43,9
315	49,3	50	49	48,8	47,8	48,2	48,1	47,5
400	52,1	53,6	52,7	51,5	47,8	48,7	51,7	51
500	56,5	55,1	54,3	55,2	52	51,7	53,8	55
630	57,7	57,7	57,8	58,1	52,6	52,3	55,4	56,1
800	60,2	60,7	60,1	60,5	56,4	57	59,6	59,5
1000	62,1	61,5	61	61,8	61,4	61,1	60,4	61,7
1250	64,7	63,7	64	63,9	61,6	61,2	63,3	63,4
1600	66,1	66,3	65,9	65,4	61,1	61,1	63,3	64,2
2000	67,2	67,6	68,9	67,9	66,3	66,7	68	67
2500	70,7	69,9	70,4	69,5	69,6	69	69,1	69,1
3150	72	72,6	73,1	72,7	70,1	70,1	69,3	69,1
4000	72,8	73	75,2	73,1	73,5	73	73,1	72,7
5000	73,8	74,8	77,5	71,2	75,9	75,8	76,8	76,6
R_w	57	57	56	57	55	55	56	56
C [dB]	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
C_{tr}	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-7	-7
data	02/02/2010	02/02/2010	03/02/2010	03/02/2010	02/02/2010	02/02/2010	03/02/2010	03/02/2010
T [°C]	4	4	4	4	4	4	4	4
U [%]	56	56	59	59	56	56	59	59

Nota: negli ambienti E (cucina-soggiorno) erano presenti i fori per il collegamento delle cappe delle cucine. Essendo questi allacciati ad un unico camino, costituivano un percorso indiretto di trasmissione sonora. Nella reale condizione d'uso i fori saranno chiusi dal tubo della cappa, quindi, per simulare tale situazione, i fori sono stati tappati con del materiale fonoassorbente. Le prove sono state eseguite sia con i fori aperti che con i fori chiusi, per valutare l'influenza del percorso indiretto (la differenza va da zero a tre decibel)

Tabella 100– Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del potere fonoisolante apparente dei solai (ambienti F della palazzina E1)

f [Hz]	fori chiusi			
	F1-F2 R' [dB]	F2-F1 R' [dB]	F2-F3 R' [dB]	F3-F2 R' [dB]
100	36,9	38	36,5	34,9
125	39,7	40,9	33,2	33,9
160	39,6	40,9	38,5	37,7
200	41,6	42,9	40,5	40,7
250	47,5	47,7	45,9	45,4
315	50,4	51,3	49,1	49,7
400	54,4	55,3	51,6	53,7
500	57,8	58,2	56,2	57,4
630	61	60,6	59	59,9
800	62,3	61,9	62,3	62,8
1000	62,9	62,4	64,1	64,4
1250	65,4	64,6	64,8	65,5
1600	67	66,3	65,1	66,3
2000	68	68,4	67,3	68,5
2500	71,5	71	68,4	69,1
3150	74,6	73,8	66,3	66,2
4000	76,5	75,9	73,7	73,2
5000	78,1	75,8	77,9	77,4

R _w	58	59	56	56
C [dB]	-2	-2	-2	-2
C _{tr}	-7	-7	-7	-7

data	02/02/2010	02/02/2010	03/02/2010	03/02/2010
T [°C]	4	4	4	4
U [%]	56	56	59	59

f [Hz]	fori aperti			
	F1-F2 R' [dB]	F2-F1 R' [dB]	F2-F3 R' [dB]	F3-F2 R' [dB]
100	36,3	37,8	36,2	34,4
125	40,6	40,6	33,2	34,4
160	39,2	41,1	38,4	37,5
200	41,1	42,7	40,4	40,4
250	46,8	47,7	45,6	44,4
315	50,1	50,1	47,7	47,9
400	47,1	44,7	50	51,1
500	49,1	48,3	53,4	54,6
630	56,2	55,1	57,1	57,9
800	58,3	56	59,3	60,4
1000	62,1	61,3	63,3	64,3
1250	64,7	63,9	63,7	64,2
1600	64	62,9	61,4	62,9
2000	67,2	67,9	66,1	66,9
2500	69,3	69,4	66,4	67
3150	69,1	69	65	64,5
4000	73,3	74,1	71,1	68,2
5000	73,9	76,6	75,1	69,5

R _w	56	56	55	55
C [dB]	-2	-2	-2	-2
C _{tr}	-6	-6	-7	-7

data	02/02/2010	02/02/2010	03/02/2010	03/02/2010
T [°C]	4	4	4	4
U [%]	56	56	59	59

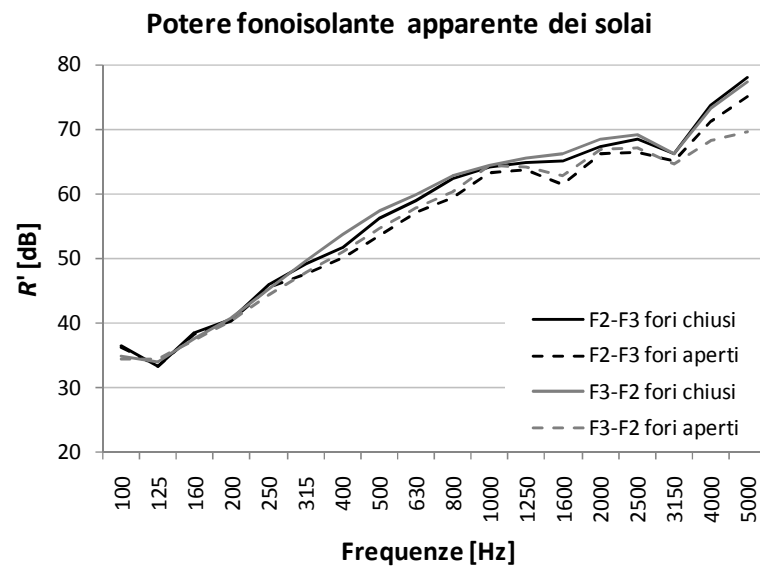
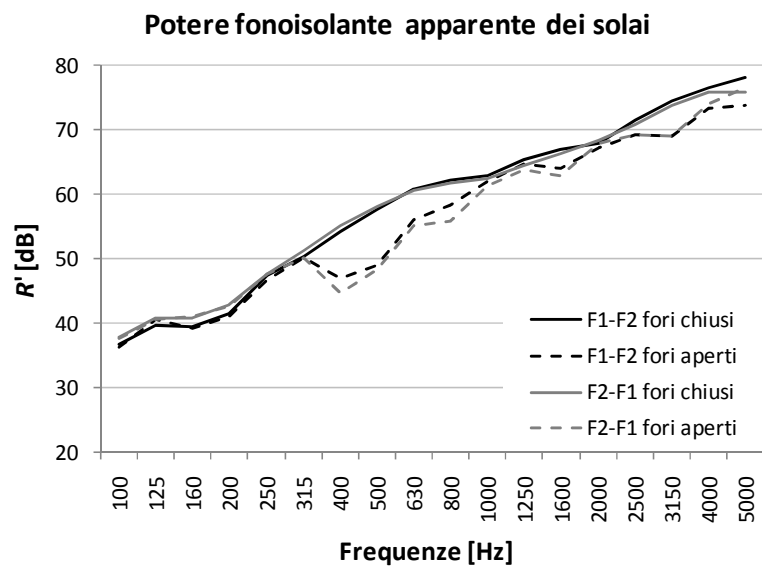
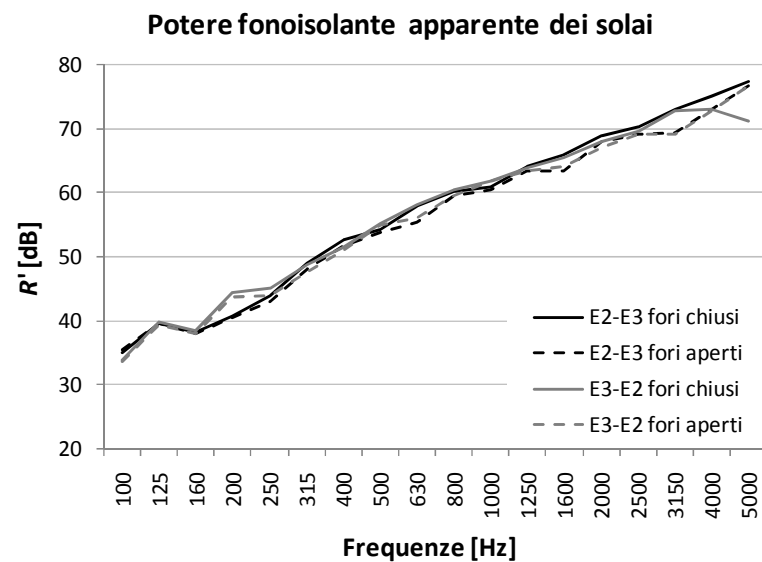
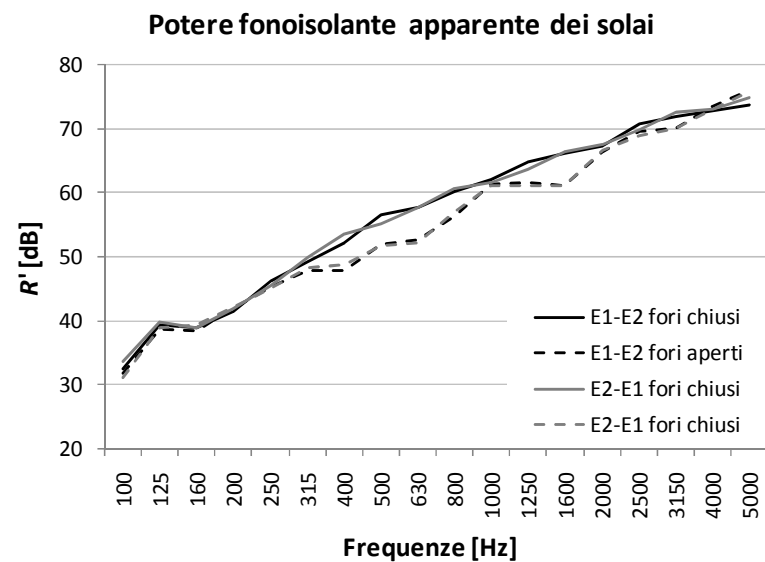


Figura 120– Misure di potere fonoisolante apparente dei solai negli ambienti E ed F della palazzina E1 (in linea continua misure con fori chiusi, in linea tratteggiata misure con fori aperti)

Tabella 101– Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del potere fonoisolante apparente della partizione verticale tra gli ambienti E ed F della palazzina E1

Misure in orizzontale							Misure in orizzontale					
f [Hz]	fori chiusi						fori aperti					
	1E-1F	2E-2F	3E-3F	1F-1E	2F-2E	3F-3E	1E-1F	2E-2F	3E-3F	1F-1E	2F-2E	3F-3E
	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]
100	29,1	33,8	33,4	32,9	37,3	32,3	29,1	32,9	31,4	33,1	36,8	32,7
125	32,7	39,4	33,2	34,4	35,8	32,3	32,7	36,6	36	34,5	39,9	32,9
160	40,1	45,1	40,9	40,9	43,8	37,9	40,1	44,8	35,4	40,9	39,2	37,6
200	45,7	47,2	47,5	45,2	46,6	44,1	45,1	47,3	40,3	44,8	41,3	43,3
250	50,9	51,5	50,6	49	50,3	47,6	49,8	49,1	41,6	47,2	45,4	46
315	50,8	53,3	52,1	51,3	53,5	52	49,7	47,8	44,5	50,1	48,4	47,4
400	53,4	57,5	55,2	54,7	56,9	56,1	51,6	54,7	47,9	51,4	42,9	52,2
500	56,8	60,7	60,1	56,7	61	59,6	54	51,6	52,7	54,5	46,3	56,2
630	60,1	63	63,7	60,1	64,1	63,6	56,1	52,8	53,9	55,8	53,3	58,4
800	65	67,6	67,3	64,8	66,7	67,3	56,5	59,9	57,1	56,4	53,7	54,1
1000	66,6	69,4	70,1	66,9	69	68,8	62,7	64,9	59,3	63	59	64,1
1250	66,7	69	70,2	67,1	69,8	69,2	62,3	65,7	60,9	62,7	61,9	64
1600	66,7	69,6	71,5	67,2	69,1	71,3	63,2	64,4	61,7	62,2	60,8	60
2000	70,7	74,1	75,7	70,3	74	75,8	67,1	69,9	64,7	66,1	65,5	69,1
2500	75,2	77,3	77,4	75,1	77,6	77,1	69,1	68,8	66,6	69	67,2	66,7
3150	75,6	78,4	78,7	77,6	78,9	79,5	70	70,4	66,6	70	66,7	67
4000	75,3	77,9	78,8	77,3	78,8	80,4	72,9	73,5	70,3	71,2	72,1	68,2
5000	74,5	76,9	77,4	73,7	77,6	79,2	74	74,8	74,4	69,5	74,2	71,2

R' _w	57	61	59	58	60	57	56	57	53	56	54	55
C	-3	-3	-3	-3	-2	-3	-3	-2	-1	-2	-2	-2
C _{tr}	-10	-9	-10	-9	-8	-9	-9	-7	-7	-7	-5	-7

data	02/02/2010	02/02/2010	03/02/2010	02/02/2010	02/02/2010	03/02/2010	02/02/2010	02/02/2010	03/02/2010	02/02/2010	02/02/2010	03/02/2010
T	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
U	56	56	59	56	56	59	56	56	59	56	56	59

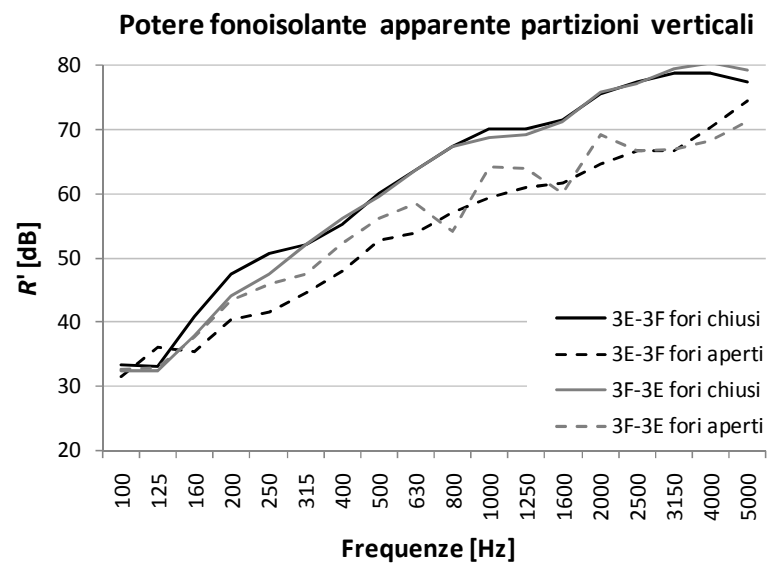
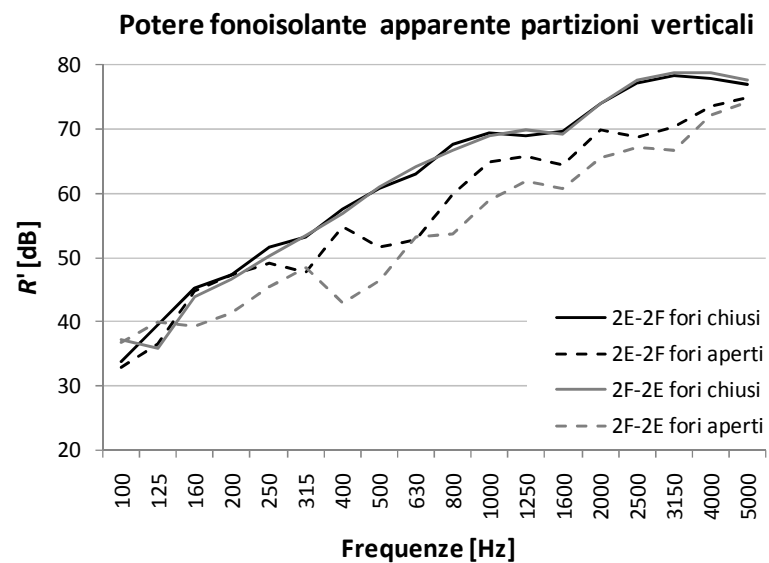
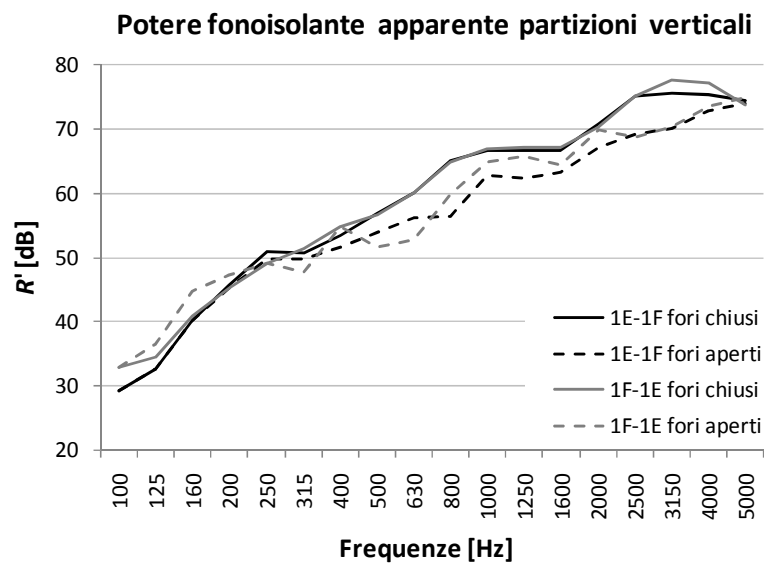


Figura 121 - Misure di potere fonoisolante apparente della parete tra gli ambienti E ed F della palazzina E1 (in linea continua misure con fori chiusi, in linea tratteggiata misure con fori aperti)

Tabella 102 - Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del potere fonoisolante apparente della partizione verticale tra gli ambienti B (riceventi) e le scale (ambiente trasmittente) e misure di calpestio dalla rampa delle scale agli ambienti B (palazzina E1)

	scale-B1	scale-B2	scale-B3
f [Hz]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]
100	32,7	39,2	36,6
125	32,4	36,8	39,5
160	41,1	36,8	38,8
200	35,1	36,8	36,1
250	39,3	39,7	38,7
315	39,9	39,9	38,8
400	42,3	41	41,4
500	42,4	41	43,8
630	42,4	41,9	44,5
800	43,9	41	46,3
1000	46,3	41,4	49,5
1250	50,1	44,3	54
1600	52,3	45,2	56,6
2000	53,8	48,1	57
2500	53,6	49,4	56,8
3150	52,5	48,4	55,5
4000	55,1	51,7	59
5000	57,4	53,1	61,5

R'_w [dB]	47	44	48
C [dB]	-1	0	-1
C_{tr} [dB]	-4	-2	-4

data	20/01/2010	01/02/2010	03/02/2010
T [°C]	5	4	4
U [%]	69	62	59

	rampa inferiore-B1	rampa superiore-B1	rampa inferiore-B2	rampa superiore-B2	rampa inferiore-B3
f [Hz]	L'_n [dB]	L'_n [dB]	L'_n [dB]	L'_n [dB]	L'_n [dB]
100	48,8	56	54,2	62,7	52,8
125	51,6	58,6	54,4	57,6	54,6
160	51	53,8	54,6	63,9	55,8
200	54,8	56,8	56,7	62,4	59
250	59,7	62,3	59,1	64,6	61,4
315	60,7	64,9	61,7	64,1	61,2
400	58,5	63	59,6	63,5	62,2
500	58,7	59,6	57,2	61,1	60,1
630	57,8	58,4	56,2	58,5	57,2
800	58,4	57,3	55,3	57,5	56,4
1000	58,3	58,2	55,7	57,3	57,4
1250	56	58	55,6	59	56,6
1600	56,2	58,1	55,1	57,4	55,7
2000	52,4	57,5	53,5	55,6	52,7
2500	49,6	55,9	51,9	54	50,7
3150	48,8	55,2	51,4	51,8	50,2
4000	47,3	51,4	49,8	46	45,4
5000	41,5	47,4	46,3	40,4	40,2

L'_{nw} [dB]	59	63	60	62	60
C_i [dB]	-5	-7	-6	-4	-5

data	20/01/2010	20/01/2010	01/02/2010	01/02/2010	03/02/2010
T [°C]	5	5	4	4	4
U [%]	69	69	62	62	59

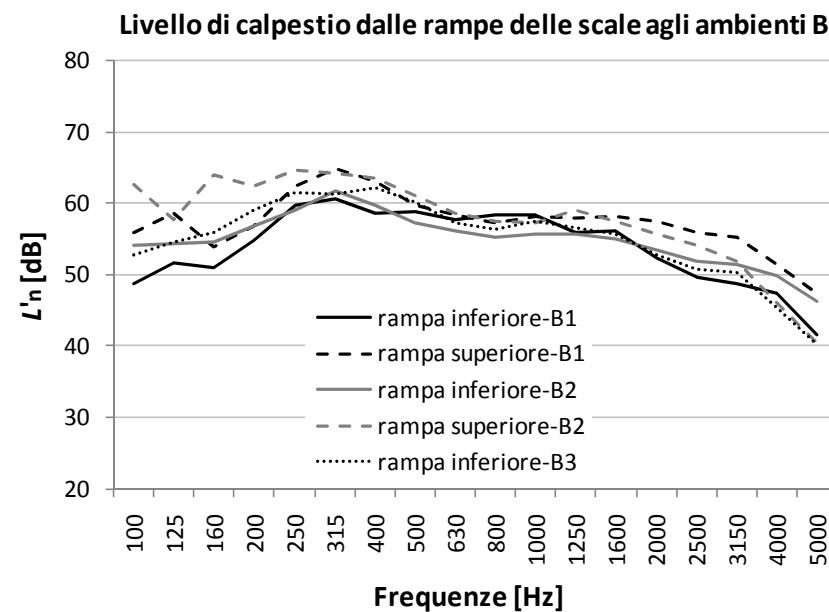
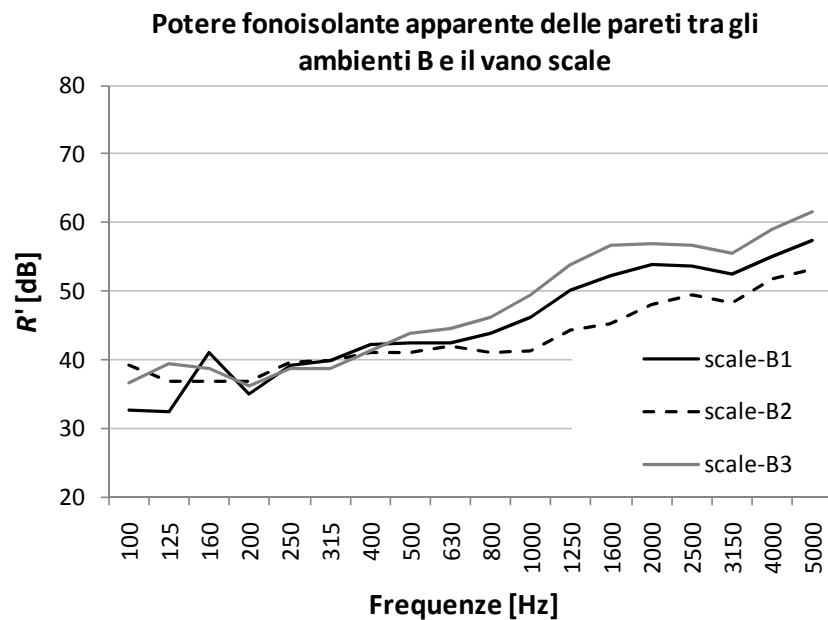


Figura 122 – Misure di potere fonoisolante apparente e di calpestio dalle scale agli ambienti B (palazzina E1)

Nota: durante le misure di potere fonoisolante apparente dalle scale si sentiva distintamente il passaggio del suono attraverso le porte (quella d'ingresso e quella dell'ambiente), quindi, il basso valore di R' trovato, non è realmente rappresentativo delle prestazioni di isolamento della parete, in quanto fortemente influenzato dalla presenza di un percorso di trasmissione indiretta

Tabella 103– Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del livello di rumore di calpestio, normalizzato rispetto all’assorbimento acustico (valutato negli ambienti A, B, C, D della palazzina E1)

	A2-A1	A3-A2	A2-A3	B2-B1	B3-B2	B2-B3	C2-C1	C3-C2	C2-C3	D2-D1	D3-D2	D2-D3
<i>f</i> [Hz]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]
100	64,1	64,5	53	68	71	56,9	67,9	65,1	52,1	59,4	58,3	45,6
125	65,7	67	54,1	66,3	66,1	58,3	63,5	66,5	59,4	62,4	66,8	57,4
160	62,4	65,7	57,8	62,5	62,9	53,4	66,7	66,6	57,4	63,2	66,1	57,8
200	65	65,4	60,4	62,8	61,9	54,3	64,6	63,3	58,3	63,8	67,5	57,6
250	63	62,3	57,9	61,1	60,6	53,3	62,8	62	57,2	63,2	61,8	56,5
315	61,1	61,5	56,2	61,7	62,9	55,3	61,1	59,6	54,6	62,1	60,2	56,7
400	59	60	53,8	61,2	61,2	52,5	59,5	58,1	53,5	59,6	58,4	53,6
500	55,5	57,3	51,2	59,4	58,7	49	57,1	56,2	50,8	59,5	58,7	54,1
630	52,5	53,8	48,7	57,2	55,3	43,8	53,6	53,8	46,6	57,1	55,7	51,6
800	49,1	52	44	53,6	50,5	39,1	50,5	50,8	42,6	54,2	52,3	47,7
1000	46,4	49,4	40,9	51,3	47,2	34,4	47,4	48,6	38,3	52,3	50,2	45,3
1250	41,7	45	34,1	48,4	42,9	29,3	42,8	46	30,2	47,8	46,3	39,5
1600	36,4	40,4	25,4	44,7	38,9	24	37,6	42,5	21,5	42,5	42,8	31,6
2000	33	37,1	17,2	40,6	36,4	20,8	33	39,8	13,1	38,6	39,1	22,5
2500	30	33,8	12,5	36	32,5	20,6	30,5	36,2	9,6	33,5	34,9	17
3150	28,1	30	9,4	32	29,1	21,1	29	31,9	8,9	29,2	30,6	12,5
4000	28,6	29,2	9,1	29,6	28,5	21,9	29,7	30,7	9,5	28,7	28,1	11,5
5000	30,5	30,6	10,1	30,3	30,1	22,6	31,4	31,7	10,6	30,5	28,1	12,2
<i>L'</i> _{nw}	57	58	50	58	58	49	58	57	50	57	57	51
<i>C</i> _i	0	0	1	0	1	0	0	1	0	-1	1	-1
data	18/12/2009	18/12/2009	17/12/2009	16/12/2009	16/12/2009	16/12/2009	03/12/2009	03/12/2009	10/12/2009	18/12/2009	17/12/2009	17/12/2009
T [°C]	6	6	6	8	8	8	11	11	10	6	6	6
U [%]	52	52	45	45	45	45	63	63	75	52	45	45

Nota: in grigio le misure eseguite dal basso verso l’alto, per caratterizzare gli ambienti riceventi al terzi piano

Tabella 104– Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del livello di rumore di calpestio, normalizzato rispetto all'assorbimento acustico (valutato negli ambienti E, F, G e in orizzontale tra gli ambienti E ed F della palazzina E1)

	E2-E1	E3-E2	E2-E3	F2-F1	F3-F2	F2-F3	G2-G1	G3-G2	G2-G3
f [Hz]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]
100	62	61,8	49,5	61,5	61,4	50,1	68,1	63,3	55,9
125	65,3	62,4	58,1	65,2	64,1	56,8	60,8	60,5	56,5
160	68,7	65,4	57,5	65,3	66,9	60,4	65,8	62,1	62
200	65,9	66,4	57,3	64	62,5	58,5	64,5	64,3	60,9
250	63,9	62,8	56,7	61,6	60,1	55,7	62,7	63,2	55,9
315	61,4	60,9	56,1	57,8	59,7	52,2	61,5	61,5	54,3
400	59,5	59,3	54,9	55,7	57,9	49	57,8	59,9	51
500	56,8	58,5	52,2	55,3	56,4	46,7	57,1	59,4	49,7
630	55,7	57,2	49	51,3	53,8	43	53,8	56,2	45,6
800	52,6	54,1	45	50,2	50,8	38,6	51,1	54,1	41,6
1000	49,5	52,2	42,1	51,6	49,2	35,1	48,7	51,7	37,3
1250	47,4	48,7	36,7	46,3	45,8	29	44,7	48,2	32,4
1600	43,8	45,3	28,1	41,5	42,2	21,7	39,5	43,8	24,7
2000	42,3	41,4	18,2	36,2	38,5	16,4	35,5	38,6	15,4
2500	38,5	35,8	12,6	31,8	33,9	14,1	30,9	33,1	11,7
3150	34,5	29,8	10,9	29,7	30,5	13,9	28,4	29,8	11,2
4000	32,4	24,5	11,2	30	29,9	13	28,7	29,8	11,3
5000	32,7	21,1	12,1	31,6	31,5	12,3	30,2	31,1	12,1

Misure in orizzontale

2F-2E	3F-3E
L' n [dB]	L' n [dB]
54,8	51,3
54,6	56,6
59,1	56,9
54,4	53,6
51,8	52,9
50	53
48,1	52,2
44,3	49,3
39,9	45,4
35	38,7
32,8	34,5
30,6	31,2
27,9	28
24,9	18,4
23,3	12,4
22,6	9,8
19,7	9,4
18,4	10,4

L' nw	58	57	50	56	56	49	57	57	51
C ₁	1	0	0	0	1	1	1	-1	1

47	48
1	0

data	17/12/2009	17/12/2009	17/12/2009	15/12/2009	15/12/2009	15/12/2009	09/12/2009	09/12/2009	09/12/2009
T [°C]	6	6	6	8	8	8	10	10	10
U [%]	45	45	45	46	46	46	67	67	67

17/12/2009	17/12/2009
6	6
45	45

Nota: in grigio le misure eseguite dal basso verso l'alto, per caratterizzare gli ambienti riceventi al terzi piano

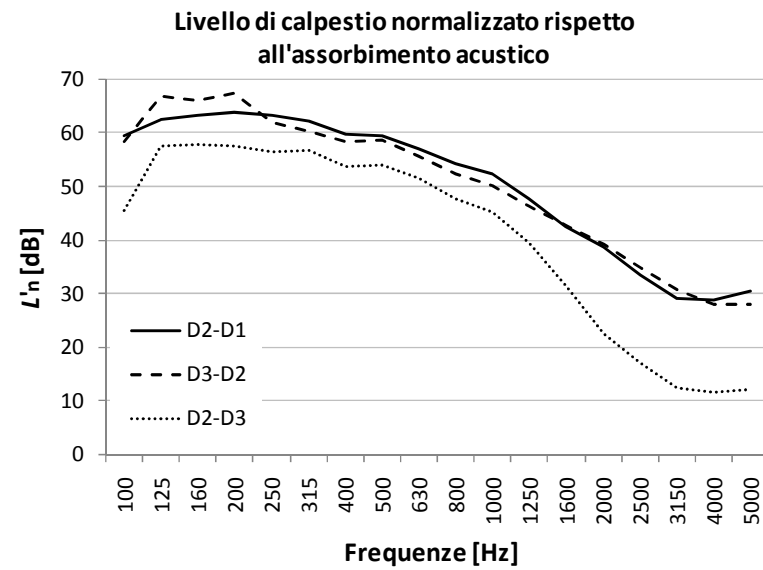
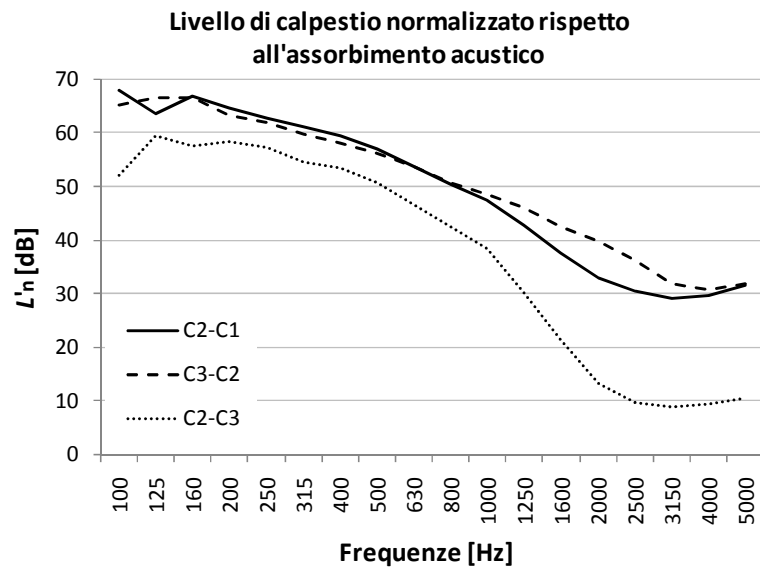
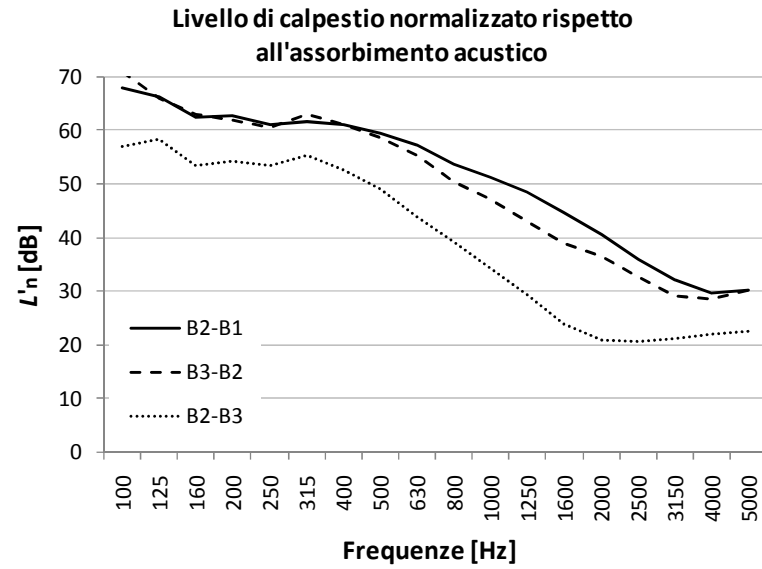
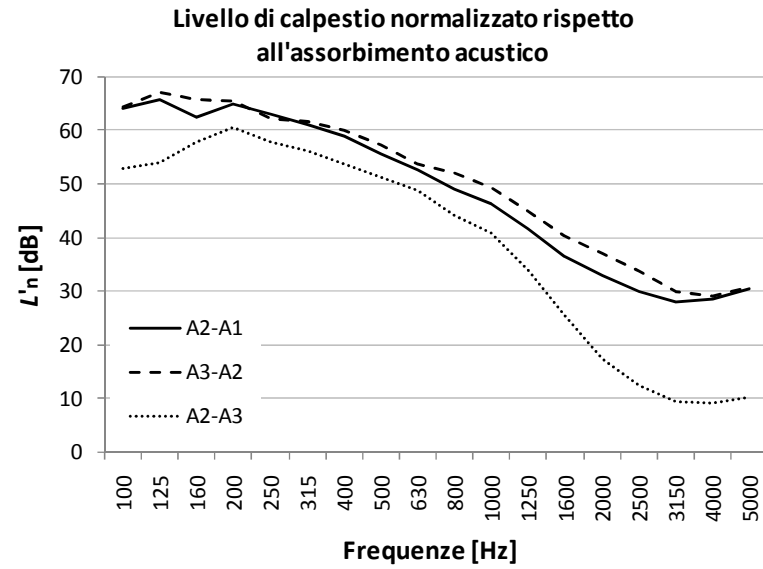


Figura 123 - Livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per gli ambienti A, B, C, D della palazzina E1

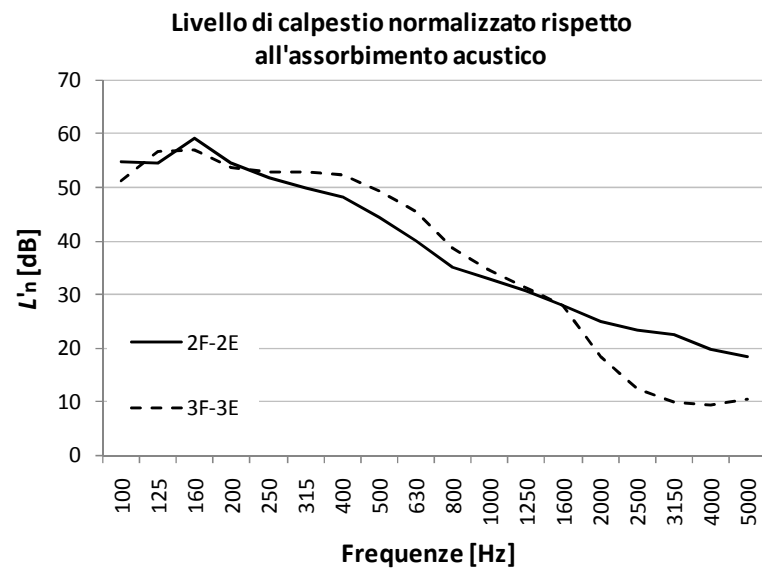
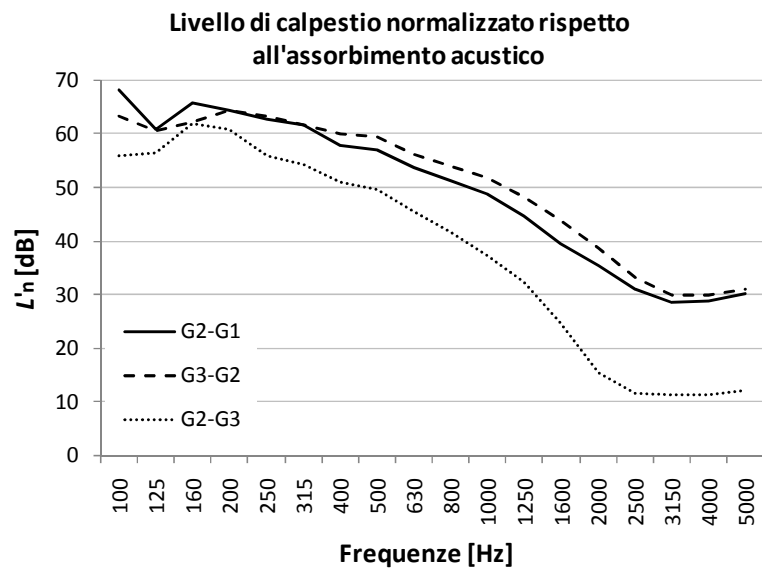
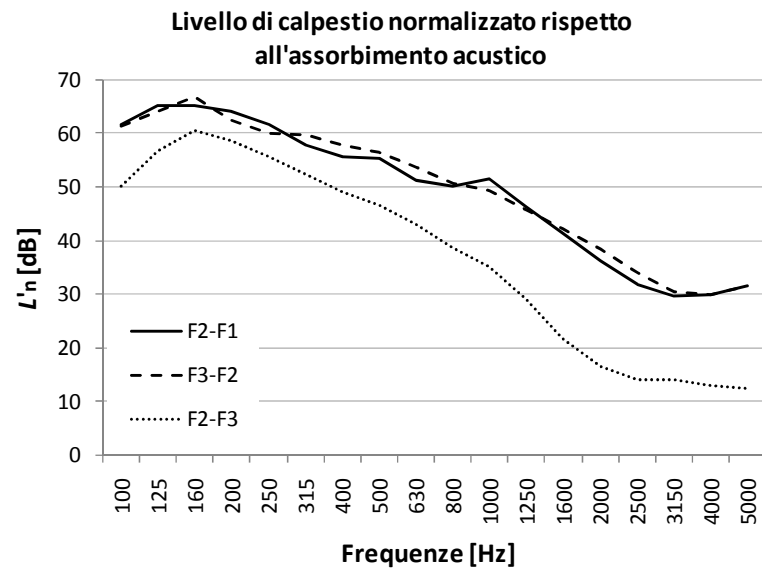
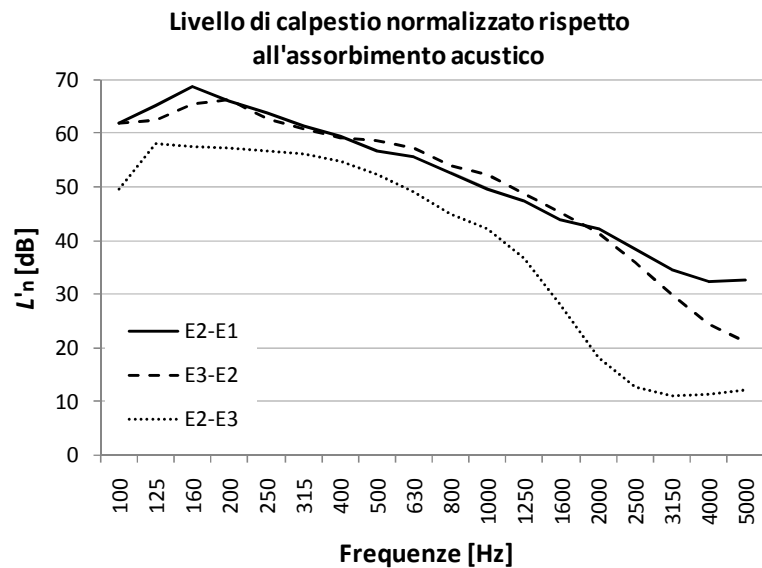


Figura 124- Livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per gli ambienti E, F, G della palazzina E1 (e misure di calpestio in orizzontale tra gli ambienti E ed F)

Tabella 105 - Valori in frequenza e come indice unico di valutazione dell'isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti A e B della palazzina E1

	A1			A2			A3	B1	B2	B3
	finestra	muro	media en	finestra	muro	media en				
f [Hz]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	32,8	39,8	35	35,6	36,5	36	-	27,3	39,4	-
125	29,3	33,5	30,9	35,5	40,4	37,3	-	25,6	33,5	-
160	32,7	36,4	34,2	30,4	37,9	32,7	-	32,1	28,7	-
200	32,5	39,5	34,7	31,6	32	31,8	-	30,8	27,9	-
250	32,2	43,4	34,9	33,5	36,6	34,8	-	28,3	30,3	-
315	35,4	42,4	37,6	34	40,6	36,2	-	33,8	34	-
400	36,4	43,3	38,6	36,1	43	38,3	-	36,4	34,7	-
500	35	41,9	37,2	38,8	48,3	41,3	-	37,3	38,2	-
630	38,8	49,6	41,5	42,7	51	45,1	-	40,4	39,5	-
800	39,3	48,9	41,9	45,6	51	47,5	-	36,9	41,5	-
1000	43	50	45,2	41,8	48,3	43,9	-	41,4	43,3	-
1250	43	49,7	45,2	42	47,2	43,9	-	43,8	42,9	-
1600	46	50,5	47,7	40,6	48,8	43	-	44,1	43,8	-
2000	44,6	50,4	46,6	42,2	52,6	44,8	-	43,5	44,4	-
2500	44,9	53,5	47,3	51,6	56,9	53,5	-	45,8	50,9	-
3150	47,4	61	50,2	51,9	60,3	54,3	-	46,3	48,8	-
4000	47,4	65,7	50,3	50,9	64,4	53,7	-	47,1	46,1	-
5000	47	67	50	45,8	64,6	48,8	-	48,9	46,9	-
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	41	49	44	42	48	44	-	41	41	-
C [dB]	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-2	-1	-
C_{tr} [dB]	-3	-4	-3	-3	-4	-3	-	-4	-4	-

data	19/01/2010	19/01/2010
T [°C]	5	5
U [%]	66	66

	26/01/2010	26/01/2010
	4	4
	65	65

	19/01/2010	26/01/2010
	5	4
	66	65

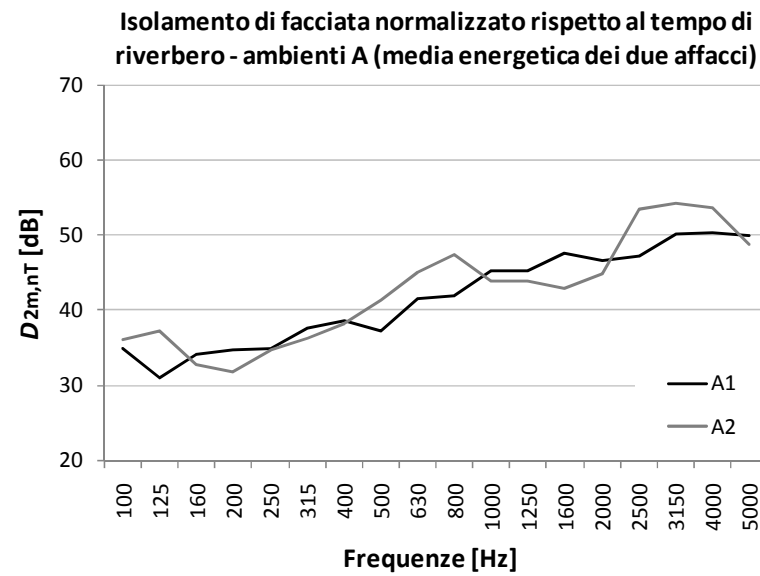
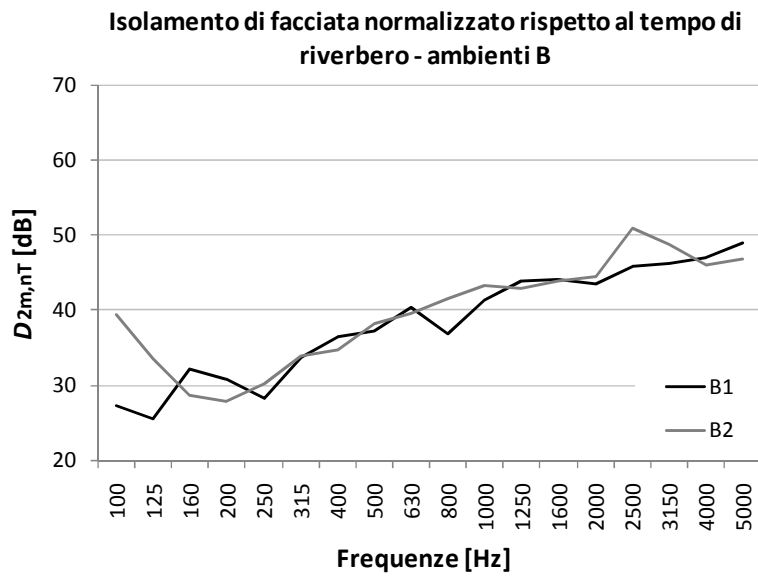
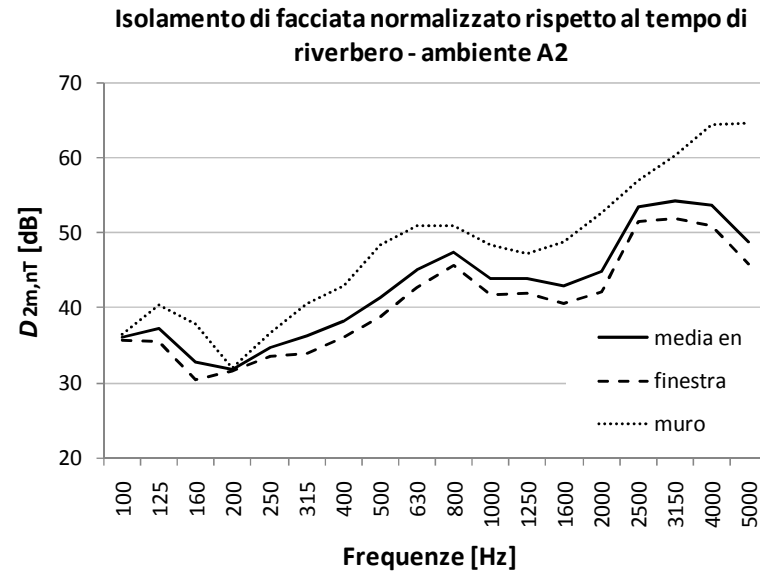
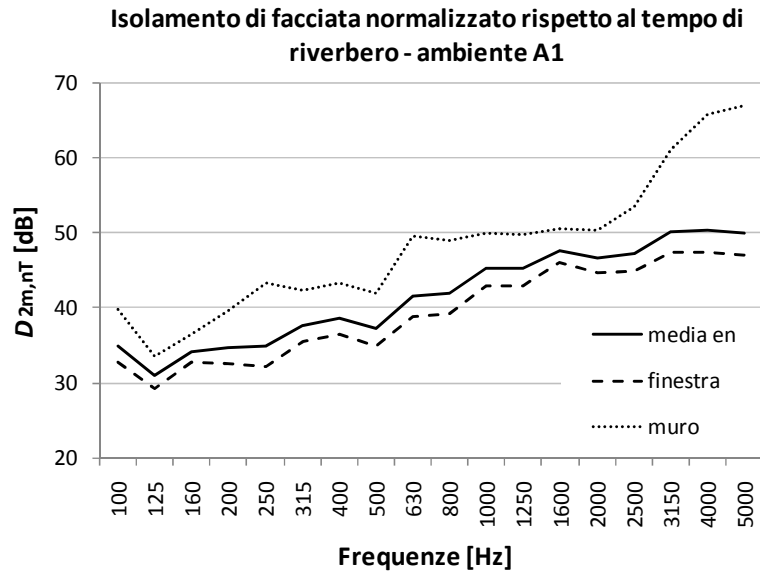


Figura 125 – Isolamento di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero per gli ambienti A1 e A2 e gli ambienti B1 e B2 della palazzina E1

Tabella 106- Valori in frequenza e come indice unico di valutazione dell'isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato nell'ambiente C1 della palazzina E1. Le misure sono state eseguite con le tapparelle sia alzate che abbassate.

C1				C1			
tapparelle alzate				tapparelle abbassate			
	finestra	muro	media en	finestra	muro	media en	
f [Hz]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	
100	32,6	42	35,1	32,1	42,9	34,8	
125	32,9	42	35,4	28,4	38,6	31	
160	29,6	39	32,1	26,8	34,6	29,1	
200	29,2	34	31	26,2	32,5	28,3	
250	34,5	34,5	34,5	31	34,7	32,5	
315	34,9	37,3	35,9	34,1	37,8	35,6	
400	38,5	39,6	39	38,5	39,5	39	
500	39,5	43,4	41	39,7	42,4	40,8	
630	43,6	42,5	43	42,7	42,5	42,6	
800	44,7	43,9	44,3	44,4	44	44,2	
1000	44,7	47	45,7	45,9	47,1	46,5	
1250	44,2	52,8	46,6	45,6	52,4	47,8	
1600	42,8	51	45,2	45,3	52,4	47,5	
2000	43,7	55,8	46,5	46	56,1	48,6	
2500	45,8	62,8	48,7	48,7	63,7	51,6	
3150	45,1	63,1	48	45,2	63,2	48,1	
4000	47,8	62,7	50,7	49,4	63,8	52,3	
5000	48,6	65,3	51,5	53,5	62,5	56	
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	42	46	44	42	46	44	
C [dB]	-1	-1	-1	-1	-1	-2	
C_{tr} [dB]	-3	-3	-4	-5	-4	-5	
data	15/01/2010	15/01/2010		15/01/2010	15/01/2010		
T [°C]	6	6		6	6		
U [%]	70	70		70	70		

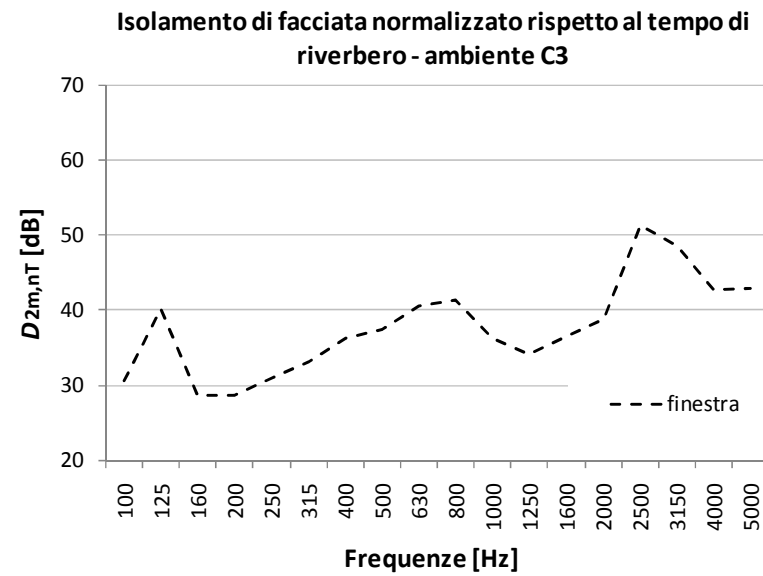
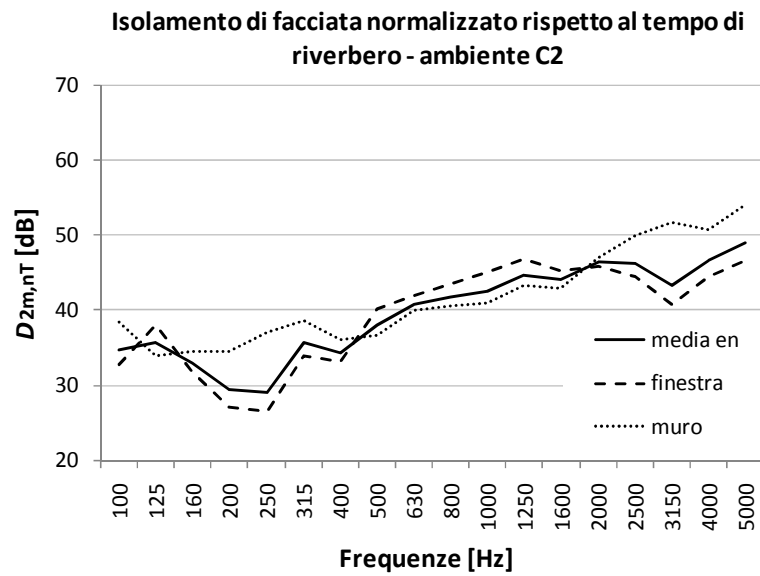
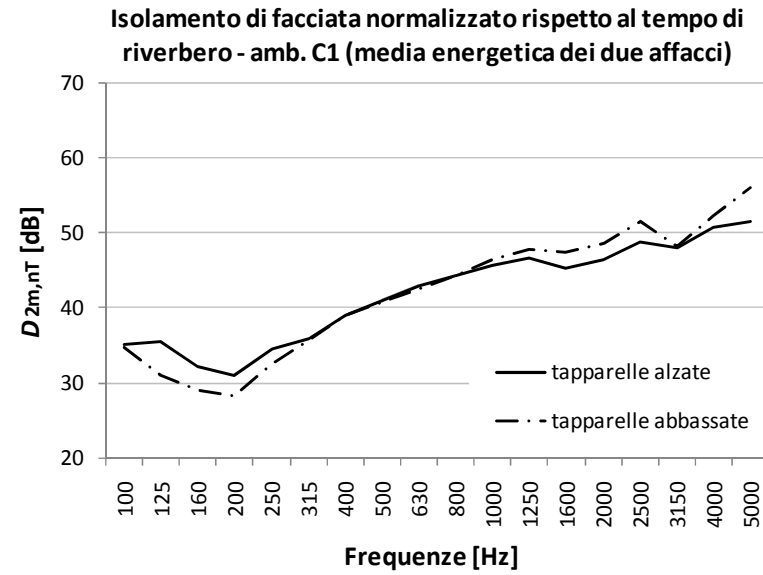
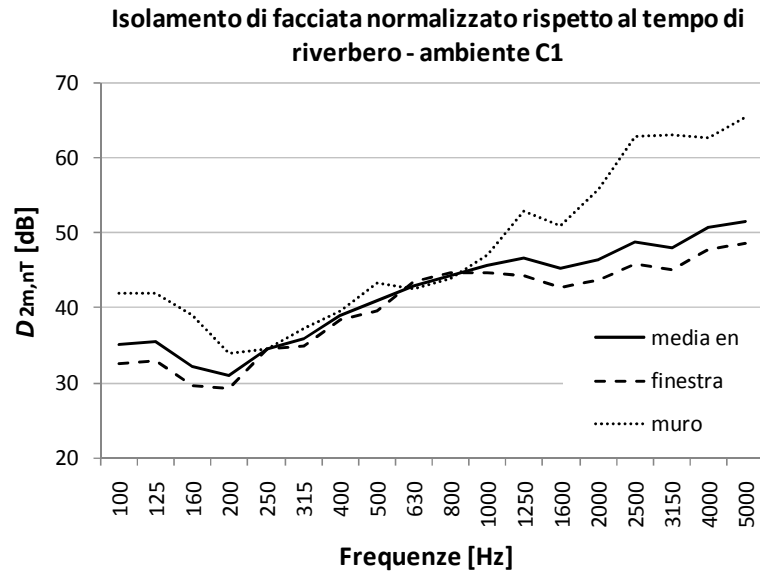


Figura 126– Isolamento di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero per gli ambienti C della palazzina E1 (nell'ambiente C1 misure eseguite anche con le tapparelle abbassate)

Tabella 107 - Valori in frequenza e come indice unico di valutazione dell'isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti C2, C3, D1 e D2 della palazzina E1

	C2			C3			D1			D2		
	finestra	muro	media en	finestra	muro	media en	finestra	muro	media en	finestra	muro	media en
<i>f</i> [Hz]	<i>D</i> _{2m,nT} [dB]	<i>D</i> _{2m,nT} [dB]	<i>D</i> _{2m,nT}	<i>D</i> _{2m,nT} [dB]	<i>D</i> _{2m,nT}	<i>D</i> _{2m,nT}	<i>D</i> _{2m,nT} [dB]	<i>D</i> _{2m,nT} [dB]	<i>D</i> _{2m,nT}	<i>D</i> _{2m,nT} [dB]	<i>D</i> _{2m,nT} [dB]	<i>D</i> _{2m,nT}
100	32,8	38,4	34,8	30,6	-	-	31,9	37,8	33,9	35,4	37,5	36,3
125	38	34	35,6	40,2	-	-	26,4	31,6	28,3	22,8	36,7	25,6
160	31,8	34,5	32,9	28,6	-	-	22,4	32,1	25	27,8	34,5	30
200	27,1	34,5	29,4	28,7	-	-	27,5	36,2	30	33,1	36,3	34,4
250	26,5	37	29,1	30,9	-	-	27,5	41,3	30,3	33,1	39,8	35,3
315	34	38,7	35,7	33,2	-	-	26,7	40,6	29,5	36,1	41,5	38
400	33,1	36	34,3	36,2	-	-	33,5	42,8	36	37,4	43,4	39,4
500	40,2	36,7	38,1	37,5	-	-	33,3	42,1	35,8	38,7	47,3	41,1
630	42	39,9	40,8	40,6	-	-	35,8	47,7	38,5	38,5	49,4	41,2
800	43,5	40,5	41,7	41,4	-	-	35,8	46,3	38,4	38,6	49,6	41,3
1000	45	40,9	42,5	36,3	-	-	37,8	47,1	40,3	37,1	47,6	39,7
1250	46,8	43,3	44,7	34,1	-	-	40,1	48,2	42,5	32,1	47,2	35
1600	45,3	43	44	36,4	-	-	38,9	47,5	41,3	35,2	49	38
2000	45,9	47,1	46,5	38,9	-	-	41,7	49,4	44	38,8	54,8	41,7
2500	44,4	49,9	46,3	51,4	-	-	39,8	53,3	42,6	46,4	59,2	49,2
3150	40,7	51,8	43,4	48,5	-	-	39,8	54,4	42,7	42,9	61,8	45,9
4000	44,5	50,8	46,6	42,8	-	-	41,3	59,3	44,2	35,6	63,7	38,6
5000	46,7	54	49	43	-	-	45,6	61,5	48,5	38,9	67,1	41,9

<i>D</i> _{2m,nT,W}	41	42	41	39	-	-	37	47	39	38	48	41
<i>C</i> [dB]	-1	0	-1	-2	-	-	-1	-1	-1	-2	0	-2
<i>C</i> _{tr} [dB]	-4	-2	-3	-3	-	-	-4	-4	-3	-3	-3	-3

data	15/01/2010	15/01/2010		15/01/2010	-	-	19/01/2010	19/01/2010		26/01/2010	26/01/2010	
<i>T</i> [°C]	6	6		6	-	-	5	5		4	4	
<i>U</i> [%]	70	70		70	-	-	66	66		65	65	

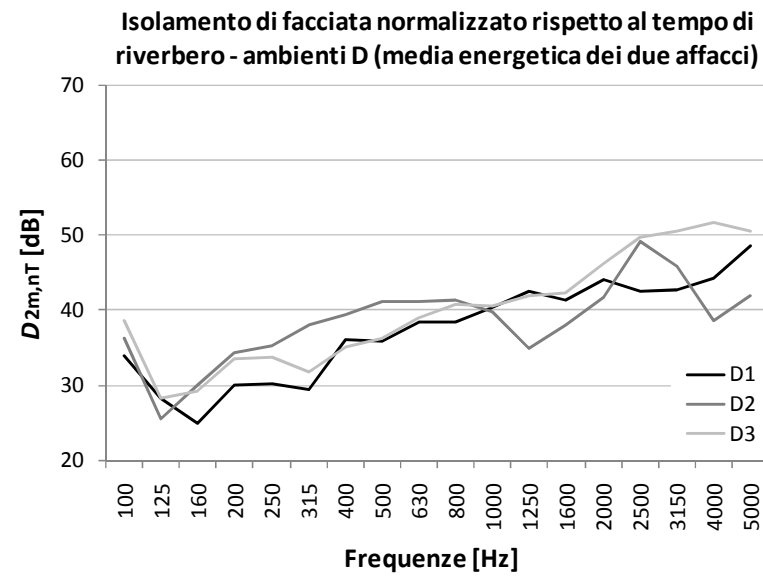
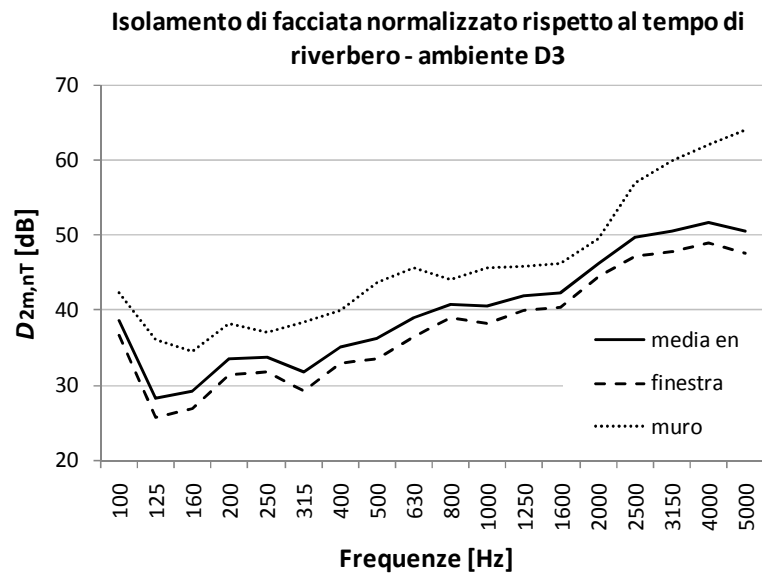
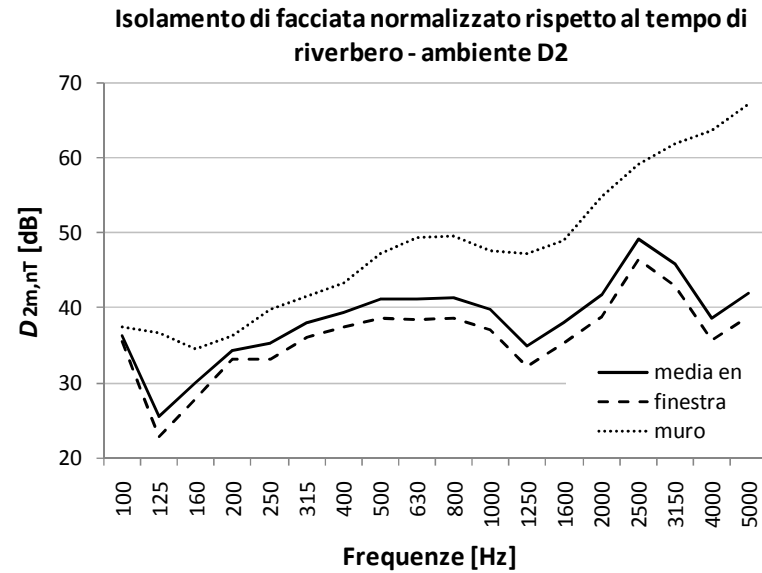
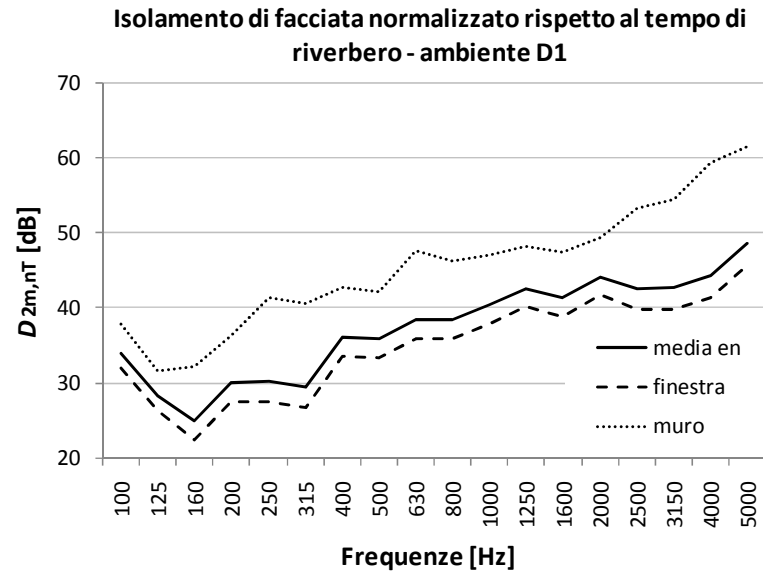


Figura 127– Isolamento di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero per gli ambienti D della palazzina E1

Tabella 108 - Valori in frequenza e come indice unico di valutazione dell'isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti D3, G1, G2, G3 della palazzina E1

	D3			G1			G2			G3		
	finestra	muro	media en	finestra	muro	media en	finestra	muro	media en	finestra	muro	media
f [Hz]	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$
100	36,6	42,4	38,6	26,7	34,1	29	30,8	-	-	27,8	31,7	29,3
125	25,7	36,1	28,3	29,5	38	31,9	38,2	-	-	26,4	37,9	29,1
160	26,9	34,6	29,2	30,8	38	33,1	31,3	-	-	28	30,2	29
200	31,4	38,2	33,6	27,5	40	30,3	32,5	-	-	31,5	33,2	32,3
250	31,8	37,1	33,7	30,4	40,4	33	28,2	-	-	30,8	35,9	32,6
315	29,2	38,4	31,7	35,6	42	37,7	35,4	-	-	32,6	39,6	34,8
400	32,9	39,9	35,1	35,9	38,2	36,9	34,4	-	-	34,5	40	36,4
500	33,6	43,7	36,2	37,1	45,9	39,6	36,9	-	-	36	40,8	37,8
630	36,5	45,7	39	37,7	48,5	40,4	40,8	-	-	36,5	42,9	38,6
800	39	44	40,8	36	51,1	38,9	40,3	-	-	37,2	43,1	39,2
1000	38,2	45,7	40,5	42,3	47,1	44,1	42,6	-	-	38,9	42,8	40,4
1250	39,9	45,9	41,9	41,9	49,2	44,2	46	-	-	39,7	46,8	41,9
1600	40,4	46,2	42,4	41,3	49,9	43,7	44,8	-	-	40,8	46,6	42,8
2000	44,5	49,6	46,3	42,3	51,1	44,8	45,7	-	-	41,6	48,6	43,8
2500	47,2	56,9	49,8	40,6	57,2	43,5	49	-	-	43,2	53,5	45,8
3150	47,8	59,9	50,6	39,3	58,9	42,3	41,5	-	-	48,7	56,7	51,1
4000	49	62	51,8	41,2	62	44,2	39,5	-	-	53,4	59,1	55,4
5000	47,6	64,1	50,5	44,8	63,7	47,8	46,7	-	-	53,3	60,6	55,6

$D_{2m,nT,W}$	39	46	41	39	48	42	41	-	-	39	44	41
C [dB]	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-	-1	0	-1
C_{tr} [dB]	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-	-	-3	-3	-3

data	28/01/201	28/01/201		19/01/201	19/01/201		15/01/201	-	-	15/01/20	15/01/20
T [°C]	4	4		5	5		6	-	-	6	6
U [%]	65	65		66	66		70	-	-	70	70

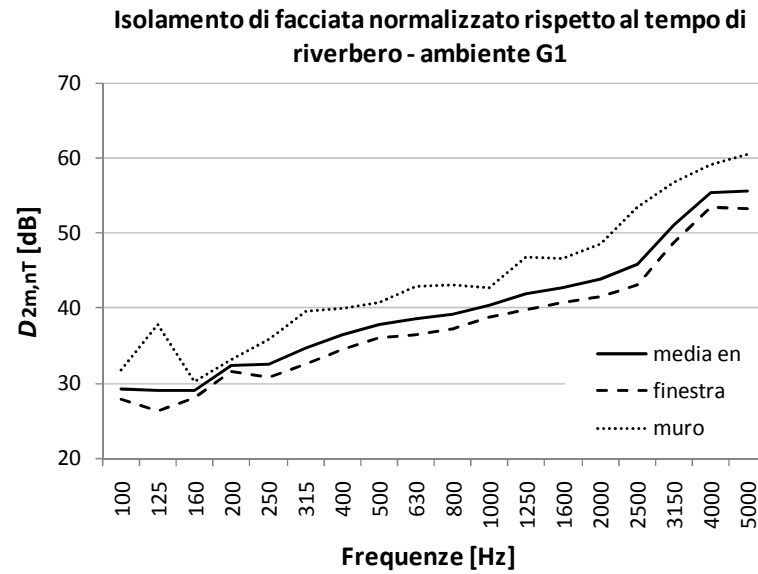
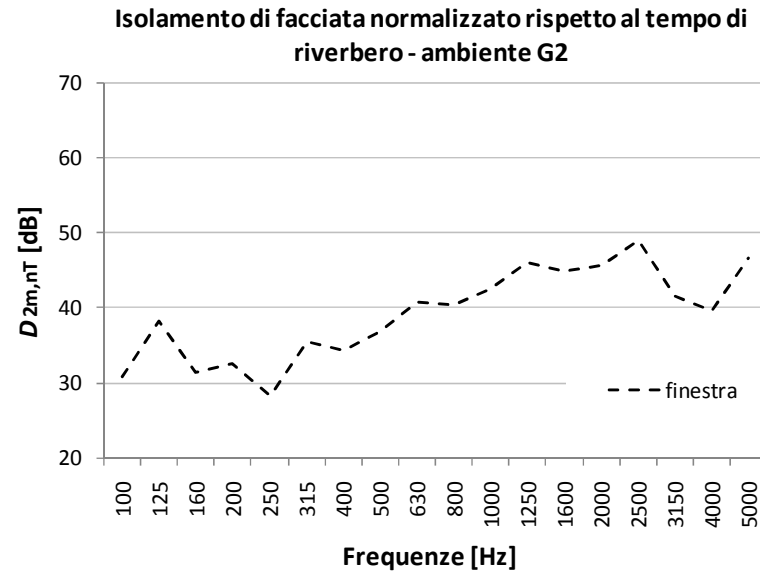
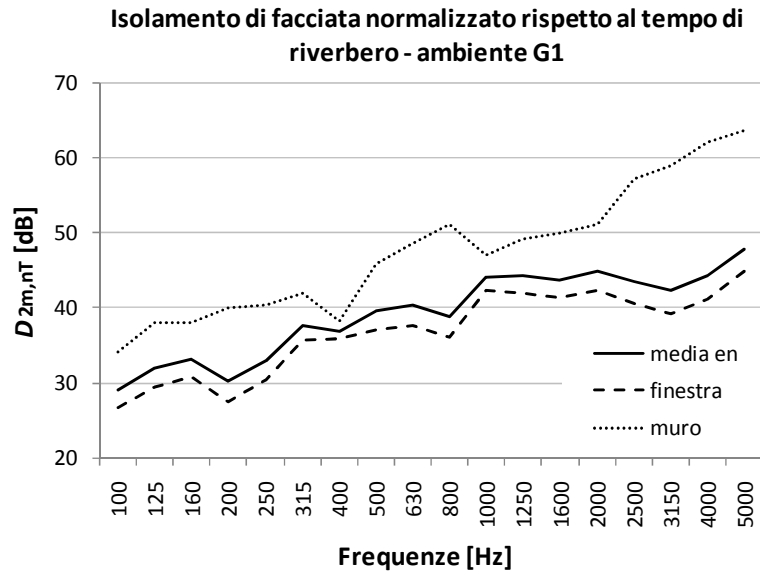


Figura 128 - Isolamento di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero per gli ambienti G della palazzina E1

Tabella 109 - Valori in frequenza e come indice unico di valutazione dell'isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti F1, F2, F3, E2, E3 della palazzina E1

	F1		F2		F3		E1	E2		E3	
	fori chiusi	fori aperti	fori chiusi	fori aperti	fori chiusi	fori aperti		fori chiusi	fori aperti	fori chiusi	fori aperti
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	37,1	35,1	36,1	35,6	35,3	35,6	-	36,6	35,4	34,9	33,9
125	35,9	34,8	31,4	30,8	27,7	27,6	-	30	28,4	30,1	30,2
160	36,5	36	31,5	30,8	26,9	26,6	-	29,6	28,6	30,3	29,9
200	31,7	31,6	31,2	28,7	23,4	23,3	-	28,9	27,2	25,1	24
250	31,1	31,7	32,2	29,6	27,4	25,6	-	32,5	28,7	28,4	26,8
315	33,3	32,1	31	27,4	31	26,3	-	30,1	27,2	29,5	25,4
400	37,3	35,8	31,7	29,2	30,6	27,4	-	33,6	31,8	33,3	27
500	39,8	37,1	34,2	31	35,3	27,1	-	36,7	32,6	36	29,3
630	38,6	33	38,7	30,2	39,9	31,1	-	37	30,1	39,1	31,2
800	40,8	37,3	41,9	31,9	38,3	32,6	-	36,9	29,8	35,7	30,6
1000	42,4	39,2	40,7	30,7	40	30,9	-	38,8	31	37,1	28,7
1250	41,9	38,7	37,7	27,4	41,9	30,7	-	38,1	29,3	34,3	29,7
1600	43,2	41,3	39,9	28,4	42,2	31,2	-	37,8	30,6	39,1	31,5
2000	43,3	40,7	41,5	31,8	42,9	31,9	-	39,7	32,4	42,2	35
2500	44,9	42,9	48	33	49,9	33,2	-	46	35,3	47	35
3150	44,8	43,7	47,4	35,8	49,5	38,3	-	48,5	43,7	47,5	40,3
4000	45,7	43,3	45,5	36,8	49,6	42	-	49,6	43,5	47,1	41,2
5000	45	41,7	46,1	35,3	51,2	38,9	-	47,4	37,8	47,6	37,4

$D_{2m,nT,W}$ [dB]	41	39	39	31	38	31	-	38	32	37	31
C [dB]	0	-1	-1	-1	-1	0	-	0	-1	0	0
C_{tr} [dB]	-2	-2	-2	-1	-4	-1	-	-2	-2	-3	-1

data	26/01/2010	26/01/2010	26/01/2010	26/01/2010	28/01/2010	28/01/2010	-	26/01/2010	26/01/2010	28/01/2010	28/01/2010
T [°C]	4	4	4	4	4	4	-	4	4	4	4
U [%]	65	65	65	65	65	65	-	65	65	65	65

Nota: negli ambienti E e F (soggiorni-cucina) è presente un foro di aerazione; la misura di isolamento di facciata è stata eseguita sia con il foro nelle normali condizioni che chiudendolo con del materiale fonoassorbente.

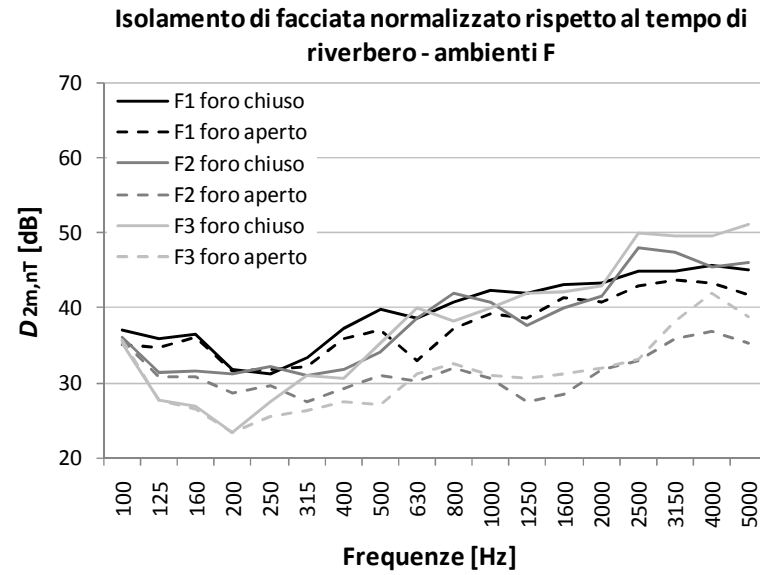
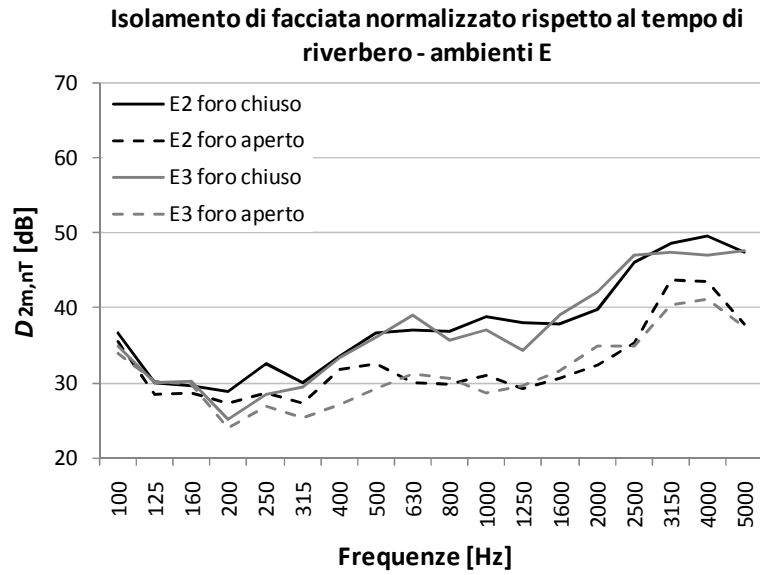


Figura 129 - Isolamento di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero per gli ambienti E ed F della palazzina E1 (misure eseguite con il foro di aerazione sia aperto che chiuso)

A.2 Misure eseguite sulla palazzina D (civico 176)

Tabella 110— Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del potere fonoisolante apparente dei solai (ambienti A, B della palazzina E)

	A1-A2	A2-A1	A2-A3	A3-A2	B1-B2	B2-B1	B2-B3	B3-B2
f [Hz]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]
100	30,5	32,4	40,5	32,9	31,5	33,4	39,4	33,9
125	38,7	36,1	32,8	32,5	31,1	33,9	28	30,5
160	38,3	32,8	35,8	35,9	33,9	37,3	32,3	37,9
200	34,7	38,6	37,0	33,7	40,5	42,6	40	42,1
250	41,2	41,0	42,6	42,5	42,4	41	42,3	44,8
315	41,7	43,6	44,6	43,2	45	44	44,3	46,8
400	44,8	45,5	46,3	45,9	46,7	46,3	46,8	47,7
500	47,2	48,9	49,0	49,8	49,4	49,1	48,4	49,9
630	50,2	50,1	51,5	49,8	52,4	52,2	51,8	51,9
800	51,4	52,3	53,0	52,7	57,3	57,2	54,5	54,8
1000	55,5	54,8	55,2	55,8	59,8	59,9	57,4	57,7
1250	57,7	56,6	55,6	56,7	61,2	61,3	61,1	61,5
1600	57,7	57,8	56,0	57,0	61,9	62,6	60,5	60,5
2000	58,4	58,2	57,5	58,5	61,5	62,1	60,5	59,8
2500	61,0	60,9	59,6	59,8	65,8	66,7	64	63,8
3150	65,7	65,8	62,3	62,1	65,1	67,4	65,2	64,8
4000	69,0	68,5	66,1	67,3	63,4	67,7	63,4	66,2
5000	71,7	70,6	67,9	68,1	62,1	72,7	63,9	71,9

R'_w [dB]	51	51	52	51	52	53	51	53
C [dB]	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2
C_{tr} [dB]	-6	-6	-6	-6	-7	-6	-7	-6

data	16/02/201	16/02/201	18/12/201	18/12/201	18/12/201	18/12/201	18/12/201	18/12/201
T [°C]	5	5	4	4	4	4	4	4
U [%]	67	67	65	65	65	65	65	65

Tabella 111– Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del potere fonoisolante apparente dei solai (ambienti C, D della palazzina E)

	C1-C2	C2-C1	C2-C3	C3-C2	D1-D2	D2-D1	D2-D3	D3-D2
f [Hz]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]
100	30,1	35,2	31,9	33,2	29,9	38,5	36,6	35,1
125	35,4	32,6	35,3	36,5	31,2	32,3	34,7	33,8
160	39,2	37,7	36,7	37,6	33,4	35,5	33,5	33,9
200	38,2	40,5	40,1	39	37,4	40,2	39,2	40,2
250	43,4	42,5	45	44,1	43,4	42,0	44,1	43,7
315	44,6	45,3	47	46,9	44,2	45,4	45,7	45,4
400	46,6	46,2	47,6	48,2	45,3	47,5	46,9	46,6
500	49,2	48,1	50,1	50,7	48,9	49,6	49,9	50,0
630	52	53	52,9	53,8	53,1	52,4	52,5	51,6
800	55,3	55,7	56	56	54,5	53,0	53,2	53,0
1000	59,7	58,6	59,3	59,7	57,8	56,9	57,2	56,5
1250	61,9	62,5	61,5	62	57,4	58,6	57,7	56,1
1600	60,8	58,9	60,1	61	56,9	57,9	55,9	55,9
2000	62,5	60,6	60,2	60,5	59,3	59,1	58,6	57,5
2500	65	65	63,3	63,8	62,2	62,7	61,6	61,2
3150	68,9	67,4	65,7	66,8	64,4	63,9	62,6	62,9
4000	69,8	69,6	71	72,5	67,0	65,5	64,0	65,4
5000	68	73,6	73,1	75,2	72,9	72,3	65,4	67,7
R_w [dB]	53	53	54	54	51	53	53	52
C [dB]	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1
C_{tr} [dB]	-7	-6	-7	-6	-7	-6	-6	-6
data	23/02/2010	23/02/2010	25/02/2010	25/02/2010	23/02/2010	23/02/2010	25/02/2010	25/02/2010
T [°C]	6	6	8	8	6	6	8	8
U [%]	59	59	60	60	59	59	60	60

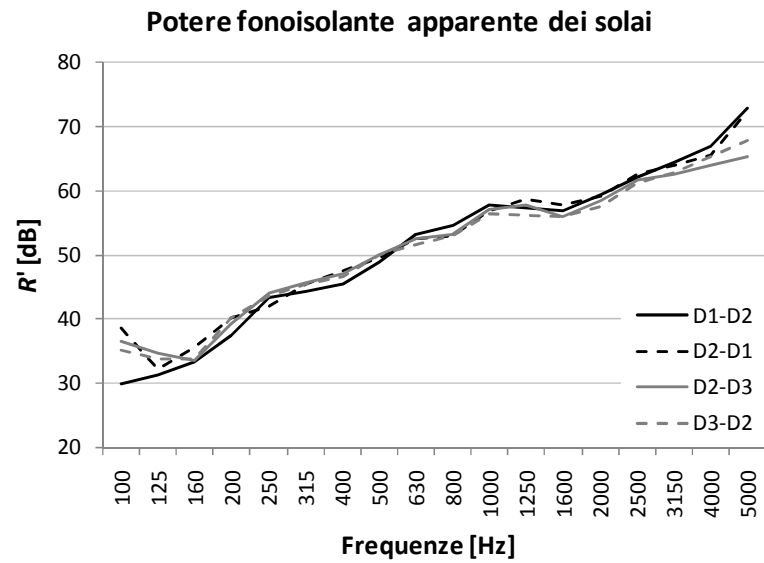
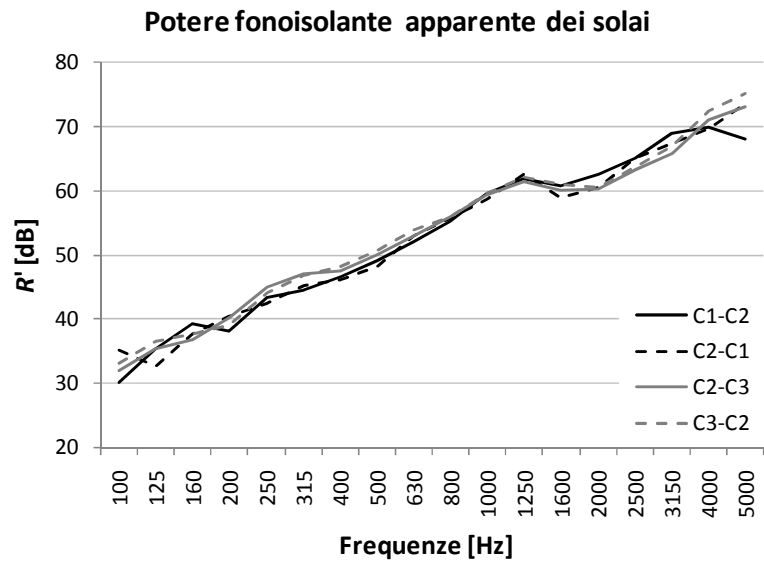
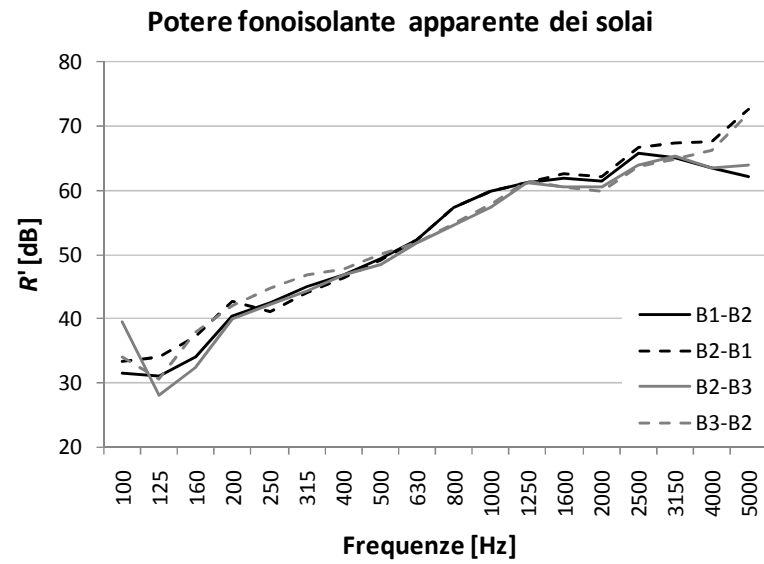
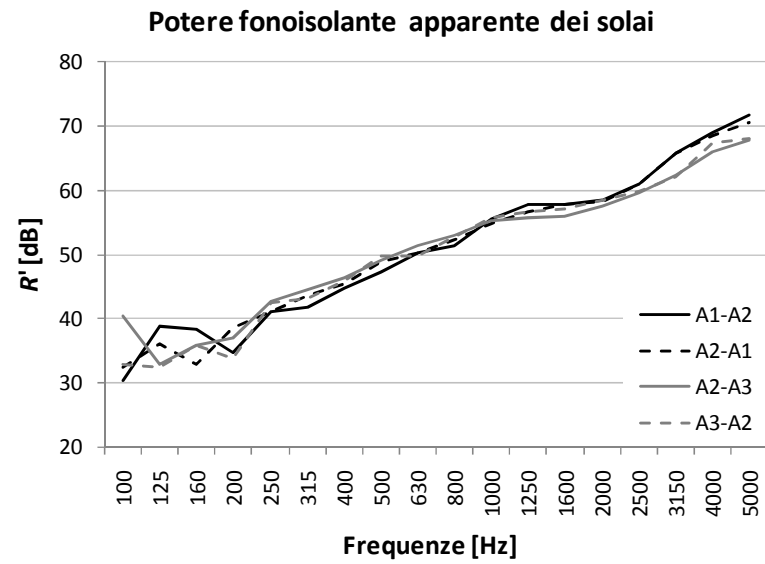


Figura 130– Misure di potere fonoisolante apparente dei solai negli ambienti A, B, C, D della palazzina E

Tabella 112– Valori in frequenza e come indice unico del livello di rumore di calpestio, normalizzato rispetto all'assorbimento acustico (valutato negli ambienti A, B, C, D della palazzina D)

	A2-A1	A3-A2	A2-A3	B2-B1	B3-B2	B2-B3	C2-C1	C3-C2	C2-C3	D2-D1	D3-D2	D2-D3
f [Hz]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]	L' n [dB]
100	63,9	65,9	49,2	67,7	68,6	56,7	69,2	69,0	57,2	69,2	65,6	51,7
125	68,4	70,2	54,9	70,8	72,8	62	70,6	68,6	57,9	71,7	69,5	57,6
160	71,2	70,1	59	70,3	69,9	62,5	69,4	69,4	58,7	69,8	70,5	57,2
200	68,8	70,4	59,5	68,8	67,4	56,7	69,5	70,1	58,2	68,2	71,2	56,6
250	67,9	69,0	63	70,4	66,2	57,4	67,8	63,6	56	67,3	68,1	56
315	65,4	68,1	59,6	67,1	64,8	59,3	68	63,1	58,2	64,3	64	56,4
400	64,6	64,4	58,3	63,7	63,4	58	63,9	61,3	56,5	63,5	63,2	56,8
500	62,1	61,6	58,1	62,0	62	57,7	62,1	61,3	57,6	61,1	60,3	54,8
630	61,8	61,3	57,4	60,1	59,2	56,5	59,9	58,2	56,2	57,8	58,4	52,4
800	58,5	57,2	54,2	55,7	54,4	51,9	56,2	54,3	52,4	56,1	55,7	50,5
1000	53,2	51,4	48,9	50,7	48,7	45,9	49,8	49,2	47,1	50,7	50,7	45
1250	47,1	45,2	41,7	43,7	41,3	38,9	43,6	42,0	38,9	43,2	42,8	36
1600	39	37,6	32,9	34,7	33,8	29,5	35,7	35,2	30,2	36,9	37,1	29,1
2000	34,4	33,5	29,4	29,5	28,2	24,8	30,5	29,8	25,2	33,6	34,2	22,5
2500	29,2	27,8	23,8	25,3	22,1	19,6	26,5	25,3	20,2	27,6	30,2	16,7
3150	22,9	22,4	18,5	20,7	16,4	14,8	21	18,4	15,9	21,9	24,6	13
4000	17	17,7	16,2	17,1	13	12,8	19,6	13,8	13,3	16,3	20,2	11,7
5000	14,4	16,6	16	15,6	12,7	12	16,2	12,5	11,9	13,5	16,9	12,4

L' n_w	62	62	54	62	62	54	62	61	53	62	62	51
C₁	0	1	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0

data	16/02/2010	16/02/2010	16/02/2010	18/02/2010	18/02/2010	18/02/2010	23/02/2010	25/02/2010	25/02/2010	23/02/2010	25/02/2010	25/02/2010
T [°C]	5	5	5	4	4	4	6	8	8	6	8	8
U [%]	67	67	67	65	65	65	59	60	60	59	60	60

Nota: in grigio le misure eseguite dal basso verso l'alto, per caratterizzare gli ambienti riceventi al terzi piano

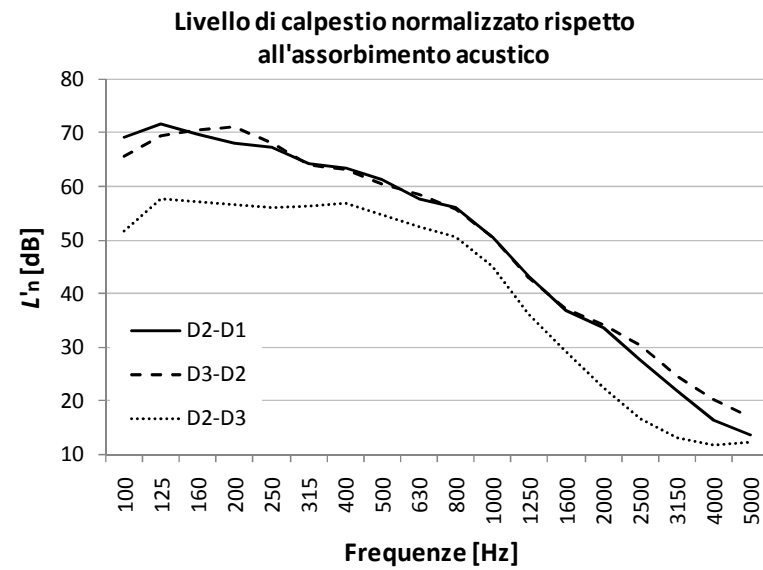
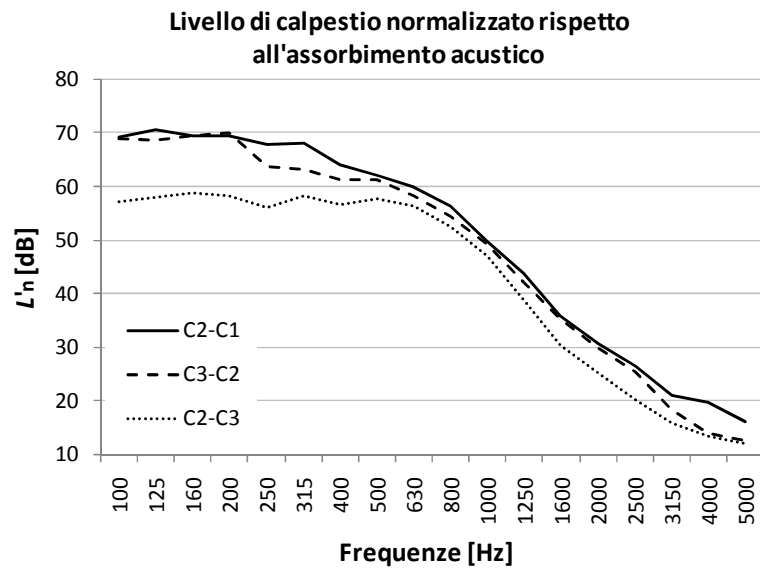
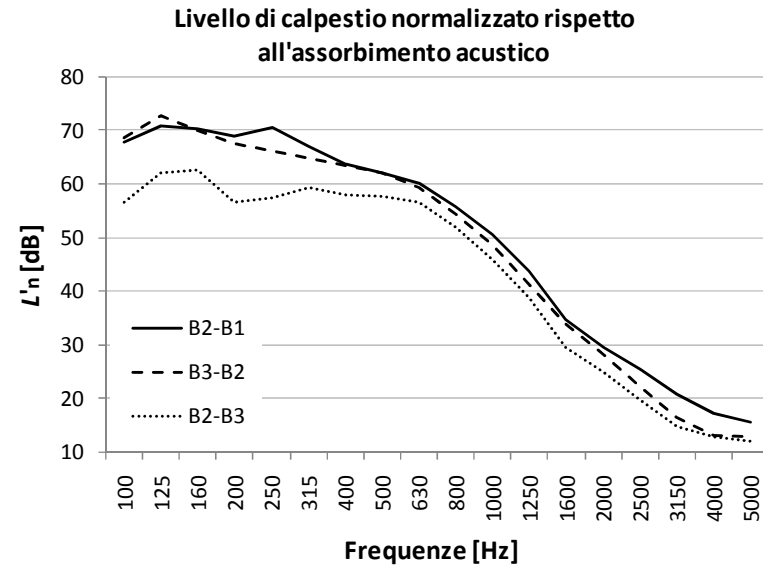
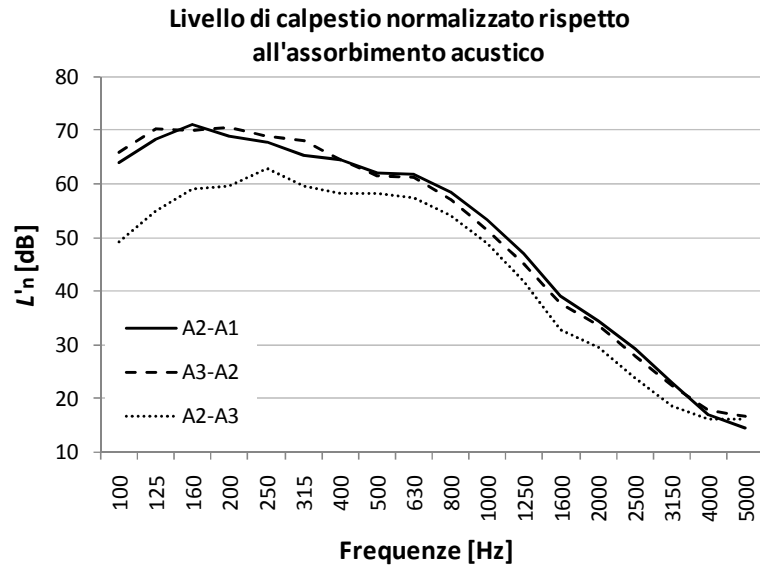


Figura 131 - Misure di calpestio tra ambienti sovrapposti negli ambienti A, B, C, D della palazzina E

Tabella 113 - Valori in frequenza e come indice unico di valutazione dell'isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti A della palazzina D

	A1			A2			A3		
	finestra	muro	media en	finestra	muro	media en	finestra	muro	media en
f	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
100	27,4	33,4	29,4	28,7	-	-	22,3	-	-
125	28,9	37,7	31,4	27,2	-	-	27,7	-	-
160	27,3	36,4	29,8	28,9	-	-	22,8	-	-
200	26,1	26,8	26,4	30,4	-	-	30,4	-	-
250	27,9	31	29,2	27,9	-	-	31	-	-
315	31,4	31,5	31,4	31,8	-	-	34,1	-	-
400	37	36,9	36,9	37,5	-	-	32,6	-	-
500	38,7	40,5	39,5	39	-	-	33,4	-	-
630	42,1	45,5	43,5	41,7	-	-	40,2	-	-
800	39,1	46	41,3	40,5	-	-	38,3	-	-
1000	40,6	45,6	42,4	41,7	-	-	37,1	-	-
1250	42	49,1	44,2	44,4	-	-	41,1	-	-
1600	40,6	52	43,3	43,2	-	-	44,4	-	-
2000	44,6	52,7	47	46,4	-	-	42,7	-	-
2500	44,9	53	47,3	49,9	-	-	42,5	-	-
3150	40,7	55,3	43,6	51,4	-	-	44,8	-	-
4000	41,1	59,2	44	47,9	-	-	44,3	-	-
5000	44,5	61,3	47,4	47,3	-	-	44	-	-

D_{2m,nT,W} [dB]	40	43	41	41	-	-	39	-	-
C [dB]	-2	-1	-1	-1	-	-	-1	-	-
C_{tr} [dB]	-4	-5	-4	-4	-	-	-5	-	-

data	29/04/2010	29/04/2010
T [°C]	20	20
U [%]	55	55

29/04/2010
20
55

29/04/2010
20
55

Tabella 114- Valori in frequenza e come indice unico di valutazione dell'isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti B e C della palazzina D

	B1	B2	B3	C1	C2	C3
f	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$	$D_{2m,nT}$
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
100	33,6	-	-	28,5	-	-
125	24	-	-	26,9	-	-
160	25,4	-	-	27,1	-	-
200	30,5	-	-	30,8	-	-
250	32	-	-	29,6	-	-
315	31,2	-	-	32,7	-	-
400	35,5	-	-	37,8	-	-
500	37,1	-	-	38,7	-	-
630	37,3	-	-	41,3	-	-
800	35,9	-	-	39,1	-	-
1000	34,5	-	-	39,4	-	-
1250	36	-	-	42,6	-	-
1600	37,6	-	-	40,6	-	-
2000	38,4	-	-	42,2	-	-
2500	38,8	-	-	43,3	-	-
3150	45	-	-	46,3	-	-
4000	45,6	-	-	43,6	-	-
5000	43,7	-	-	42,2	-	-

$D_{2m,nT,W}$ [dB]	37	-	-	40	-	-
C [dB]	-1	-	-	-1	-	-
C_{tr} [dB]	-3	-	-	-3	-	-

data	29/04/2010
T [°C]	20
U [%]	55

data	29/04/2010
T [°C]	20
U [%]	55

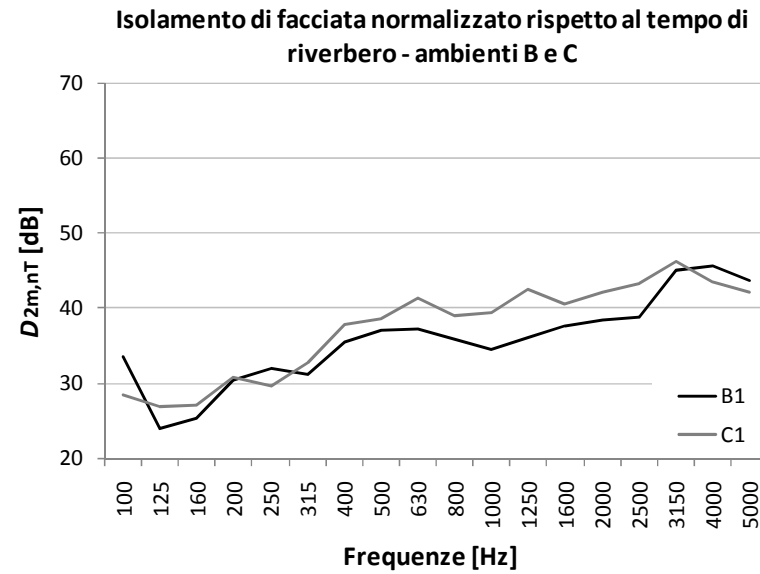
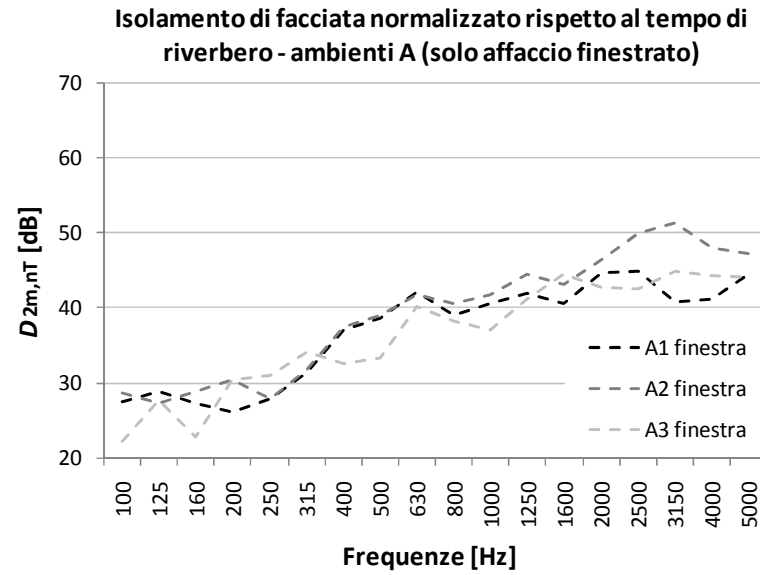
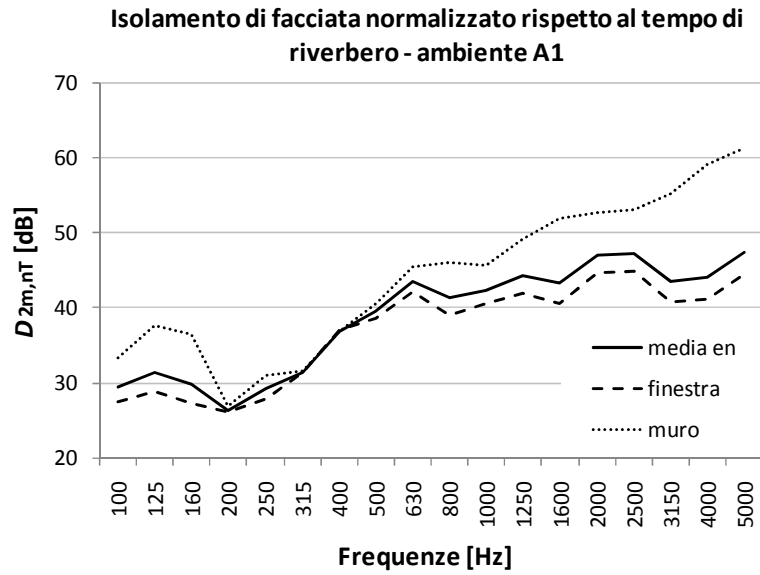


Figura 132 - Misure di 'isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti A, B, C della palazzina D

Tabella 115- Valori in frequenza e come indice unico di valutazione dell'isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti D

	D1			D2			D3		
	muro	finestra	media en	muro	finestra	media en	finestra	muro	media en
f	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}	D_{2m,nT}
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
100	36,9	23,9	26,7	36,5	27,9	30,3	23,5	29,5	25,5
125	38,3	26,6	29,3	30,4	24,8	26,8	25,4	29,1	26,9
160	27,9	25,6	26,6	30	21,5	23,9	24,1	24	24
200	32,3	28,6	30,1	34,7	28,3	30,4	32,7	35,8	34
250	27,6	26,3	26,9	32,4	30	31	30,6	33,5	31,8
315	33,9	29	30,8	38	31,2	33,4	32,5	36,2	34
400	38	31,3	33,5	39,5	36,9	38	34,5	37,7	35,8
500	42,3	35,1	37,4	43,5	39,5	41,1	34,7	39,8	36,5
630	46	38,2	40,5	46,6	41,9	43,6	37,9	44,5	40,1
800	45,2	38,6	40,8	48,6	40,3	42,7	40,5	45,8	42,4
1000	49,1	37,9	40,6	52	42,3	44,9	37,4	48,7	40,1
1250	50,8	37,5	40,3	50,7	41,5	44	43,1	47,9	44,9
1600	51,3	39,4	42,1	53,6	41,2	44	44,1	49,6	46
2000	55,6	39,4	42,3	60,5	45,9	48,8	42,6	56,1	45,4
2500	58	45,2	48	65,5	47,2	50,1	40,3	59,1	43,3
3150	61	42,4	45,4	68,2	48,6	51,6	43,1	56,4	45,9
4000	61,6	39,9	42,9	67,4	44	47	42	57	44,9
5000	64,3	42,7	45,7	67,3	42,9	45,9	46	63,9	48,9

D_{2m,nT,W} [dB]	44	37	40	47	40	42	39	44	41
C [dB]	-2	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-1
C_{tr} [dB]	-5	-3	-4	-6	-5	-5	-4	-6	-5

data	29/04/2010
T [°C]	20
U [%]	55

29/04/2010
20
55

29/04/2010
20
55

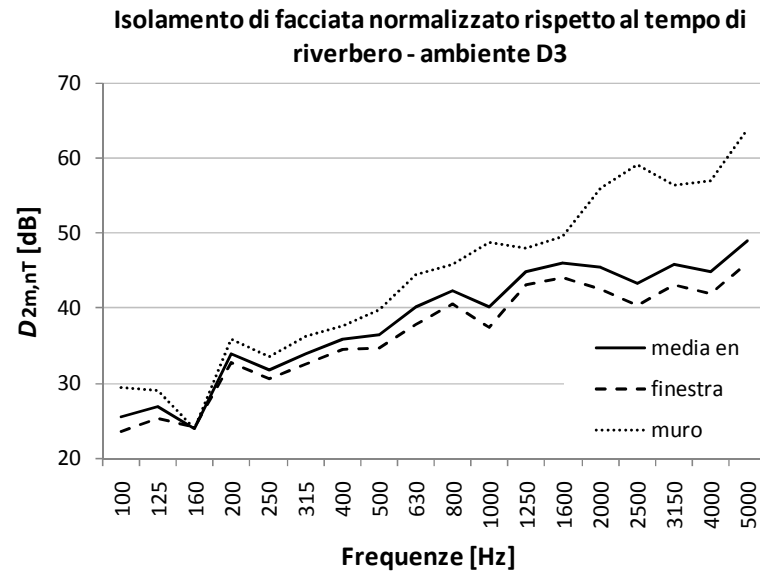
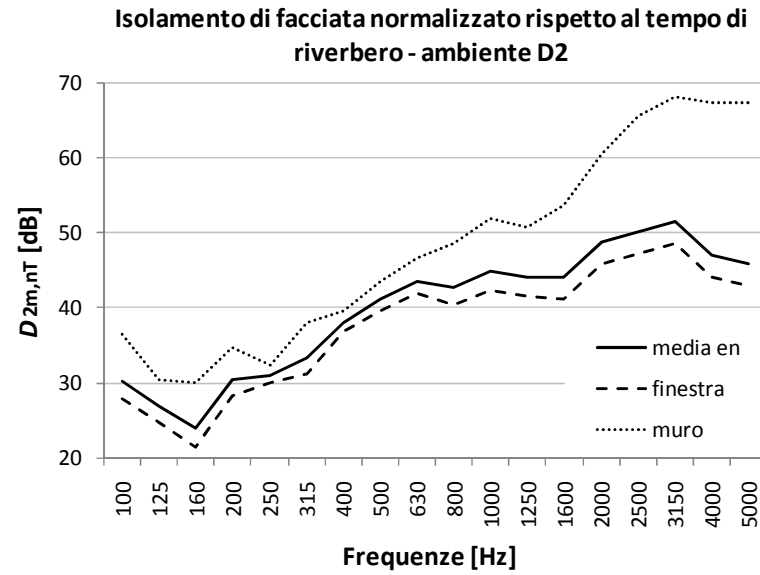
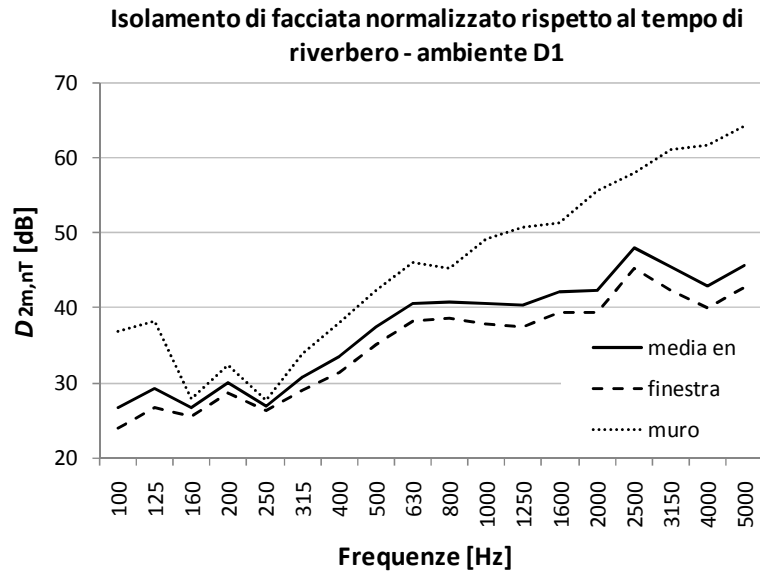


Figura 133 Misure di 'isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero, valutato negli ambienti D della palazzina D

A.3 Misure eseguite sulla palazzina E2 (civico 172)

Tabella 116– Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del potere fonoisolante apparente dei solai (ambienti A, B, C e D della palazzina E2)

	A1-A2	A2-A3	B1-B2	B2-B3	C1-C2	C2-C3	D1-D2	D2-D3
f [Hz]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]	R' [dB]
50	32,8	36,0	35,9	37,5	33,4	27,6	34,1	39,5
63	31,2	36,6	34,7	36,5	38,4	34,2	31,2	29,9
80	32,9	33,8	35,4	38,8	36,8	41,6	31,1	30,4
100	33,3	35,1	35,7	38,0	29,7	31,8	38,4	38,1
125	35,3	40,7	39,3	39,3	43,6	42	36,9	42,1
160	37,3	38,0	41,5	35,7	38,3	35,9	38,2	42,0
200	36,8	37,6	45,6	40,7	37	41,7	40,8	37,6
250	44,6	47,7	46,2	42,9	41,8	41	42,8	42,6
315	48,2	49,5	45,7	43,4	47,2	46,5	47,9	47,8
400	52,7	52,2	51,9	49,2	49,9	49,4	47,5	49,8
500	55,0	54,7	55	52,8	52,9	53,7	50,8	52,9
630	57,3	57,1	58,9	55,5	55,7	56,6	55,2	55,4
800	57,7	59,1	59,9	58,2	56,8	59,7	56,7	58,3
1000	58,2	59,7	61,6	60,1	58,7	61,3	57,0	59,5
1250	59,9	61,3	63,4	61,4	61,1	63,9	58,1	61,3
1600	61,5	63,8	66,1	64,7	63,1	66,7	60,3	62,3
2000	63,0	66,2	68,1	66,6	65	68,9	60,7	64,2
2500	64,7	68,1	71,2	70,5	67	71	62,5	65,8
3150	66,5	70,5	73,1	73,6	69,1	72,7	64,8	67,3
4000	69,8	72,5	74,7	74,7	72,8	74,2	69,7	71,3
5000	72,3	71,5	74,2	74,0	75,4	74,6	72,3	73,8
R_w	55	57	57	55	54	55	54	56
C	-3	-3	-1	-2	-2	-1	-1	-2
C_{tr}	-8	-8	-6	-7	-8	-7	-5	-7
data	20/07/2010	20/07/2010	20/07/2010	20/07/2010	22/07/2010	22/07/2010	16/07/2010	16/07/2010
T [°C]	-	-	-	-	32	32	34	34
U [%]	-	-	-	-	48	48	52	52

Tabella 117– Valori in frequenza e come indice unico di valutazione del potere fonoisolante apparente dei solai (ambienti E, F e G) e delle pareti di separazione tra gli ambienti E ed F per la palazzina E2

	E1-E2	E2-E3	F1-F2	F2-F3	G1-G2	G2-G3
<i>f</i> [Hz]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]
50			35	30,7	37	41,4
63			27,2	24,3	40,2	36,1
80			29,3	28,4	39,3	40,2
100	39,0	26,5	40,1	38,2	33	36,2
125	42,0	34,6	41,3	40	45,7	38,8
160	39,3	34,1	40,9	43,6	40,4	39,5
200	41,1	41,2	36,6	40,9	37,6	43
250	42,1	43,8	42,7	43,5	40,9	42,4
315	46,2	46,4	46,9	46	46,7	49
400	48,8	48,9	51,2	49,6	49,9	51
500	53,5	53,0	53,4	53	52,2	53,3
630	56,6	55,6	56,2	55,1	55,2	54,9
800	59,0	57,7	58,5	58,2	57,5	57,2
1000	60,7	58,6	59,8	59,3	58,2	58,7
1250	61,7	61,4	61,9	61,5	60,4	60,6
1600	63,1	63,9	63,8	64,6	62,4	63
2000	65,3	66,4	66,6	66,8	64,4	64,6
2500	68,4	70,6	69,8	69,5	67,4	68,2
3150	70,7	72,2	70,8	70,9	69,8	70,6
4000	72,5	74,5	75,6	75,1	71,4	72,5
5000	77,5	77,0	78,2	77,1	73,3	74

<i>R</i> _w	56	53	56	56	55	56
C	-2	-2	-3	-2	-2	-2
C _{tr}	-6	-9	-7	-6	-7	-6

F1-E1	F2-E2	E3-F3
<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]
		27,5
		32,4
		38,8
36,2	36,3	42,7
41,7	38,6	44
37,1	37,7	42,1
40,3	37,9	42,6
42,8	43,6	41,6
44,0	44,9	42,3
46,8	48,5	47,8
49,0	49,5	50,5
52,4	53,6	53,9
55,2	56,7	58
57,8	58,9	59,4
60,7	59,0	62,1
62,9	60,9	64,2
66,4	61,7	66,8
68,7	63,9	68,6
72,0	66,3	72,9
74,0	65,9	74,5
76,8	70,4	77,8

53	54	55
-1	-2	-2
-5	-6	-5

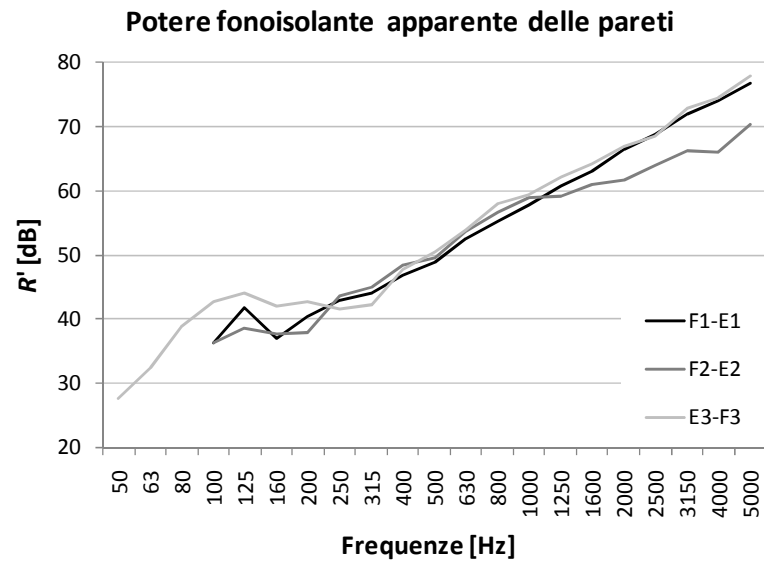
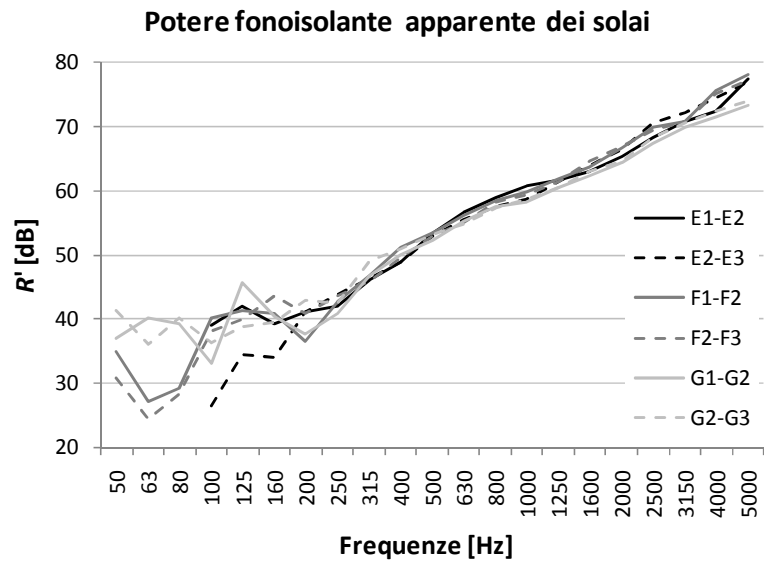
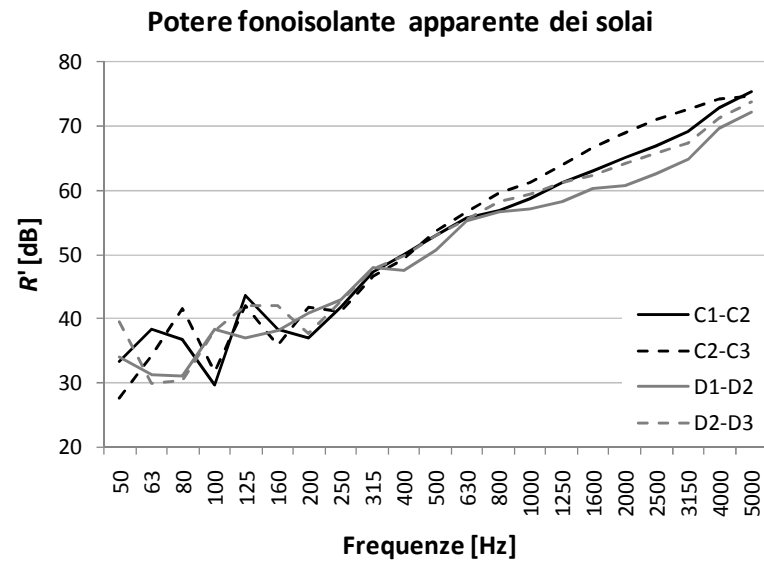
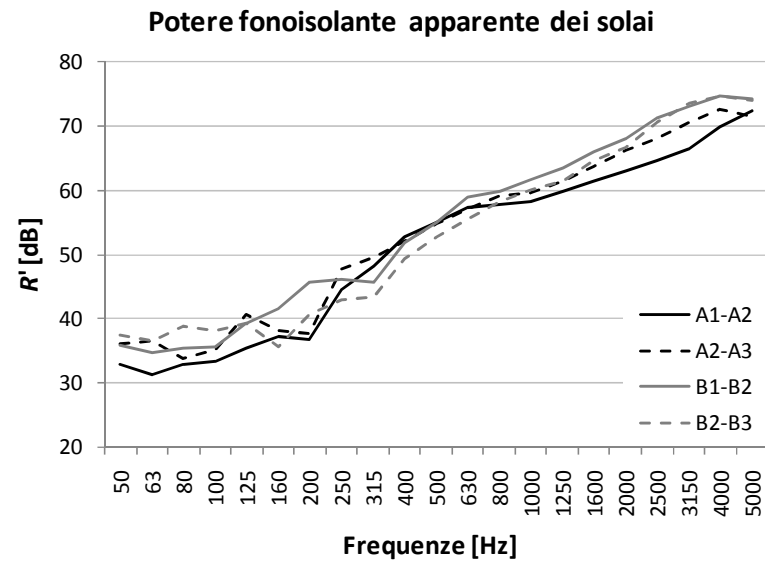


Figura 134– Misure di potere fonoisolante apparente dei solai e delle pareti di separazione tra differenti unità immobiliari, per la palazzina E2

Tabella 118– Valori in frequenza e come indice unico del livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato tra ambienti sovrapposti (ambienti A, B, C e D della palazzina E2)

	A2-A1	A3-A2	A2-A3	B2-B1	B3-B2	B2-B3	C2-C1	C3-C2	C2-C3	D2-D1	D3-D2	D2-D3
<i>f</i> [Hz]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]
50	61,6	59,3	49,8	57,8	60,5	46,5	54,3	57,3	47,2	62,3	63,5	50,3
63	57,6	60,9	51,6	56,1	57,7	48,8	58,4	59,4	47,1	58,4	55,8	46,1
80	55,7	59,6	51,3	67,2	57,5	43,3	59,9	57,9	47,7	62,0	62,5	51,3
100	63,8	64,1	50,9	60,4	60,0	47,8	63,9	60,3	54,6	60,3	55,7	48,6
125	64,8	62,1	56,7	63,1	65,0	55,2	63,6	61,9	53,9	63,0	62,3	57,2
160	63,3	63,4	57,6	62	62,3	56,9	63,3	63	54,9	60,5	59,2	54,9
200	64,1	63,4	56,1	58,5	57,6	55,4	64,3	60,9	56	62,3	58,7	52,4
250	61,6	59,2	54,2	61,2	57,5	54,3	60,2	59,9	54,7	60,3	62,7	54,3
315	59,8	56,2	53,5	60	57,2	52,6	59,3	56,2	52,8	58,6	57,9	52,9
400	57,0	54,8	51,6	58,5	55,8	50,6	56	54,1	52,5	59,2	56,9	52,3
500	54,8	54,3	49,1	53,6	54,8	46,6	54,8	53,8	50,4	55,5	56,6	49,6
630	49,9	52,3	44,5	49,9	54,0	41,9	53,5	52,3	47,2	52,6	55,1	44,1
800	45,5	48,3	38,5	45,2	49,9	36,7	50,4	49,7	42,7	49,3	51,4	40,1
1000	40,6	44,7	32,7	41	44,9	30,5	46,5	45,9	36,7	47,0	47,2	33,8
1250	35,0	41,2	26,1	38,4	41,8	25,5	41,9	40,6	30,6	43,0	44,0	28,6
1600	29,3	38,3	17,9	32	38,2	18,9	36,6	35,3	21,7	37,5	39,8	22,3
2000	26,9	33,9	11,8	25,7	34,9	17,5	29,9	29,6	11,3	33,8	35,9	18,3
2500	25,5	29,3	7,0	20,7	29,7	17,7	24	23,7	5,6	25,9	28,3	16,8
3150	20,2	23,1	6,6	18,2	22,3	18,3	15,4	17,3	5,2	18,9	20,4	18,2
4000	16,4	21,1	6,8	17,7	16,9	19,7	9,5	11,8	5,4	12,5	13,8	17,1
5000	12,6	17,2	7,5	18	14,9	19,3	8,6	10,8	6,2	9,1	10,7	11,8

<i>L'</i> _{nw}	56	55	49	55	54	47	56	54	49	55	54	48
<i>C</i> ₁	0	0	0	-1	0	1	0	0	-1	0	0	0

data	20/07/2010	20/07/2010	20/07/2010	20/07/2010	20/07/2010	20/07/2010	22/07/2010	22/07/2010	22/07/2010	16/07/2010	16/07/2010	16/07/2010
<i>T</i> [°C]	-	-	-	-	-	-	32	32	32	34	34	34
<i>U</i> [%]	-	-	-	-	-	-	48	48	48	52	52	52

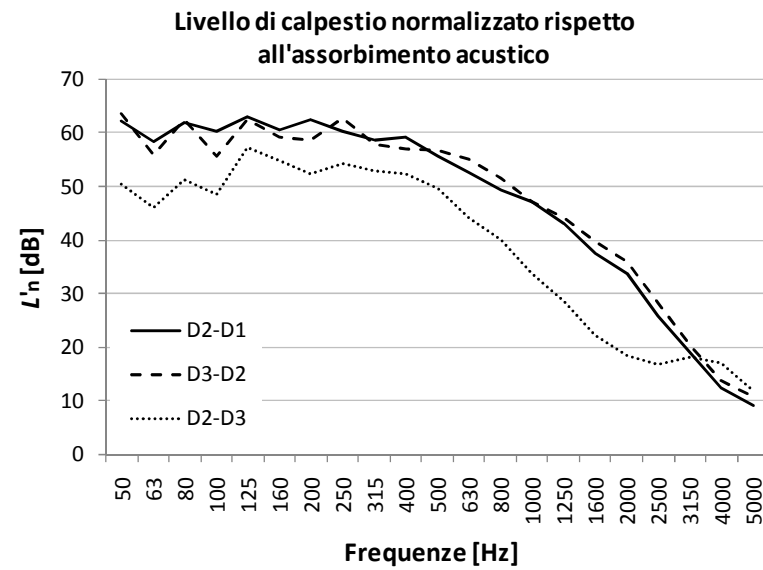
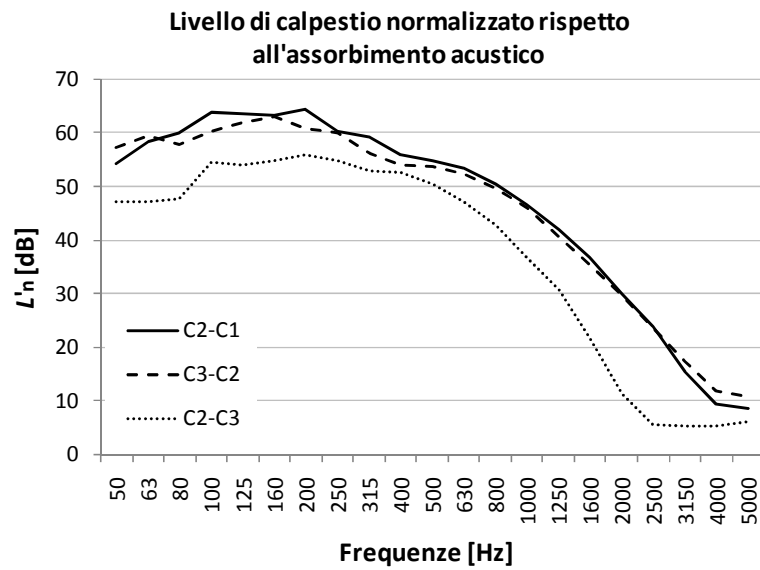
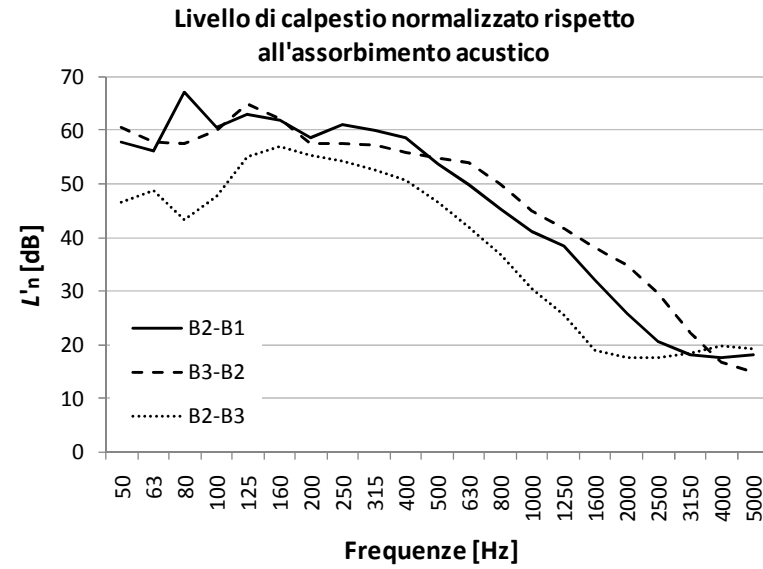
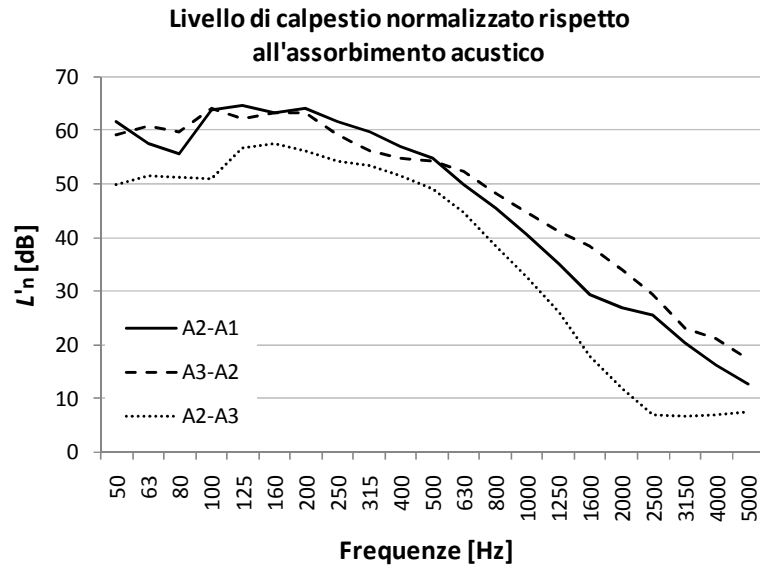


Figura 135– Misure livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato tra ambienti sovrapposti (ambienti A, B, C e D della palazzina E2)

Tabella 119– Valori in frequenza e come indice unico del livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato tra ambienti sovrapposti (ambienti E, F,G) e tra ambienti affiancati (ambienti E ed F) della palazzina E2)

	E2-E1	E3-E2	E2-E3	F2-F1	F3-F2	F2-F3	G2-G1	G3-G2	G2-G3		E1-F1	F3-E3
<i>f</i> [Hz]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]		<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]
50				63,6	63,3	58,7	53,5	53,4	46,6		32,6	
63				56,7	61	52,5	50,2	54,4	43,2		42,4	
80				56,9	60,5	47,8	50,6	55,5	39,2		46,5	
100	58,2	63,8	52	58	55,8	48,3	66,8	67,7	57,3		50,7	52,9
125	64,9	62,3	55,3	60,6	60,1	56,3	61,3	60,5	53,2		54,5	57,3
160	66,6	65,5	60,9	63,9	62,3	54,6	65,7	63,8	59,8		58,8	57,7
200	67,4	63,6	58,7	64,1	65	54,2	63,7	63	57,4		59,6	56,2
250	64,0	62,2	57,7	62	61	55,3	61,4	61,5	55,1		56,1	58,2
315	63,1	61,2	56,3	59,4	58,9	55,7	59,1	59	54,6		57,4	56,8
400	62,1	60,6	55,1	58,7	57,9	56,8	55,3	56	52,5		56,7	59,1
500	60,0	60,2	53,6	56,8	56,2	57	53,6	54,8	48		57,7	56,7
630	56,8	59,9	51,4	54,2	54,3	54,1	52,5	53,3	45,8		52,4	54,4
800	54,8	58,0	49,5	50,3	50	50,3	46,3	48,1	40,4		47,1	50,3
1000	53,7	57,4	47,2	46,8	46,5	48,2	43,2	43,8	34,6		43,1	48,7
1250	50,7	55,0	42,3	42	42,9	46	37,9	40	27,4		37,2	45,6
1600	45,9	52,2	34,9	36,9	39,9	39,6	30,6	35,8	18,7		31,4	39,3
2000	43,5	48,0	24,6	32,7	33,7	31,4	22,7	29,7	9,8		24,3	29
2500	36,7	43,2	16,5	25,3	25,8	22,3	17,2	24,8	6		16,2	21,3
3150	28,7	36,7	13,7	19,3	20,9	11,3	10,4	17	5,1		8,5	15
4000	22,6	30,1	12,6	13,2	12,7	7,3	6,8	10,3	5,7		6,4	13,7
5000	22,2	24,3	12,5	10,2	9,2	7,1	6,6	9,4	6,2		6,3	13,9
<i>L'</i> _{nw}	58	59	51	55	55	51	56	56	50		52	52
<i>C</i> ₁	1	-1	0	0	0	-1	1	1	0		-1	0
data	03/12/2010	22/12/2010	22/12/2010	29/07/2010	29/07/2010	29/10/2010	22/07/2010	22/07/2010	22/07/2010		29/07/2010	22/12/2010
<i>T</i> [°C]	7	3	3	-	-	-	36	36	36		-	3
<i>U</i> [%]	74	59	59	-	-	-	36	34	34		-	59

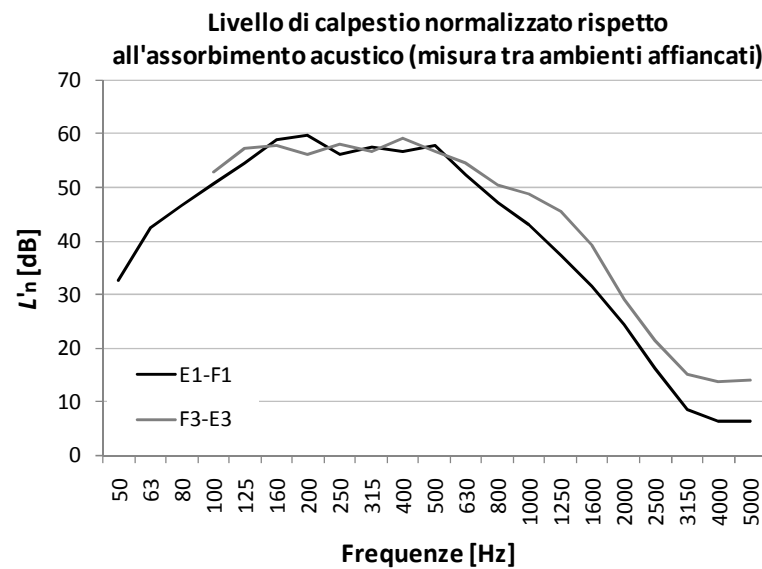
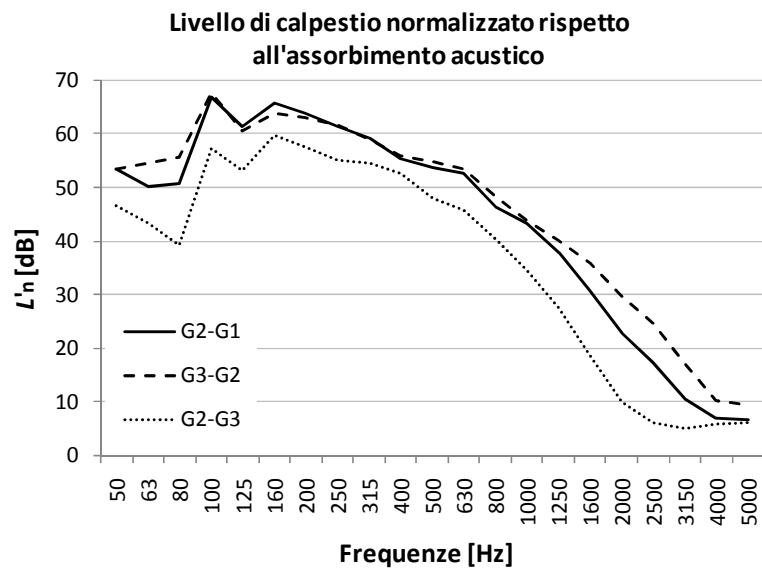
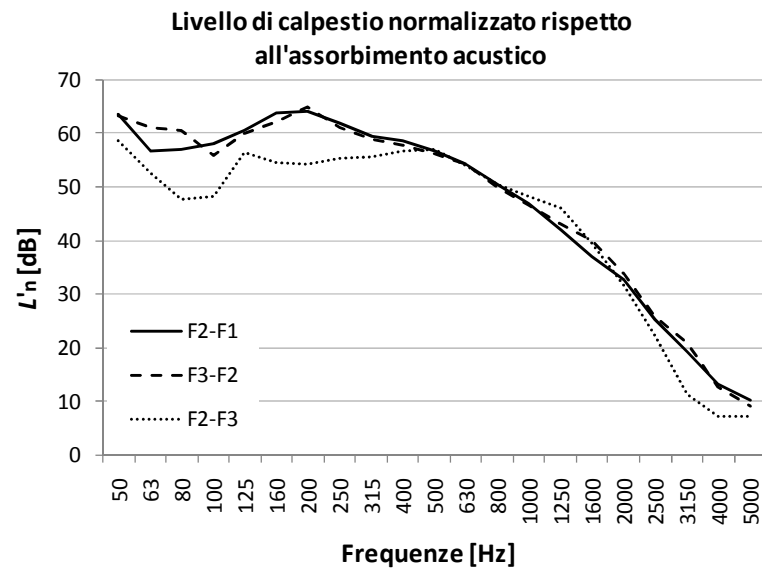
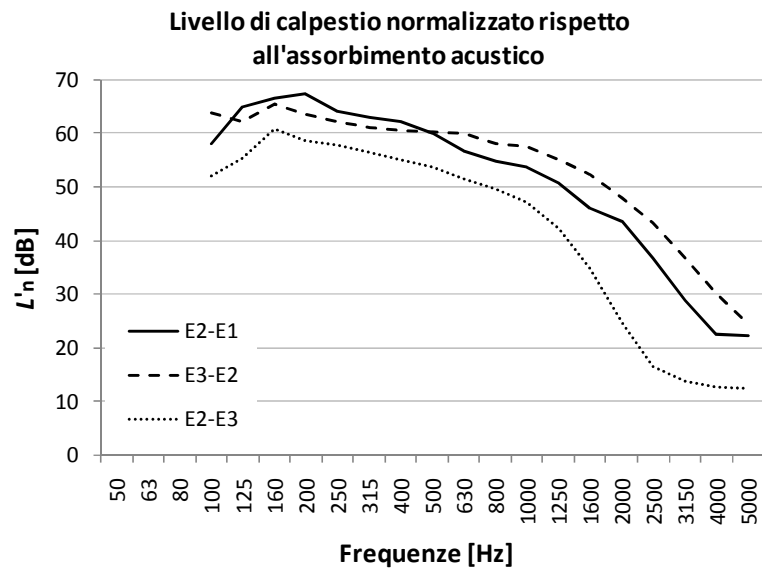


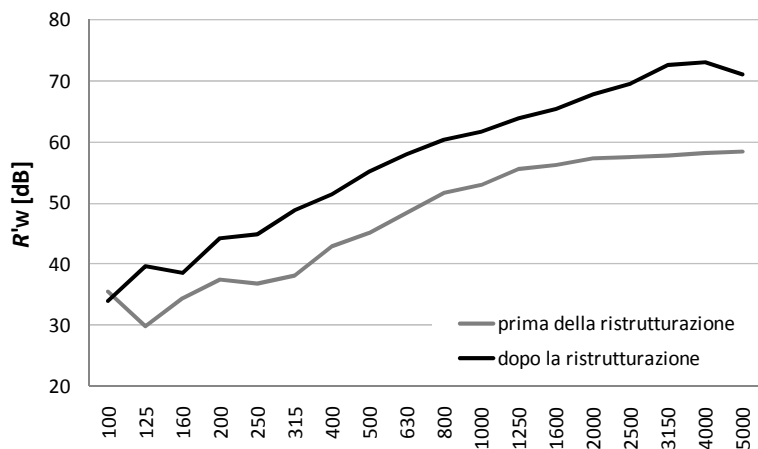
Figura 136– Misure livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato tra ambienti sovrapposti (ambienti E, F, G) e affiancati della palazzina E2

A.4 Misure eseguite sulla palazzina E1, prima e dopo la ristrutturazione

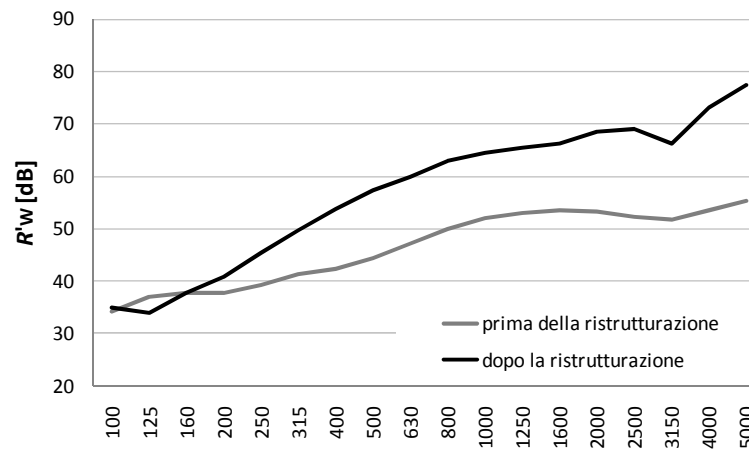
Tabella 120 – Potere fonoisolante apparente misurato, negli stessi ambienti della palazzina E1, prima e dopo la ristrutturazione

<i>f</i> [Hz]	prima	dopo	<i>f</i> [Hz]	prima	dopo	<i>f</i> [Hz]	prima	dopo	<i>f</i> [Hz]	prima	dopo
	E3-E2	E3-E2		F3-F2	F3-F2		C3-C2	C3-C2		E2-F2	E2-F2
	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]		<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]		<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]		<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]
100	35,5	33,9	100	34,3	35	100	30,9	27,1	100	42,7	33,8
125	29,8	39,7	125	37	34	125	31,5	38,1	125	34,1	39,4
160	34,5	38,5	160	37,8	38	160	32,8	35,7	160	39,6	45,1
200	37,5	44,3	200	37,7	41	200	35,4	40,9	200	41,2	47,2
250	36,8	45	250	39,3	45	250	34,4	45,5	250	45,3	51,5
315	38,2	48,8	315	41,4	50	315	39,2	48,5	315	45,5	53,3
400	43	51,5	400	42,3	54	400	42,6	52,4	400	45,7	57,5
500	45,1	55,2	500	44,4	57	500	47,4	54	500	46,6	60,7
630	48,4	58,1	630	47,1	60	630	49,9	57,1	630	47,3	63
800	51,7	60,5	800	49,9	63	800	53	61	800	49,6	67,6
1000	53	61,8	1000	51,9	64	1000	55,5	61,3	1000	50,3	69,4
1250	55,6	63,9	1250	53	66	1250	56,5	64,6	1250	53,5	69
1600	56,3	65,4	1600	53,6	66	1600	56,7	66,7	1600	56,3	69,6
2000	57,4	67,9	2000	53,2	69	2000	58	66,4	2000	56,9	74,1
2500	57,6	69,5	2500	52,3	69	2500	59,3	68,4	2500	57,8	77,3
3150	57,7	72,7	3150	51,7	66	3150	59,7	70,2	3150	58,8	78,4
4000	58,3	73,1	4000	53,6	73	4000	58,2	73,2	4000	60,9	77,9
5000	58,4	71,2	5000	55,2	77	5000	55,4	77,4	5000	63,4	76,9
<i>R'_w</i>	49	57	<i>R'_w</i>	49	56	<i>R'_w</i>	49	55	<i>R'_w</i>	51	61

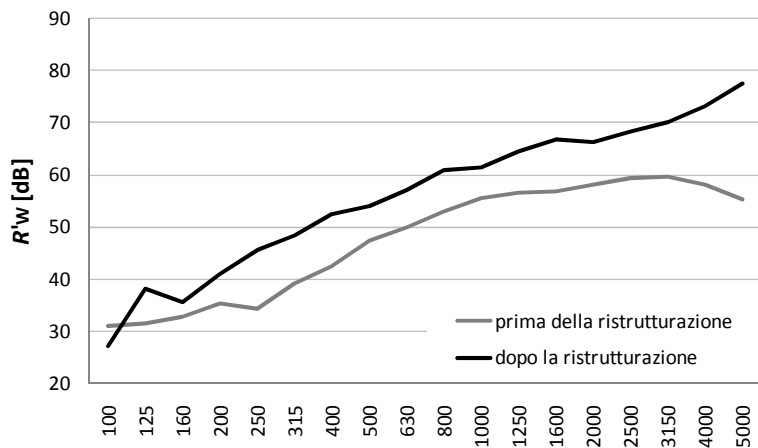
Misure di potere fonoisolante apparente tra gli ambienti E3 ed E2 prima e dopo la ristrutturazione



Misure di potere fonoisolante apparente tra gli ambienti F3 ed F2 prima e dopo la ristrutturazione



Misure di potere fonoisolante apparente tra gli ambienti C3 ed C2 prima e dopo la ristrutturazione



Misure di potere fonoisolante apparente tra gli ambienti E2 ed F2 prima e dopo la ristrutturazione

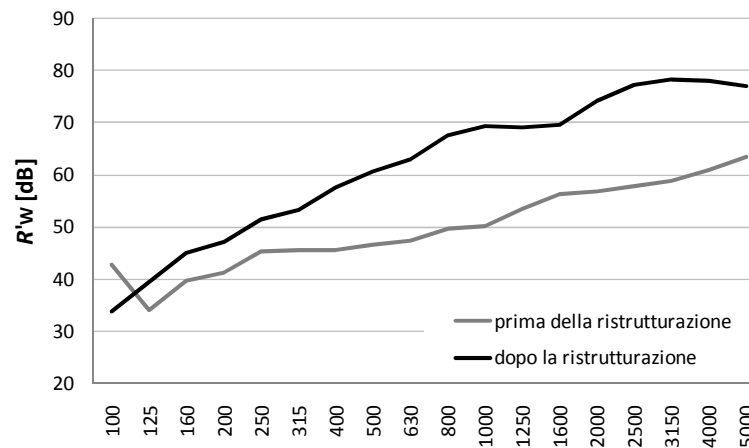


Figura 137 – Curve del potere fonoisolante apparente misurato, negli stessi ambienti della palazzina E1, prima e dopo la ristrutturazione

Tabella 121 – Livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico misurato, negli stessi ambienti della palazzina E1, prima e dopo la ristrutturazione

	prima	dopo		prima	dopo		prima	dopo
	E3-E2	E3-E2		F3-F2	F3-F2		C3-C2	C3-C2
<i>f</i> [Hz]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]		<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]		<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]
100	64,9	61,8		61,9	61,4		64	65,1
125	68,9	62,4		66,5	64,1		68,2	66,5
160	66,4	65,4		67,6	66,9		68,5	66,6
200	67,7	66,4		71,9	62,5		69,9	63,3
250	69,8	62,8		71	60,1		69,5	62,0
315	70,4	60,9		70,6	59,7		69,5	59,6
400	70,4	59,3		71,2	57,9		69,6	58,1
500	72,2	58,5		72,8	56,4		70,1	56,2
630	72,3	57,2		71,6	53,8		70,1	53,8
800	70,5	54,1		70	50,8		68,4	50,8
1000	70,7	52,2		69,9	49,2		68	48,6
1250	72,1	48,7		70,3	45,8		69,2	46,0
1600	72,2	45,3		70	42,2		69,4	42,5
2000	71,9	41,4		69,5	38,5		69,8	39,8
2500	71,4	35,8		67,6	33,9		68,2	36,2
3150	71,2	29,8		66,1	30,5		67,7	31,9
4000	68,6	24,5		63,7	29,9		66,1	30,7
5000	66,9	21,1		62	31,5		63,1	31,7
<i>L'</i>_{nw}	78	57		75	56		75	57

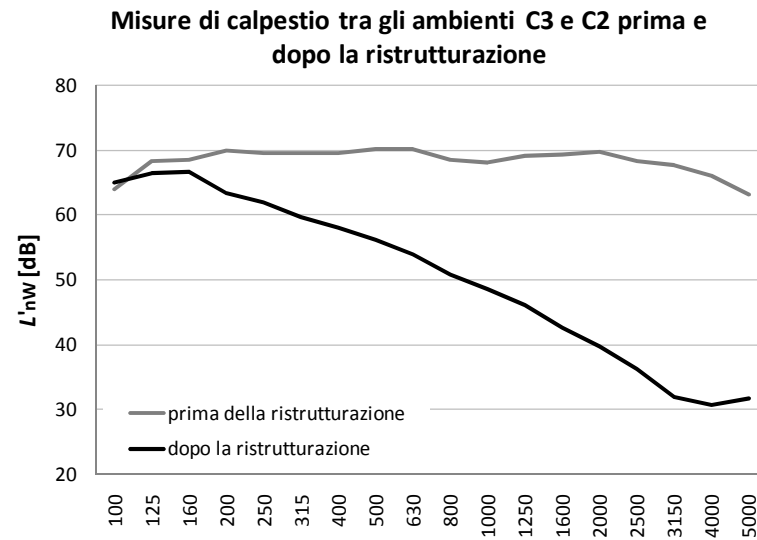
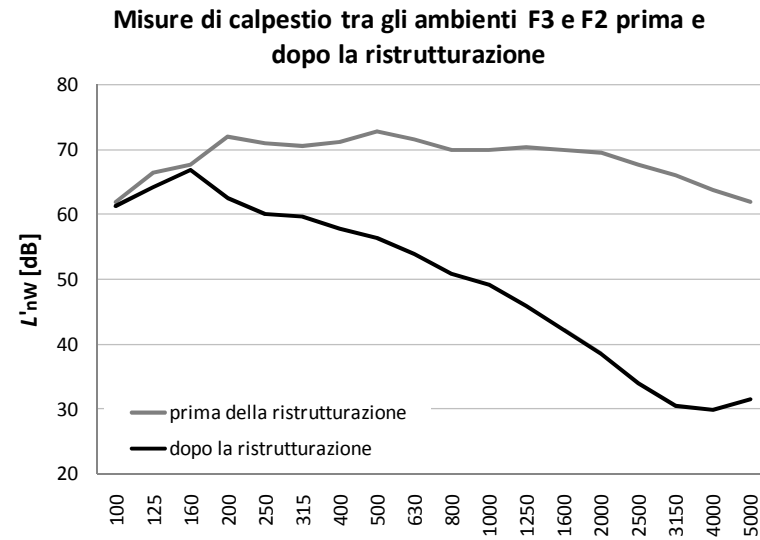
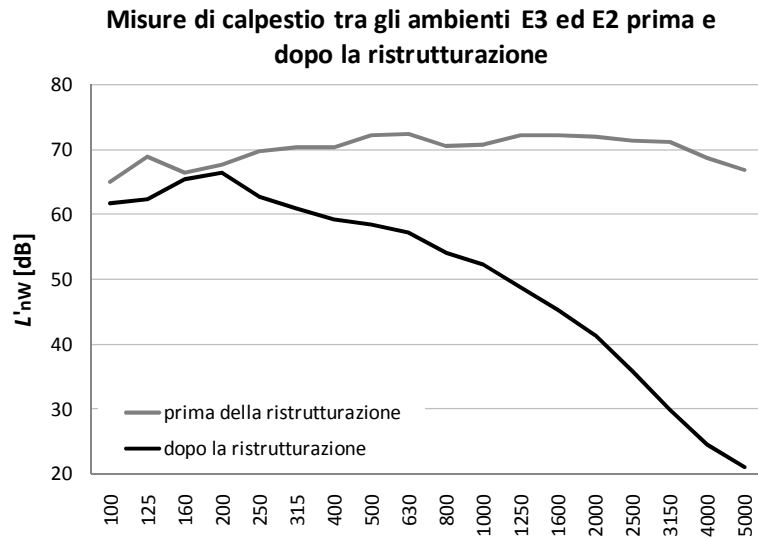


Figura 138– Curve del livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico misurato, negli stessi ambienti della palazzina E1, prima e dopo la ristrutturazione

A.5 Misure eseguite sulle palazzine in cemento armato (D e A), prima e dopo la ristrutturazione

Tabella 122 – Potere fonoisolante apparente misurato, negli stessi ambienti della palazzina D, prima e dopo la ristrutturazione e in alcuni ambienti della palazzina A prima della ristrutturazione

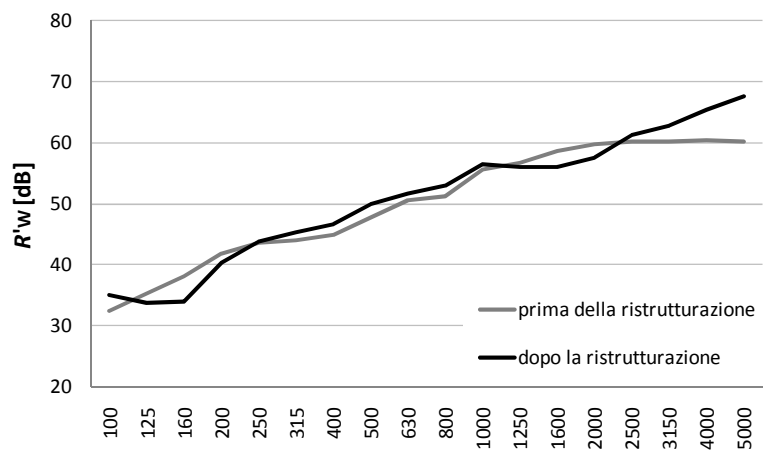
		Palazzina D		palazzina A			Palazzina D	palazzina A
		prima	dopo	prima	prima	dopo	prima	
		D3-D2	D3-D2	C2-C1	C3-C2	C3-C2	D1'-D1	
<i>f</i> [Hz]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	<i>R'</i> [dB]	
100	32,5	35,1		32,7	36,8	33,2	35,4	
125	35,3	33,8		26,6	34,7	36,5	40,6	
160	38,2	33,9		42,9	41,5	37,6	39,6	
200	41,9	40,2		40,3	42,4	39	41,3	
250	43,5	43,7		41	42	44,1	40,5	
315	44,1	45,4		41,5	40,7	46,9	41,9	
400	44,8	46,6		43,5	44,4	48,2	43,9	
500	47,7	50,0		45,9	45,3	50,7	45,8	
630	50,5	51,6		49,6	47,7	53,8	48,2	
800	51,3	53,0		52,6	50,5	56	50,1	
1000	55,5	56,5		57,6	55,7	59,7	52,6	
1250	56,8	56,1		60,5	59,8	62	55,5	
1600	58,7	55,9		64,9	64,2	61	58,4	
2000	59,7	57,5		67,6	66,7	60,5	60,4	
2500	60,1	61,2		68,9	63,9	63,8	62,5	
3150	60,3	62,9		71,4	62,3	66,8	66,9	
4000	60,4	65,4		74,3	53,1	72,5	69,6	
5000	60,2	67,7		71,9	51,7	75,2	70,3	
<i>R_w</i>	52	52		51	51	54	51	

Tabella 123 – Livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico misurato, negli stessi ambienti della palazzina D, prima e dopo la ristrutturazione e in alcuni ambienti della palazzina A, prima della ristrutturazione

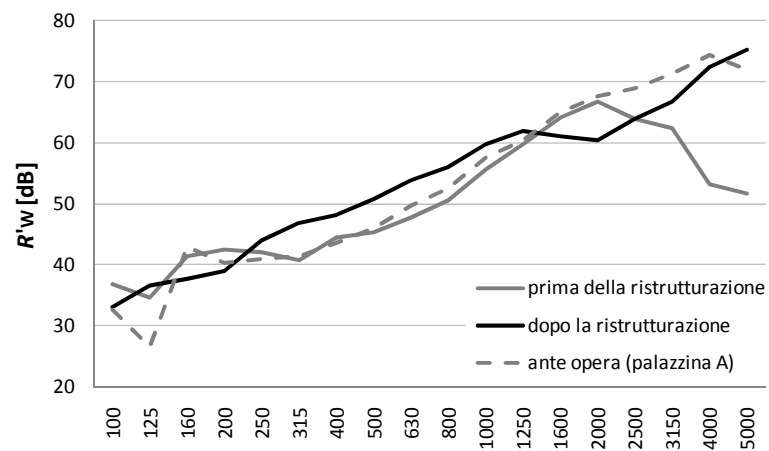
<i>f</i> [Hz]	Palazzina D	
	prima	dopo
	D3-D2	D3-D2
	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]
100	61,5	65,6
125	65,5	69,5
160	69,1	70,5
200	68,2	71,2
250	65,9	68,1
315	68,6	64
400	67,2	63,2
500	65,6	60,3
630	65,9	58,4
800	66,3	55,7
1000	66,3	50,7
1250	66,1	42,8
1600	66,9	37,1
2000	65,7	34,2
2500	64,2	30,2
3150	63,4	24,6
4000	60	20,2
5000	56,5	16,9
<i>L'</i> _{nw}	71	62

palazzina A	Palazzina D	
prima	prima	dopo
C2-C1	C3-C2	C3-C2
<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]	<i>L'</i> _n [dB]
60,5	60,4	69
70,3	66,7	68,6
67	65,8	69,4
68,7	66,2	70,1
70,4	66,4	63,6
73	68,1	63,1
70,8	67,7	61,3
69,8	67,7	61,3
68,9	67	58,2
67,3	65,8	54,3
65,5	64,2	49,2
67,2	62,8	42
65,7	61,5	35,2
64,5	59,4	29,8
65	58,6	25,3
63,3	57	18,4
60,8	53,6	13,8
56	50,6	12,5
71	67	61

Misure di potere fonoisolante apparente tra gli ambienti D3 e D2 prima e dopo la ristrutturazione



Misure di potere fonoisolante apparente tra gli ambienti C3 e C2 prima e dopo la ristrutturazione



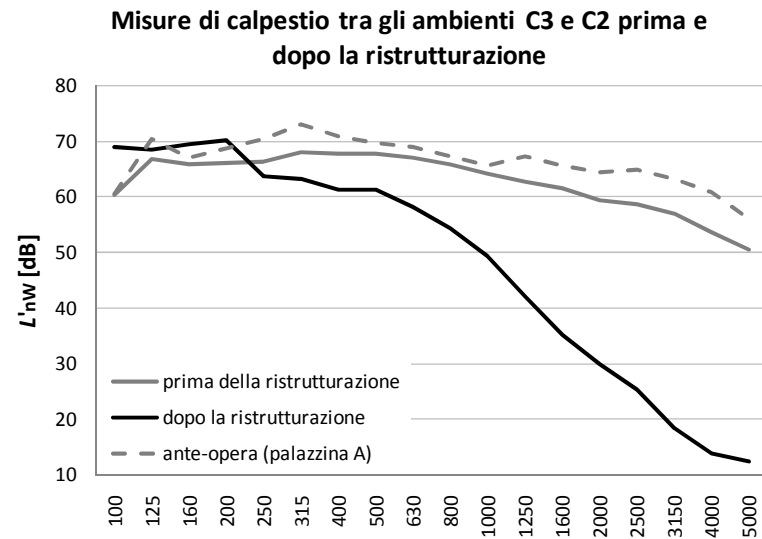
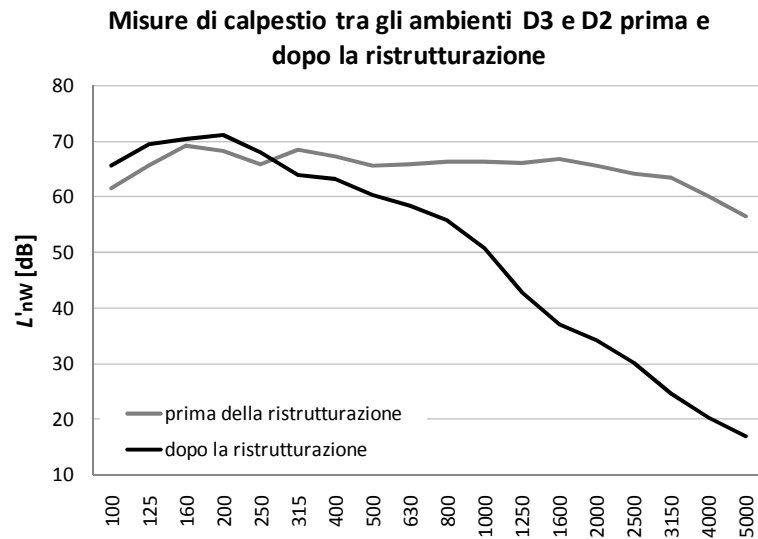


Figura 139 – Misure di potere fonoisolante e di calpestio eseguite sugli stessi ambienti dell’edificio D, prima e dopo la ristrutturazione, e in alcuni ambienti dell’edificio A (situazione ante-opera)

Tabella 124 – Isolamento di facciata misurato nella palazzina A, prima della ristrutturazione, e nei corrispondenti ambienti della palazzina D, dopo la ristrutturazione

f [Hz]	Ambienti con un solo affaccio			Media energetica sui due affacci			Considerato solo l'affaccio finestrato		
	palazzina A	Palazzina D		palazzina A	Palazzina D		palazzina A	Palazzina D	
	prima	dopo	dopo	prima	dopo	dopo	prima	dopo	dopo
	B1'	B1	C1	A1'	A1	D1	D1'	A1	D1
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	29,4	33,6	28,5	23,9	29,4	26,7	21,6	27,4	23,9
125	22,7	24	26,9	23,5	31,4	29,3	23,3	28,9	26,6
160	23,2	25,4	27,1	23,1	29,8	26,6	22,4	27,3	25,6
200	21,9	30,5	30,8	21,6	26,4	30,1	22,7	26,1	28,6
250	22,4	32	29,6	24,9	29,2	26,9	21,5	27,9	26,3
315	26,6	31,2	32,7	26,3	31,4	30,8	22,1	31,4	29
400	26,7	35,5	37,8	29	36,9	33,5	23,9	37	31,3
500	30,2	37,1	38,7	29,7	39,5	37,4	25,7	38,7	35,1

630	31,2	37,3	41,3
800	31,8	35,9	39,1
1000	29,1	34,5	39,4
1250	32,4	36	42,6
1600	32,3	37,6	40,6
2000	28,4	38,4	42,2
2500	29,8	38,8	43,3
3150	26,2	45	46,3
4000	25,0	45,6	43,6
5000	26,9	43,7	42,2

$D_{2m,nT,w}$	30	37	40
---------------------------------	----	----	----

29,3	43,5	40,5
32,2	41,3	40,8
34	42,4	40,6
33	44,2	40,3
28,3	43,3	42,1
30,6	47	42,3
33,9	47,3	48
32,2	43,6	45,4
26	44	42,9
27,2	47,4	45,7

31	41	40
----	----	----

25,5	42,1	38,2
25,7	39,1	38,6
29,0	40,6	37,9
29,2	42	37,5
26,4	40,6	39,4
27,9	44,6	39,4
26,7	44,9	45,2
23,3	40,7	42,4
26,8	41,1	39,9
25,2	44,5	42,7

26	40	37
----	----	----

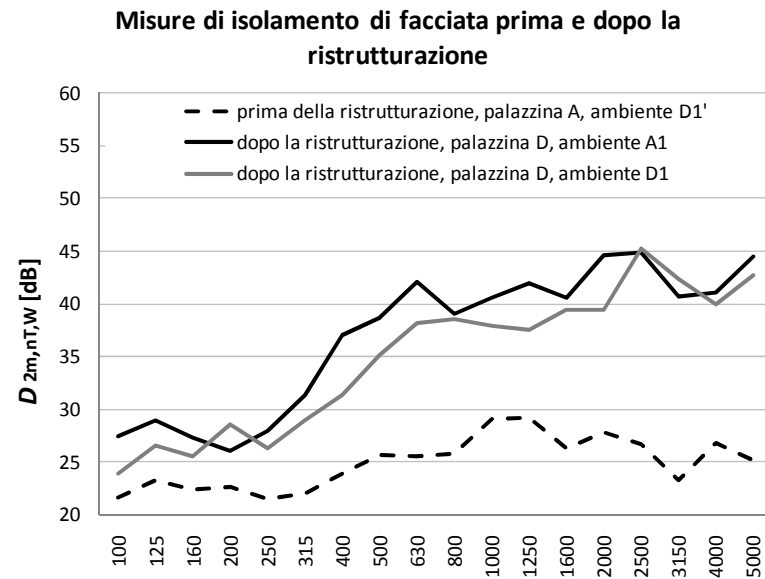
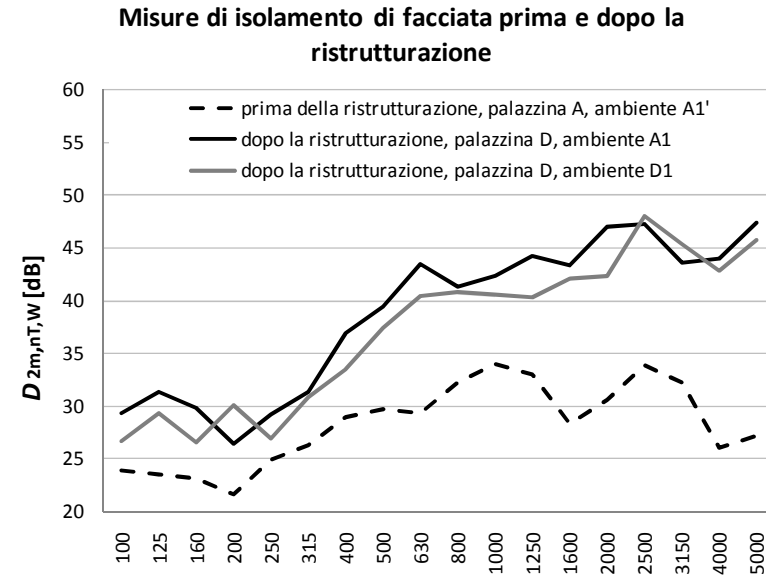
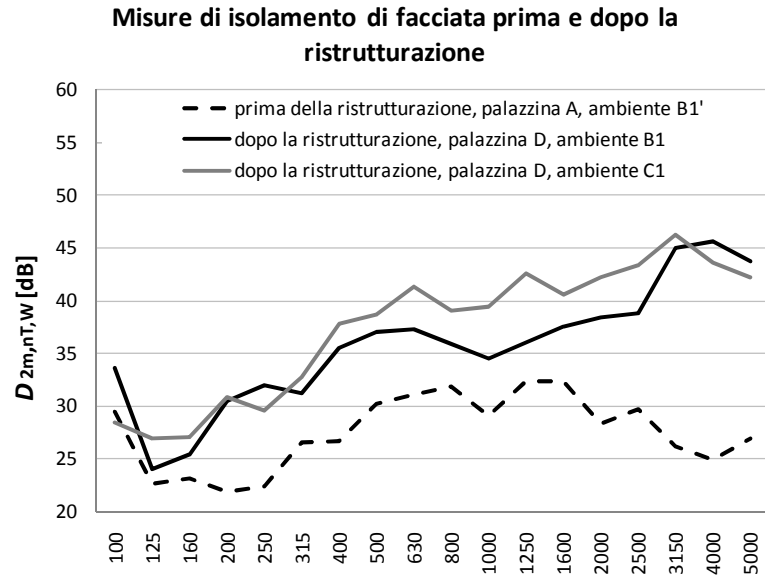


Figura 140 – Misure di isolamento di facciata sulla palazzina A, prima della ristrutturazione, e nei corrispettivi ambienti della palazzina D, dopo la ristrutturazione

B Tabelle e grafici per il confronto tra metodi di misura

B.1 Descrizione dei metodi di misura e numero minimo di rilievi microfonici

Tabella 125 – Breve descrizione dei metodi di misura utilizzati

METODO	PER PUNTI FISSI	MOVIMENTAZIONE MANUALE DEL MICROFONO (con il microfono tenuto in mano dall'operatore)	MOVIMENTAZIONE MANUALE DEL FONOMETRO (con il fonometro tenuto in mano dall'operatore)
Norma di riferimento:	UNI EN ISO 140 (parti 4, 5, 7)	UNI EN ISO 140 (parti 4, 5, 7)	UNI EN ISO 10052
Sigla	UNI EN ISO 140-F	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052
			UNI EN ISO 10052 T rev tab
			UNI EN ISO 10052 Trev mis
			UNI EN ISO 10052 1/3 ottava
Descrizione	Tempo di integrazione: ≥ 6 s	<ul style="list-style-type: none"> • Raggio della traiettoria microfonica ≥ 0,7 m. • Il piano della traiettoria dev'essere inclinato di almeno 10° rispetto a qualsiasi superficie dell'ambiente • La durata del periodo di traiettoria dev'essere ≥ 15 s 	<p>Il fonometro va tenuto in mano dall'operatore, a distanza dal corpo, e spostato quattro volte orizzontalmente di 180°, muovendo il braccio in alt o e in basso in modo delicato; le quattro rotazioni vanno eseguite in un tempo totale di circa 30 s.</p> <p>L'operatore deve posizionarsi in centro stanza.</p>

Tabella 126 – Minimo numero di rilievi microfonici nella determinazione del potere fonoisolante apparente (non conteggiando le misure di tempo di riverbero)

R'_w – NUMERO MINIMO DI MISURE DI LIVELLO DI PRESSIONE SONORA (escludendo quindi le misure di tempo di riverbero)			
METODO	UNI EN ISO 140-F	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052
Ambiente sorgente	5 posizioni microfoniche per ciascuna delle due posizioni di sorgente 10 misure	2 traiettorie microfoniche per ognuna delle due posizioni di sorgente 4 misure	1 sola movimentazione del fonometro (è richiesta 1 sola posizione della sorgente) 1 misura
Ambiente ricevente	5 posizioni microfoniche per ciascuna delle due posizioni di sorgente 10 misure	2 traiettorie microfoniche per ognuna delle due posizioni di sorgente 4 misure	1 sola movimentazione del fonometro (è richiesta 1 sola posizione della sorgente) 1 misura
Rumore di fondo	un rilievo in ciascuna delle 5 posizioni utilizzate 5 misure	2 traiettorie microfoniche 2 misure	1 movimentazione del fonometro 1 misura
N°tot di misure	25	6	3

Tabella 127– Minimo numero di rilievi microfonici nella determinazione del livello di calpestio, normalizzato rispetto all'assorbimento (non conteggiando le misure di tempo di riverbero)

L'_{nW} – NUMERO MINIMO DI MISURE DI LIVELLO DI PRESSIONE SONORA (escludendo quindi le misure di tempo di riverbero)			
METODO	UNI EN ISO 140-F	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052
Ambiente ricevente	6 misure (bisogna usare una combinazione di almeno quattro posizioni del microfono e almeno quattro posizioni del generatore di calpestio)	4 misure 2 traiettorie microfoniche per ognuna delle 4 posizioni del generatore di calpestio	3 misure 1 movimentazione del fonometro per ogni posizione del generatore di calpestio (1 per solai omogenei, 3 per solai eterogenei, come nel caso del solaio in laterizio in esame)
Rumore di fondo	3 misure un rilievo in ciascuna delle 3 posizioni utilizzate	2 misure 2 traiettorie microfoniche	1 misura 1 movimentazione del fonometro
N°tot di misure	9	6	4

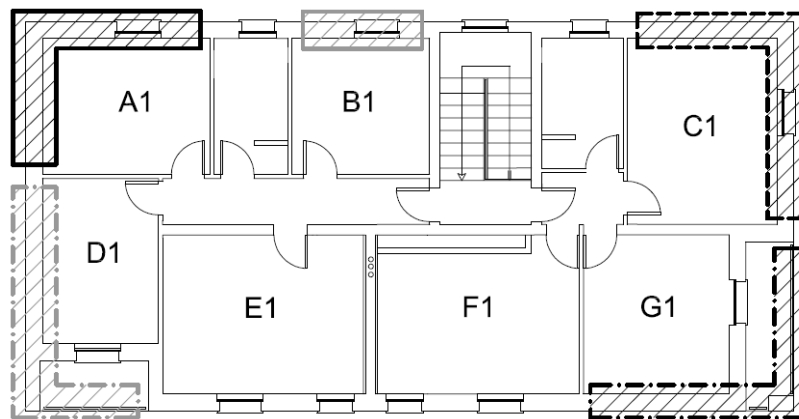
Tabella 128– Minimo numero di rilievi microfonici nella determinazione dell’isolamento di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero (non conteggiando le misure di tempo di riverbero)

D_{2m,nT,w} – NUMERO MINIMO DI MISURE DI LIVELLO DI PRESSIONE SONORA (escludendo le misure di tempo di riverbero) (nel caso di 1 solo affaccio)			
METODO	UNI EN ISO 140-F	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052
Ambiente sorgente	1 rilievo microfonico esterno per ogni affaccio, in tutti i casi con posizione fissa del microfono a 2 m dalla facciata		
Ambiente ricevente	5 posizioni microfoniche per ogni affaccio 5 misure	2 traiettorie microfoniche per ogni affaccio 2 misure	1 movimentazione per ogni affaccio 1 misura
Rumore di fondo	un rilievo in ciascuna delle 5 posizioni utilizzate 5 misure	2 traiettorie microfoniche 2 misure	1 movimentazione del fonometro 1 misura
N°tot di misure	11	5	3

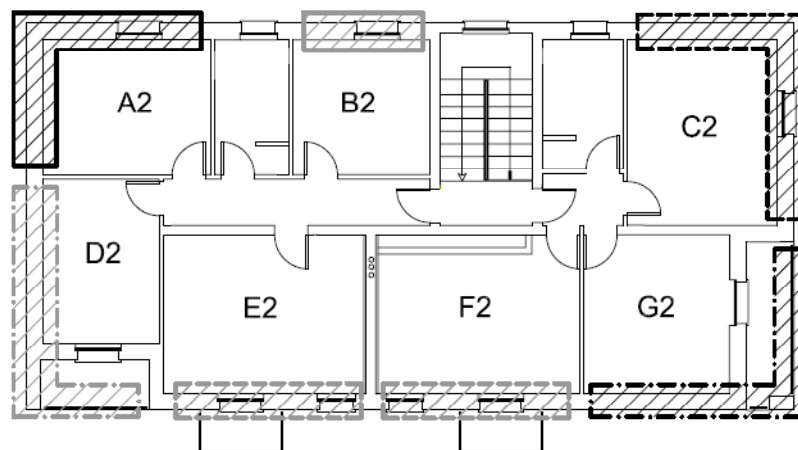
Tabella 129 – Descrizione dei tempi di riverberazione utilizzati nei calcoli, nei diversi metodi considerati

MISURA DEL TEMPO DI RIVERBERO			
METODO	UNI EN ISO 140-F	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052
Misura del tempo di riverbero	Misura del tempo di riverbero solo utilizzando punti fissi di misura. Il numero minimo di rilevazioni è 6, con una posizione di sorgente, 3 posizioni di microfono e due letture in ciascun caso (misure in bande di 1/3 d’ottava)	UNI EN ISO 10052 T rev tab	Utilizzati il valore tabulare dell’indice di riverberazione, pari a $10\log(T/T_0)$, dato in funzione: - del volume dell’ambiente ricevente - del tipo di strutture che lo compongono - della presenza o meno di arredo
		UNI EN ISO 10052 Trev mis	Utilizzati i tempi di riverberazione misurati (per banda d’ottava) ed è stata utilizzato per i calcoli il valore medio delle bande d’ottava di 500, 1000, 2000 Hz
		UNI EN ISO 10052 1/3 ottava	Utilizzati gli stessi tempi di riverberazione del metodo delle UNI EN ISO 140, misurati per bande di 1/3 d’ottava,

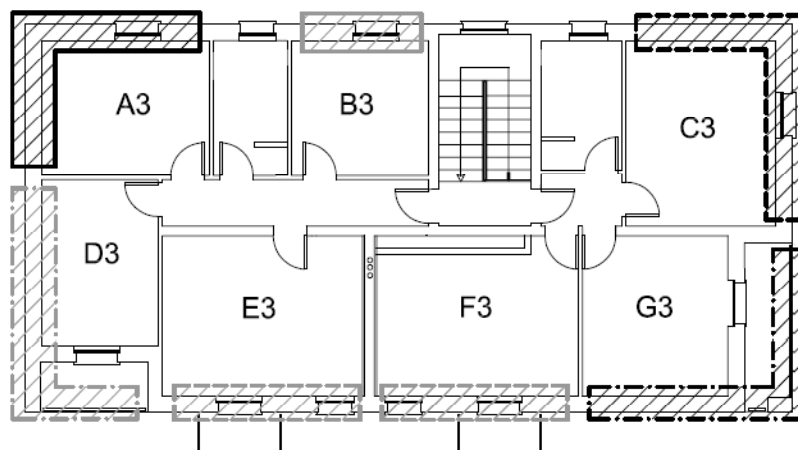
B.2 Gruppi omogenei di elementi tecnici



PIANTA PIANO PRIMO



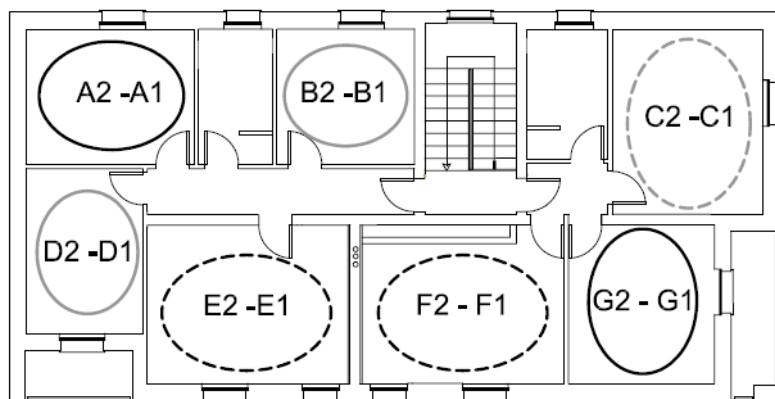
PIANTA PIANO SECONDO



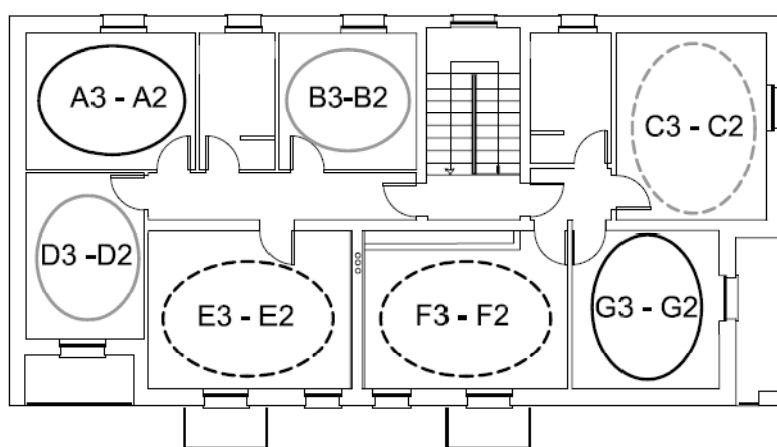
PIANTA PIANO TERZO



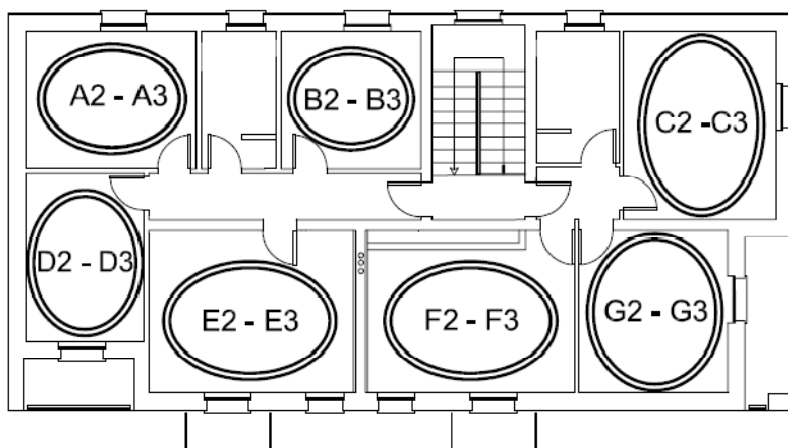
Figura 141 - Gruppi di misure simili per l'isolamento di facciata



PIANTA PIANO PRIMO



PIANTA PIANO SECONDO



PIANTA PIANO TERZO

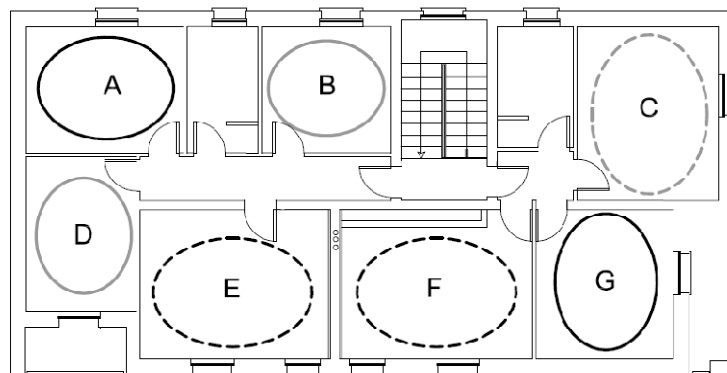
Misure di calpestio dall'alto al basso

Misure di calpestio dal basso all'alto

- Solai A e G
- Solai B e D
- Solai E ed F
- Solai C



Figura 142– Gruppi di misure simili per il calpestio



Misure di potere fonoisolante



Figura 143 - Gruppi di misure simili per il potere fonoisolante apparente dei solai

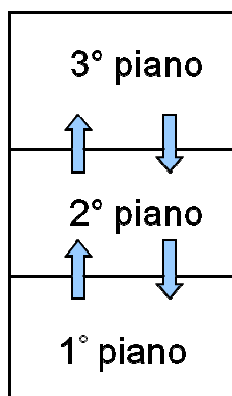


Figura 144 – Direzione di esecuzione delle misure di potere fonoisolante apparente dei solai

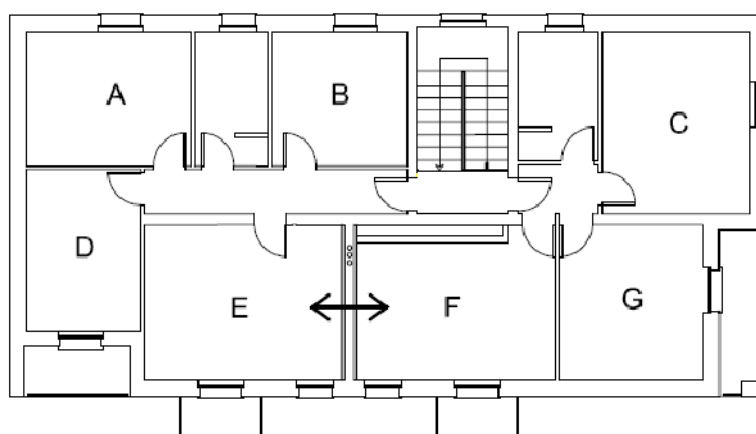


Figura 145 – Misure simili per il potere fonoisolante apparente e per il calpestio misurati in orizzontale

RIEPILOGO DEL RAGGRUPPAMENTO DELLE MISURE PER I CONFRONTI DEI METODI DI MISURA

Tabella 130– Riepilogo delle misure che possono essere analizzate insieme, nel caso dell’isolamento di facciata

$D_{2m,nT}$	Gruppi di misure simili per l’isolamento di facciata	A1, A2	B1, B2	C1, C2, C3	D1, D2, D3	E2, E3, F2, F3	G1, G2, G3
	N° di elementi	3	3	3	3	4	3

Non è stato possibile effettuare le misure negli ambienti A3, B3, E1; è stato misurato solo l’affaccio finestrato nelle stanze C3 e G2.

Tabella 131– Riepilogo delle misure che possono essere analizzate insieme, nel caso del calpestio misurato dall’alto verso il basso

L'_n ↓	Gruppi di misure simili per il livello di calpestio misurato in verticale dall’alto verso il basso	A2-A1, A3-A2 G2-G1, G3-G2	C2-C1, C3-C2	B2-B1, B3-B2 D2-D1, D3-D2	E2-E1, E3-E2 F2-F1, F3-F2
	Elementi tot	4	2	4	4

Tabella 132– Riepilogo delle misure che possono essere analizzate insieme, nel caso del calpestio misurato dal basso all’alto

L'_n ↑	Gruppi di misure simili per il livello di calpestio misurato in verticale dal basso all’alto	A2-A3, G2-G3, C2-C3, B2-B3, D2-D3, E2-E3, F2-F3
	Elementi tot	7

Nel caso del calpestio misurato in direzione orizzontale è stata ripetuta la prova con i diversi metodi solo per la misura dall’ambiente F3 a E3.

Tabella 133 – Riepilogo delle misure che possono essere analizzate insieme, nel caso del potere fonoisolante verticale

R' ↕	Gruppi di misure simili per il potere fonoisolante apparente verticale	Ambienti sovrapposti di tipo A, G	Ambienti sovrapposti di tipo E, F	Ambienti sovrapposti di tipo B, D	Ambienti sovrapposti di tipo C
		A1-A2, A2-A1, A2-A3, A3-A2 G1-G2, G2-G1, G2-G3, G3-G2	E1-E2, E2-E1, E2-E3, E3-E2 F1-F2, F2-F1, F2-F3, F3-F2	B1-B2, B2-B1, B2-B3, B3-B2 D1-D2, D2-D1, D2-D3, D3-D2	C1-C2, C2-C1, C2-C3, C3-C2
	Elementi tot	8	8	8	4

Tabella 134– Riepilogo delle misure che possono essere analizzate insieme, nel caso del potere fonoisolante apparente misurato in orizzontale

R' ↔	Gruppi di misure simili per il potere fonoisolante apparente misurato in direzione orizzontale	E1-F1, E2-F2, E3-F3 F1-E1, F2-E2, F3-E3
	Elementi tot	6

B.3 Confronto tra le singole misure eseguite con i diversi metodi di misura: tabelle e grafici

Tabella 135 – Potere fonoisolante apparente dei solai, confronto tra i diversi metodi per le misure A1-A2, A2-A1, A2-A3

f [Hz]	A1-A2			A2-A1			A2-A3		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	38,6	37,2	36,1	39,9	39,5	40,5	39,3	38,4	40,8
125	38	34,5	40	35,5	33,2	33,7	36	34,8	37,6
160	40,9	41,4	38,7	42	42	42,7	39,7	38,2	40,7
200	43,7	43,6	40,7	44,9	44,4	42,8	41,4	40,8	41,4
250	48,1	46	46	48,2	45,5	45,7	46,8	44,5	42
315	47,9	48,4	47,8	48,1	48,5	48,7	48	48,3	48,7
400	51,5	52,1	51,7	50,9	51,4	51,2	52,1	52,7	51,6
500	54,3	55,2	54,1	55,4	55	54,5	55,2	54,6	55,1
630	57,9	57,6	57,3	56,9	56,6	57,2	56,7	56,4	57,1
800	59,2	59	57,9	59,1	58,3	58,7	58,9	59,2	59
1000	60,6	60,6	60,2	60,6	59,7	59,7	60,4	59,9	59,7
1250	63,5	62,8	63,1	62,3	62,6	62,6	63,1	63,1	62,9
1600	64,9	64,5	64,1	63,9	64,1	64,1	65,1	64,8	64,7
2000	65,3	64,7	64,8	65,1	64,9	64,8	66,6	66,1	66
2500	66,1	65,9	66	66,4	65,9	65,9	67,9	67,4	67,3
3150	68	67,3	66,6	68,6	67,5	67	70,6	69,2	69,4
4000	70,4	69,6	67,9	70,1	69,8	68,1	72,7	72,2	71,5
5000	72,9	72,5	69	73,1	72,8	69,1	76,3	75	72,2
R'w [dB]	57	57	56	57	57	57	57	56	56
C	-1	-2	-1	-2	-3	-2	-2	-2	-1
Ctr	-6	-7	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-6

f [Hz]	A1-A2		A2-A1		A2-A3	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	39,1	37,2	37,9	35,5	39,9	38,4
250	44,9	43,2	45,5	44,6	43,9	42,5
500	52,8	50,7	52,7	51,9	53,0	50,9
1000	59,6	57,5	59,9	58,7	60,1	57,8
2000	64,7	62,2	64,7	62,9	65,6	62,9
R'w [dB]	56	54	56	54	56	54
C	-2	-1	-2	-1	-2	-1
Ctr	-6	-6	-6	-6	-6	-5

Tabella 136– Potere fonoisolante apparente dei solai, confronto tra i diversi metodi per le misure A3-A2, B1-B2, B2-B1

f [Hz]	A3-A2			B1-B2			B2-B1		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	36,2	36,6	35,3	30,1	33,4	33	28	28,9	31,2
125	33,4	33,6	34,2	39,2	41,7	38	38,3	38,8	33,5
160	40,4	41,2	40,1	39,1	41,1	38,8	41	42,3	41,9
200	41,2	41,8	41,1	39	42,1	37,9	41,6	42,7	38,9
250	46,7	46,2	45,3	41,3	42,2	39,4	41,9	41,3	41,5
315	48,9	49,4	48,4	42,3	42,3	43	43,4	43,1	43,1
400	51,4	51,4	51,1	48,3	48	48,2	47,4	48,2	47,6
500	54,3	54,3	54,3	52,6	53,4	53,2	51,6	52	51,9
630	57	56,7	57	56,1	55,6	56,2	55,9	55,5	55,3
800	59,1	58,9	59	58,9	58,9	58,7	58,4	58,1	58,9
1000	60,1	60,4	61	61,7	61,6	61,6	61,3	60,5	61,3
1250	64,1	63,3	63,3	64,1	63,7	64,2	64,4	63,8	64,4
1600	65,7	65	65	66,5	66,2	65,5	66,4	66	65,9
2000	66,8	66,6	66,2	69,2	68,7	68,5	68,3	68,5	68,7
2500	68,1	67,7	67,3	70,3	70,2	70,5	70,5	70,5	71,6
3150	69,5	69,3	69	71,7	72,8	73,1	72,2	73,5	73,2
4000	71,6	72,5	70,6	72,5	75,2	74,6	72,5	75,6	74,1
5000	74,7	75,1	71	71,8	76,7	75,1	70,6	77	74,7
R'w [dB]	56	56	56	54	55	54	54	54	53
C	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1
Ctr	-7	-7	-7	-8	-6	-7	-8	-8	-6

f [Hz]	A3-A2		B1-B2		B2-B1	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	37,0	35,1	37,0	36,1	35,3	33,7
250	44,5	42,7	39,4	39,5	40,7	40,5
500	52,3	50,2	50,5	49,9	49,6	49,5
1000	60,5	58,4	60,7	59,3	60,8	59,7
2000	65,9	63,3	67,4	65,6	67,7	66,1
R'w [dB]	55	53	53	52	52	52
C	-1	-1	-2	-1	-1	-2
Ctr	-6	-6	-6	-6	-6	-7

Tabella 137– Potere fonoisolante apparente dei solai, confronto tra i diversi metodi per le misure B2-B3, B3-B2, C1-C2

f [Hz]	B2-B3			B3-B2			C1-C2		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	30,2	31	36,9	26,2	28,8	32,4	24,8	25,5	23,6
125	37,5	38,7	35,5	38,1	39,5	32,9	40,3	38,5	41,4
160	39	41,5	39,4	37,7	37,6	37,6	37,9	37,8	40,2
200	38,8	39,6	39,4	39,7	39,7	36,7	38,6	37,5	39
250	43,2	43,1	42,1	41,6	44,7	43	43,1	43,9	44
315	46,5	46,4	44,5	44,2	43,9	44,5	47,8	47	46,6
400	49,4	50,4	49,3	48,9	50,4	48,9	51,1	49,7	50,2
500	53,7	54,5	54,3	53,7	54,2	54,3	53,3	52,9	53,6
630	58,8	58,2	58	58,4	58,4	57,5	56,8	56,6	56,5
800	61,8	60,3	60,7	61	61,1	60,9	59	59,7	59,1
1000	63,6	62,2	62,6	63,3	63	62,9	61,1	60,9	61,1
1250	67,5	65,3	65,7	67	66,2	66,3	63,2	63,2	62,9
1600	68,5	67,3	67,9	68,7	68,5	68,3	65,4	65	64,6
2000	70,1	68,9	69,2	70,5	70,2	70	66,5	66,3	67,1
2500	72,2	70,4	70,7	72,6	72,4	71,9	68,9	68,4	69,4
3150	75,4	73,2	71,8	75,6	75,5	74,7	70,9	70,2	70,6
4000	78,8	75,8	73,1	78,7	76,9	74,8	72,7	72,9	71,9
5000	80,8	77	73,2	79,1	77,3	74,7	75,2	74,3	72,7
R'w [dB]	30,2	31	36,9	54	55	53	54	54	54
C	37,5	38,7	35,5	-3	-3	-1	-3	-3	-4
Ctr	39	41,5	39,4	-10	-9	-7	-10	-10	-11

f [Hz]	B2-B3		B3-B2		C1-C2	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	37,3	36,9	34,6	33,7	32,6	29,9
250	41,6	41,7	39,6	39,7	43,0	41,0
500	51,4	50,7	51,3	50,7	51,6	49,1
1000	62,4	60,7	62,6	61,2	60,5	57,8
2000	68,9	66,8	69,5	67,7	65,9	63,0
R'w [dB]	54	54	52	52	53	50
C	-1	-2	-1	-2	-2	-1
Ctr	-6	-6	-6	-7	-8	-7

Tabella 138– Potere fonoisolante apparente dei solai, confronto tra i diversi metodi per le misure C2-C1, C2-C3, C3-C2

f [Hz]	C2-C1			C2-C3			C3-C2		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	22,2	24,3	25,7	24,9	24,8	28,1	27,1	27,6	30
125	38,1	35,9	37,7	37	32,2	37,2	38,1	36,4	38,3
160	37,2	38,4	37,3	37,1	36,5	41,1	35,7	35,4	38,5
200	39,6	40,9	41	40,4	41,4	40,2	40,9	40,2	38,9
250	44,5	45	44,6	45,4	45,7	42,9	45,5	45,2	43,8
315	47,6	46,7	46,6	48,8	48,1	47,3	48,5	49,2	48,8
400	50,8	50,2	50,6	51,5	51	51,1	52,4	51,7	50,9
500	54,4	53,5	53,4	54,4	53,9	54,4	54	54	53,8
630	56,7	56,3	56,9	57,4	57,2	57,3	57,1	56,9	56,3
800	59,3	58,5	58,1	60	59,8	60	61	60,6	60,2
1000	60,2	60,4	60,2	61,3	61,5	60,7	61,3	60,9	61,5
1250	63,2	62,9	63,4	64,4	64	64,4	64,6	64,1	63,9
1600	64,4	64,5	64,6	66,1	66	65,1	66,7	66,3	66,1
2000	66	66,3	66,6	67,2	67,2	66,5	66,4	67	67
2500	68,2	68,3	70,2	68,6	68,3	68,1	68,4	68,2	68,2
3150	70,2	69,8	71,5	70,5	69,9	70,1	70,2	70	70,2
4000	71,7	72,4	71,9	72,6	72,9	71,7	73,2	73,1	72,2
5000	75,1	73,9	72,5	77,4	74,6	72,4	77,4	75	73,1
R'w [dB]	54	54	54	55	54	55	55	55	55
C	-5	-3	-3	-4	-3	-2	-3	-3	-2
Ctr	-12	-11	-10	-11	-11	-9	-10	-10	-8

f [Hz]	C2-C1		C2-C3		C3-C2	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	33,6	31,4	35,5	33,4	36,6	33,9
250	43,1	42,1	43,3	41,4	43,7	41,7
500	51,9	50,1	52,6	49,8	52,0	49,5
1000	59,5	57,4	61,1	58,4	61,3	58,6
2000	65,5	62,7	66,1	63,1	66,8	63,8
R'w [dB]	53	52	54	52	55	52
C	-1	-2	-1	-1	-2	-1
Ctr	-7	-8	-6	-7	-7	-6

Tabella 139– Potere fonoisolante apparente dei solai, confronto tra i diversi metodi per le misure D1-D2, D2-D1, D2-D3

f [Hz]	D1-D2			D2-D1			D2-D3		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	34,3	37,7	37,8	35,1	37,5	40,1	40,4	42,1	42,7
125	35	35,6	36,9	35	35,7	35,8	39,1	39,2	37,8
160	36,7	37,2	37,2	33,9	36	34,8	37,9	39,3	40,4
200	41,3	42,1	42,1	39,2	41,2	40,2	41,5	42,3	43,8
250	46	45,1	45,4	43,2	41,6	42,8	44	42,6	43,1
315	49,7	49,3	49,3	46,9	47,5	46,9	47,2	47,8	47,6
400	50,7	50,8	51	49,4	49,7	48,9	50,5	50,3	49,8
500	52,7	52,9	53,4	52,2	52,7	53,1	52,9	53	52,4
630	55,3	54,7	54,8	55,2	54,5	54,8	55,7	55,6	55,7
800	56,6	56,8	56,1	56,5	56,8	56,8	57,6	57,6	57,4
1000	58,8	57,9	58,2	57,9	58,3	58,1	60,1	59,5	59,6
1250	60,4	60,2	60,9	61,4	60,7	60,7	62,3	61,9	61,9
1600	62	62,5	63,1	62,6	63,1	63,4	63,4	63,3	63,5
2000	64,5	64,1	64,4	64	64,2	64	64,4	64,5	65
2500	65,7	66	66,4	66,8	66,1	66	66,3	65,9	66
3150	68,5	68,2	68	69,1	68	67,5	68,9	68,5	67,9
4000	69,8	70	69,8	70,3	69,8	68,9	70,3	70,4	69,4
5000	71,6	72,6	71,6	73,5	72,2	69,8	72,9	73,8	70,5
R'w [dB]	55	55	56	54	55	54	56	56	56
C	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1
Ctr	-7	-6	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-5

f [Hz]	D1-D2		D2-D1		D2-D3	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	37,2	34,7	35,6	33,9	39,4	37,6
250	45,2	43,6	42,9	41,7	44,9	44,4
500	52,3	50,6	50,6	49,4	51,1	49,8
1000	57,8	56,0	58,1	56,6	59,0	57,3
2000	64,1	62,0	64,0	62,0	64,5	62,3
R'w [dB]	55	53	54	52	56	54
C	-1	-1	-2	-1	-2	-1
Ctr	-6	-6	-7	-6	-6	-5

Tabella 140– Potere fonoisolante apparente dei solai, confronto tra i diversi metodi per le misure D3-D2, E1-E2, E2-E1

f [Hz]	D3-D2			E1-E2			E2-E1		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	37,8	38,5	39,9	32,5	33,4	33,4	33,6	32,9	34,7
125	36,4	38,7	33,7	39,4	38,4	37,8	39,7	38,5	36,2
160	41	44,1	40,3	39	38,6	38,4	38,8	39,3	37,7
200	42,6	43,5	41,3	41,5	40,8	40,7	41,9	41	40,4
250	44,5	43,8	45,6	46,2	45,4	43,5	45,6	46,1	44,6
315	47,6	47,2	48	49,3	49,1	47,2	50	49,6	49,7
400	50,5	51,2	50,6	52,1	52,6	52	53,6	53,4	51,6
500	53,2	53,7	53,5	56,5	56,6	55,5	55,1	56,4	54,9
630	56,5	56,2	57,1	57,7	57,6	56,5	57,7	58,6	57,7
800	57,3	58,3	58,3	60,2	60,1	59,1	60,7	60	60,1
1000	59,2	59,8	59,3	62,1	61,6	60,9	61,5	61,9	61,1
1250	61,7	62	62	64,7	64,6	63,8	63,7	63,9	63,5
1600	63	63,2	63,4	66,1	65,7	65,5	66,3	65,9	65,7
2000	65	65	64,9	67,2	67,1	66,9	67,6	67,1	67
2500	66	66,2	66	70,7	70,4	69,9	69,9	69,8	69,6
3150	67,6	68,4	67,6	72	73,5	71,9	72,6	72,9	72,2
4000	68	70,1	68,1	72,8	74,5	72,7	73	74,3	73,2
5000	68	73,5	69,5	73,8	74,7	71,9	74,8	74,6	73,3
R'w [dB]	56	57	56	57	57	56	57	57	56
C	-2	-2	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2
Ctr	-6	-6	-7	-8	-8	-7	-8	-8	-7

f [Hz]	D3-D2		E1-E2		E2-E1	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	36,4	33,9	37,4	36,4	36,7	36,1
250	44,9	43,3	43,6	42,2	44,6	43,2
500	52,2	50,5	53,5	51,4	53,0	51,0
1000	59,4	57,6	60,7	58,2	61,2	59,0
2000	64,4	62,2	66,7	64,0	66,8	64,0
R'w [dB]	55	53	55	54	55	54
C	-2	-2	-1	-2	-1	-2
Ctr	-6	-7	-6	-6	-6	-6

Tabella 141– Potere fonoisolante apparente dei solai, confronto tra i diversi metodi per le misure E2-E3, E3-E2, F1-F2

f [Hz]	E2-E3			E3-E2			F1-F2		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	35,1	34	35,1	33,9	33,6	36,2	36,9	36,3	34,9
125	39,6	39,1	38,8	39,7	39	35,2	39,7	38,8	38,6
160	38,2	39,5	39,2	38,5	39,1	39,2	39,6	40,1	43
200	40,7	40,4	40,9	44,3	41,7	42,7	41,6	41,5	44,7
250	43,9	44,8	41,3	45	44,2	43,6	47,5	46,9	46,7
315	49	48,1	46,5	48,8	48	47,5	50,4	50,3	50,8
400	52,7	51,7	50,2	51,5	51,3	50,6	54,4	54,4	55
500	54,3	54	53,7	55,2	54	54,7	57,8	58,6	58
630	57,8	57,3	57,3	58,1	56,9	57,8	61	60,7	60,5
800	60,1	59,1	59,9	60,5	59,3	59,8	62,3	61,5	61,6
1000	61	60,7	60,2	61,8	60,6	60,6	62,9	62,1	62,9
1250	64	63,6	62,9	63,9	63,4	64	65,4	64,5	64,6
1600	65,9	65,5	64,8	65,4	65,6	65,4	67	65,8	65,6
2000	68,9	68	67,5	67,9	67,9	67,1	68	68	67,6
2500	70,4	70	69,2	69,5	70	69,2	71,5	72,2	70,6
3150	73,1	72,5	72,3	72,7	72,5	72,8	74,6	74,8	73
4000	75,2	74,9	72	73,1	75	73,4	76,5	75,7	72,6
5000	77,5	75,6	71,6	71,2	75,7	73,6	78,1	75,6	71,6
R'w [dB]	56	56	55	57	56	56	58	58	59
C	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Ctr	-7	-7	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-8

f [Hz]	E2-E3		E3-E2		F1-F2	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	38,5	37,3	37,0	36,0	40,2	40,4
250	43,2	42,2	44,6	43,1	47,3	46,3
500	51,6	49,8	52,2	50,2	56,5	54,8
1000	60,6	58,4	60,9	58,6	62,8	60,4
2000	66,6	63,9	66,6	64,0	67,1	64,6
R'w [dB]	55	54	55	54	58	57
C	-2	-2	-1	-2	-1	-1
Ctr	-6	-6	-6	-6	-6	-6

Tabella 142– Potere fonoisolante apparente dei solai, confronto tra i diversi metodi per le misure F2-F1, F2-F3, F3-F2

f [Hz]	F2-F1			F2-F3			F3-F2		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	38	38,1	33,4	36,5	35,6	35,7	34,9	35,5	29,7
125	40,9	38,4	37,6	33,2	33,2	33,1	33,9	33,3	29,8
160	40,9	41,2	42,1	38,5	38,4	37,7	37,7	36,4	35,6
200	42,9	42,5	44,8	40,5	41,2	39,2	40,7	38,9	41,1
250	47,7	47,2	47,4	45,9	46,1	45	45,4	44,3	45,2
315	51,3	51,1	50,6	49,1	48,4	49,7	49,7	49,1	48,9
400	55,3	54,8	54,5	51,6	52,3	52	53,7	53,1	53,3
500	58,2	57,4	58,5	56,2	56,4	56,6	57,4	56,8	57,2
630	60,6	60,1	60,1	59	58,7	58,9	59,9	59,5	58,8
800	61,9	61,2	61,8	62,3	62,2	62,4	62,8	62,2	62,7
1000	62,4	62	62,3	64,1	64	63,5	64,4	63,8	64
1250	64,6	63,8	64,4	64,8	64,6	64,9	65,5	65,1	64,3
1600	66,3	65,7	65,9	65,1	65,1	65,2	66,3	66,3	65,5
2000	68,4	67,7	67,8	67,3	67,3	67,4	68,5	67,6	67,3
2500	71	71,3	70,5	68,4	68,2	67,8	69,1	68,4	67,7
3150	73,8	74,6	73	66,3	66,5	65,9	66,2	66	65,5
4000	75,9	75,8	72,6	73,7	73,6	70,9	73,2	72,8	70,4
5000	75,8	75,7	71,7	77,9	75,8	70,8	77,4	73,3	70,2
R'w [dB]	59	59	58	56	56	56	56	56	55
C	-2	-3	-2	-2	-2	-3	-2	-3	-4
Ctr	-7	-8	-8	-7	-7	-8	-7	-8	-10

f [Hz]	F2-F1		F2-F3		F3-F2	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	39,1	39,6	35,5	34,7	32,1	31,9
250	47,6	47,2	43,6	42,5	43,8	43,0
500	56,3	55,2	54,1	52,2	55,0	53,3
1000	62,6	60,8	63,4	61,0	63,6	61,2
2000	67,3	65,1	66,4	63,8	66,6	64,0
R'w [dB]	58	58	55	54	54	53
C	-2	-2	-2	-2	-3	-2
Ctr	-7	-7	-7	-7	-9	-8

Tabella 143– Potere fonoisolante apparente dei solai, confronto tra i diversi metodi per le misure G1-G2 e G2-G1

f [Hz]	G1-G2			G2-G1		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	37,8	37,2	28,4	30,4	32,9	31,3
125	43,2	41,6	42,3	42,8	38,8	42,2
160	37,9	37,9	40,7	40,4	37,5	40,1
200	41,4	39,1	40,1	40	39,6	39,1
250	44,3	42,7	44,3	45	45,2	45,3
315	49,1	48,8	48,5	47,2	47,4	46,8
400	52,8	53,4	50,2	53,1	52,5	51,7
500	55,1	55,2	54,9	54,8	55,4	56,2
630	56,8	56,8	56,1	56,3	55,7	56,3
800	58,1	57,4	57,8	58,6	57,7	56,6
1000	58,5	59,2	58,5	59,4	58,7	58,2
1250	59,6	59,8	60,6	60,7	60,2	59,8
1600	61,6	62,2	62,3	61,3	61,5	61,6
2000	63,7	64,2	64,2	64	64,1	63,6
2500	66,5	66,3	66,5	66	66	66,5
3150	68	68,1	68,1	68,4	68	67,8
4000	70,2	71,1	68,9	68,9	70,9	69,8
5000	72	73,3	68,6	70,9	73,1	69,9
R'w [dB]	57	56	55	56	56	56
C	-2	-2	-2	-2	-3	-3
Ctr	-7	-7	-8	-8	-8	-8

f [Hz]	G1-G2		G2-G1	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	35,9	33,7	37,9	35,7
250	43,9	42,4	43,1	40,9
500	52,1	50,2	53,5	51,4
1000	58,7	56,6	58,0	56,0
2000	63,7	61,2	63,1	60,7
R'w [dB]	54	53	55	53
C	-1	-2	-2	-2
Ctr	-6	-7	-6	-6

Tabella 144– Potere fonoisolante apparente dei solai, confronto tra i diversi metodi per le misure G2-G3, G3-G2

f [Hz]	G2-G3			G3-G2		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	34,2	38,4	35,2	37,4	34,5	30,9
125	43,6	42,7	45	44,1	46	42
160	39,8	38,1	44,4	38,1	39,6	38,4
200	42	40,3	42,3	40	40	40,8
250	45,8	44,3	45,5	44,3	43,2	46,1
315	49,2	49,4	48,8	50,4	48,9	50
400	54,1	53,4	51,4	52,2	53,1	50,3
500	54,4	55,6	55,6	56,1	56,1	55,2
630	57,1	57,7	58,4	57,7	58,2	58,3
800	59,7	59,4	60	60,5	60	60,8
1000	60,3	60,2	61,8	61,5	60,7	60,9
1250	62,4	62,2	63	62,7	62	62,3
1600	63,3	62,9	64,3	63,5	63,5	63,3
2000	65,3	65,1	66	64,8	65	64,9
2500	66,8	66,6	68,3	67,2	67	67
3150	69,8	69,1	70,4	69,7	68,9	68,9
4000	71,3	71,6	73	72	71	71
5000	75,1	74,2	74,5	74,3	72,9	72,4
R'w [dB]	57	57	58	57	57	56
C	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Ctr	-7	-7	-7	-7	-7	-8

f [Hz]	G2-G3		G3-G2	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	41,3	39,0	37,3	35,1
250	44,1	42,7	45,1	43,7
500	53,0	50,8	52,2	50,3
1000	60,2	58,3	61,2	59,1
2000	64,1	61,7	64,5	62,1
R'w [dB]	57	55	55	54
C	-2	-2	-1	-2
Ctr	-6	-6	-6	-7

Tabella 145– Potere fonoisolante apparente delle pareti, confronto tra i diversi metodi per le misure E1-F1, E2-F2, E3-F3

f [Hz]	E1-F1			E2-F2			E3-F3		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	29,1	31,8	29,4	33,8	35,9	32,6	33,4	34,5	31,5
125	32,7	33,7	32,2	39,4	40	35,2	33,2	32,7	31,2
160	40,1	40,6	41,2	45,1	46,2	43,3	40,9	41,5	37,9
200	45,7	45,1	43,3	47,2	45,3	45,7	47,5	44,8	42,8
250	50,9	49,8	46,3	51,5	49,3	51,7	50,6	50	49,9
315	50,8	51,4	50,2	53,3	53,5	53,4	52,1	52,7	52
400	53,4	54,5	53,6	57,5	56,6	56,7	55,2	56,3	55,5
500	56,8	57,2	57,5	60,7	61,6	60,3	60,1	60,4	59
630	60,1	60,3	59,4	63	64	64	63,7	63,5	63,6
800	65	65,2	64,8	67,6	67,6	67,9	67,3	67,7	67,5
1000	66,6	67,1	66,1	69,4	69,3	69,2	70,1	69,8	69,4
1250	66,7	67,4	66,1	69	70,1	70	70,2	69,9	70
1600	66,7	66,7	67,2	69,6	69,4	69,8	71,5	72	72,4
2000	70,7	71,4	70	74,1	73,9	74,4	75,7	76,4	75,9
2500	75,2	75,9	72	77,3	77,8	76,2	77,4	78,4	77,4
3150	75,6	77,3	71,4	78,4	77,7	75,2	78,7	78,5	76
4000	75,3	76,5	67,6	77,9	75,9	73,2	78,8	76,9	73,7
5000	74,5	75,5	66,6	76,9	74,7	72,3	77,4	75,3	72,5
R'w [dB]	57	58	56	61	61	60	59	59	57
C	-3	-3	-3	-3	-2	-4	-3	-4	-4
Ctr	-10	-10	-9	-9	-8	-10	-10	-10	-10

f [Hz]	E1-F1		E2-F2		E3-F3	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	35,0	35,5	38,0	38,2	33,9	33,2
250	46,4	46,0	50,0	49,0	47,2	46,1
500	55,3	54,2	58,4	56,7	57,4	55,5
1000	65,5	63,7	68,7	66,4	68,4	66,0
2000	68,9	66,7	71,8	69,3	73,3	70,7
R'w [dB]	56	56	59	58	57	55
C	-2	-2	-2	-1	-3	-2
Ctr	-8	-8	-8	-7	-10	-8

Tabella 146– Potere fonoisolante apparente delle pareti, confronto tra i diversi metodi per le misure F1-E1, F2-E2, F3-E3

f [Hz]	F1-E1			F2-E2			F3-E3		
	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]	UNI EN ISO 140-S R' [dB]	UNI EN ISO 140-M R' [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott R' [dB]
100	32,9	31,6	26,3	37,3	37,7	31,8	32,3	32,8	28,9
125	34,4	32	30,3	35,8	36,3	35,6	32,3	31,3	30,4
160	40,9	38,8	39,2	43,8	41,6	41,7	37,9	38,3	36,9
200	45,2	44,9	41,4	46,6	46,3	47,6	44,1	43	45
250	49	48,7	49,1	50,3	49,7	49,9	47,6	47,7	48,9
315	51,3	50,6	51,9	53,5	53,3	51,8	52	52,2	51,1
400	54,7	54	54,8	56,9	57,2	56,8	56,1	55,7	54,4
500	56,7	57,4	56,2	61	60,2	61	59,6	58,9	58,8
630	60,1	60,2	59,7	64,1	63,8	64	63,6	63,1	62,4
800	64,8	64,5	64,6	66,7	66,7	66,9	67,3	66,8	66,3
1000	66,9	66,4	65,6	69	69	68,9	68,8	68,7	68,4
1250	67,1	67,1	65,9	69,8	69,8	69,7	69,2	69,2	67,6
1600	67,2	66,4	66	69,1	69,3	68,5	71,3	70,5	70,1
2000	70,3	71,2	70,3	74	73,6	73,7	75,8	75,1	75,1
2500	75,1	75	73,7	77,6	77,6	76,5	77,1	77,1	75,3
3150	77,6	75,3	73,6	78,9	77	75,1	79,5	77,1	74,4
4000	77,3	73,8	71,2	78,8	76,3	72,9	80,4	76,5	72,3
5000	73,7	72,7	69,9	77,6	75,2	71,3	79,2	75,1	71
R'w [dB]	58	57	56	60	60	59	57	57	56
C	-3	-3	-5	-2	-2	-3	-3	-3	-4
Ctr	-9	-9	-12	-8	-8	-10	-9	-9	-10

f [Hz]	F1-E1		F2-E2		F3-E3	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis R' [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab R' [dB]
125	32,9	32,3	37,5	36,5	32,6	31,4
250	45,9	44,5	49,8	48,4	47,6	46,7
500	55,8	53,8	58,6	56,5	56,3	54,5
1000	65,3	63,1	68,2	65,7	67,3	65,1
2000	68,4	65,7	70,9	68,2	71,8	69,2
R'w [dB]	55	54	59	58	56	55
C	-3	-2	-2	-3	-3	-4
Ctr	-9	-8	-8	-8	-10	-10

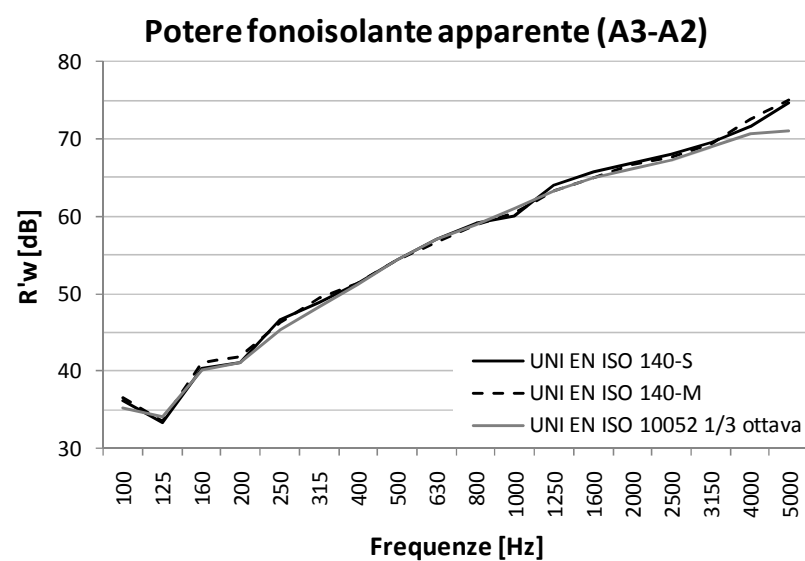
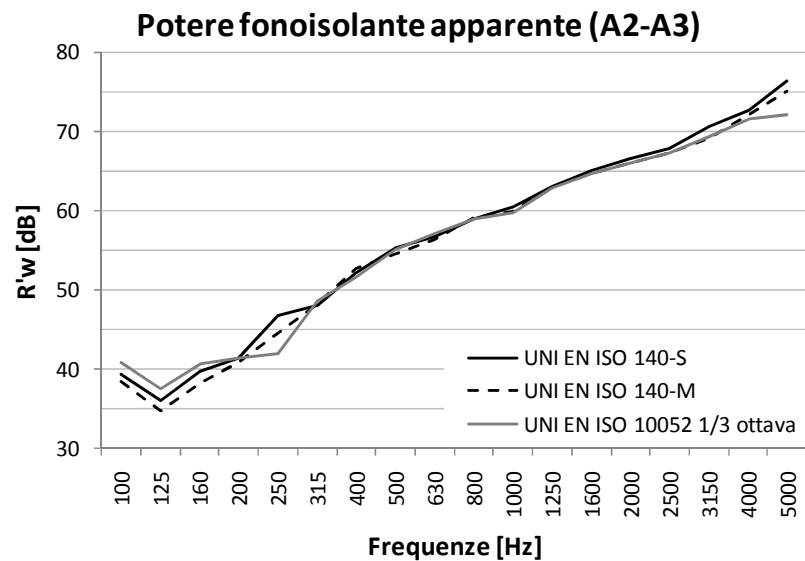
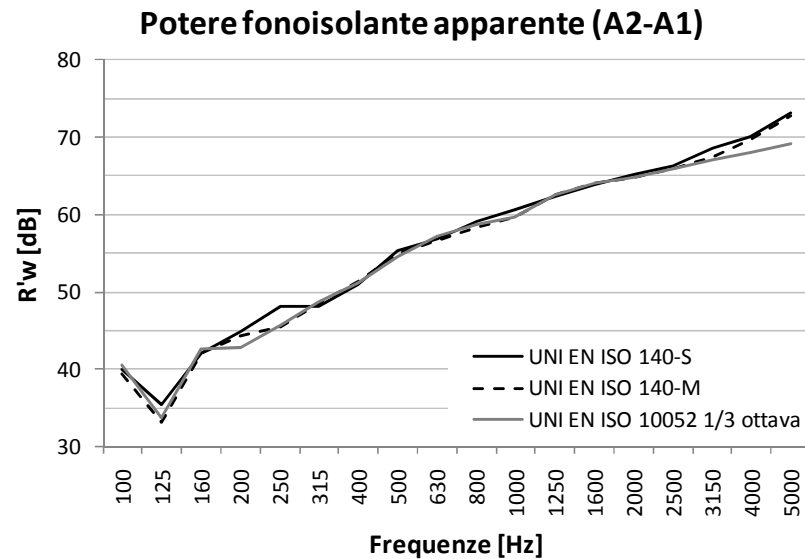
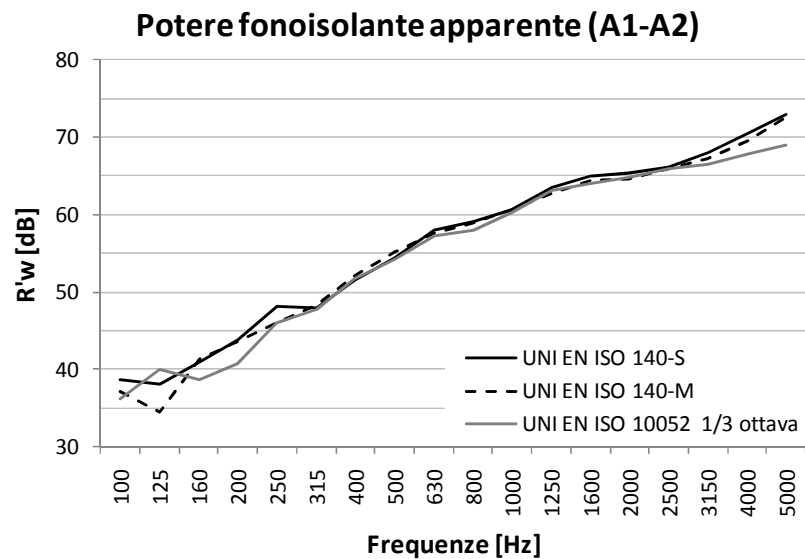


Figura 146 – Potere fonoisolante apparente dei solai, misurato con diversi metodi, per gli ambienti A

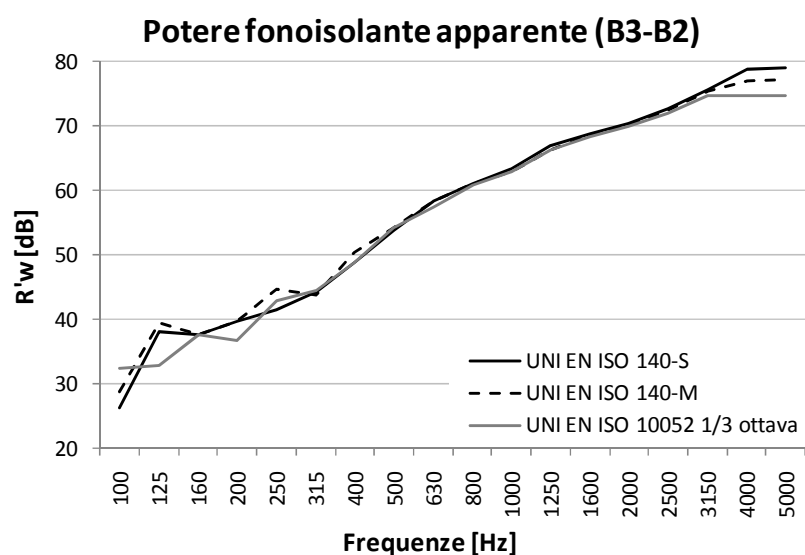
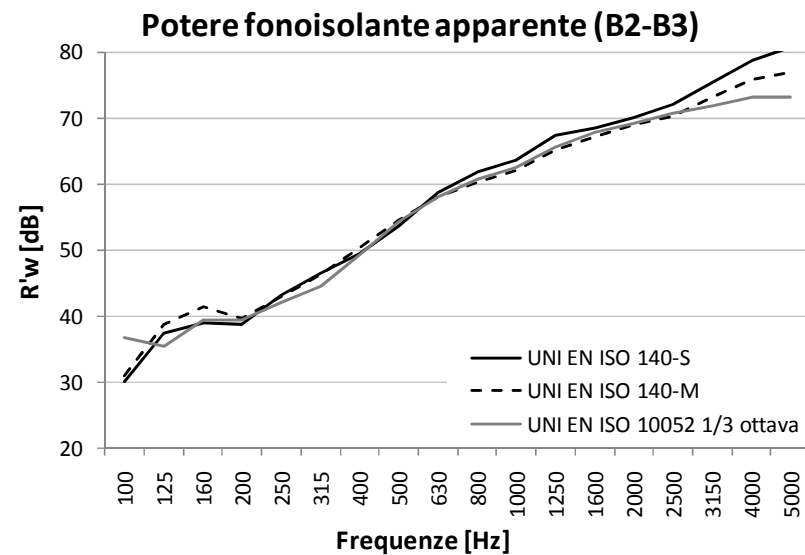
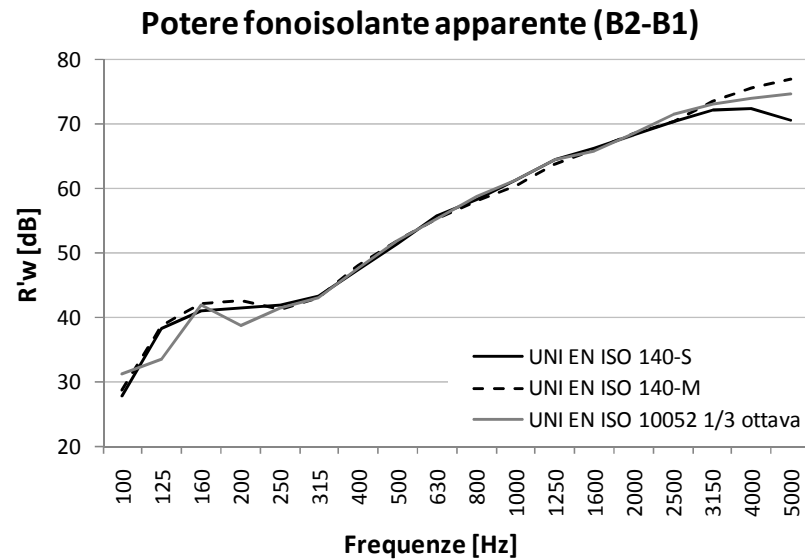
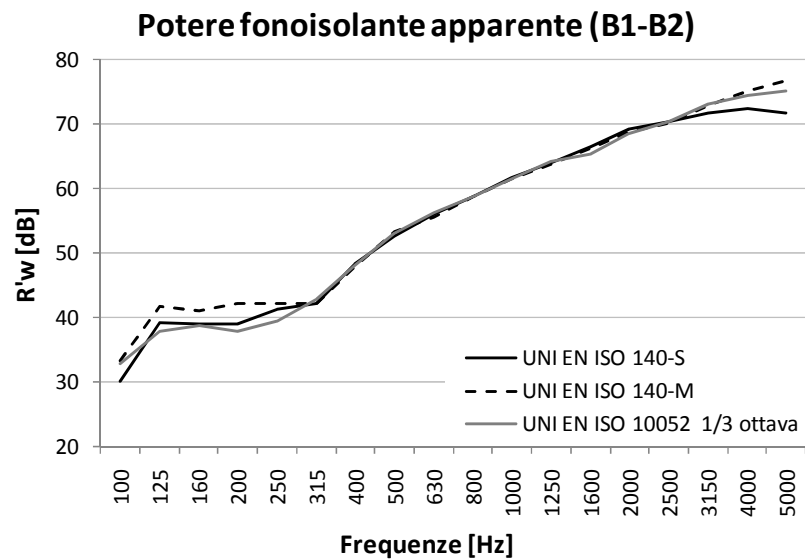


Figura 147– Potere fonoisolante apparente dei solai, misurato con diversi metodi, per gli ambienti B

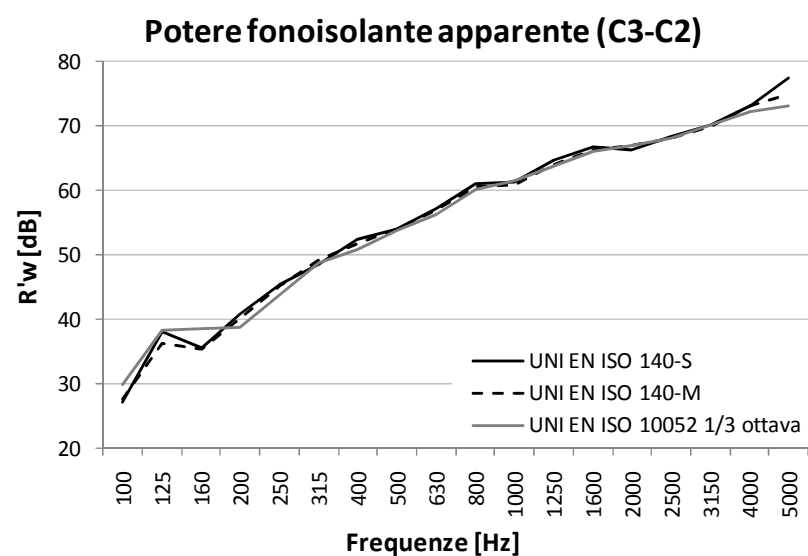
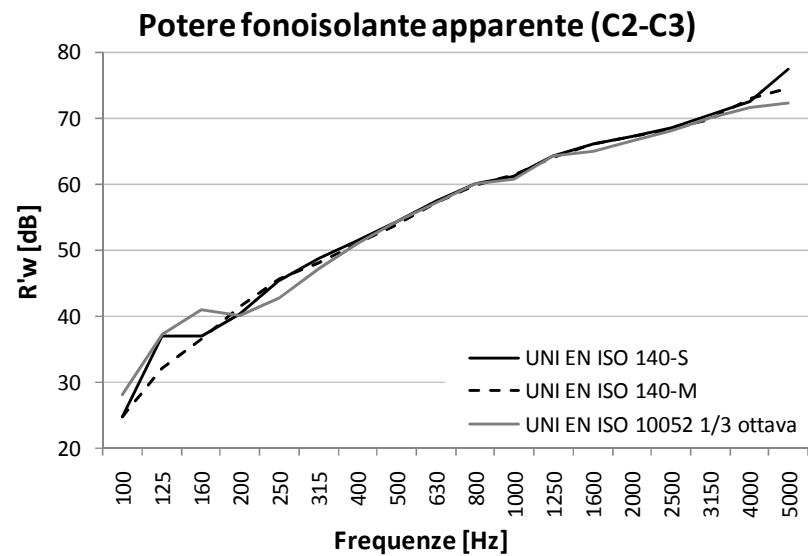
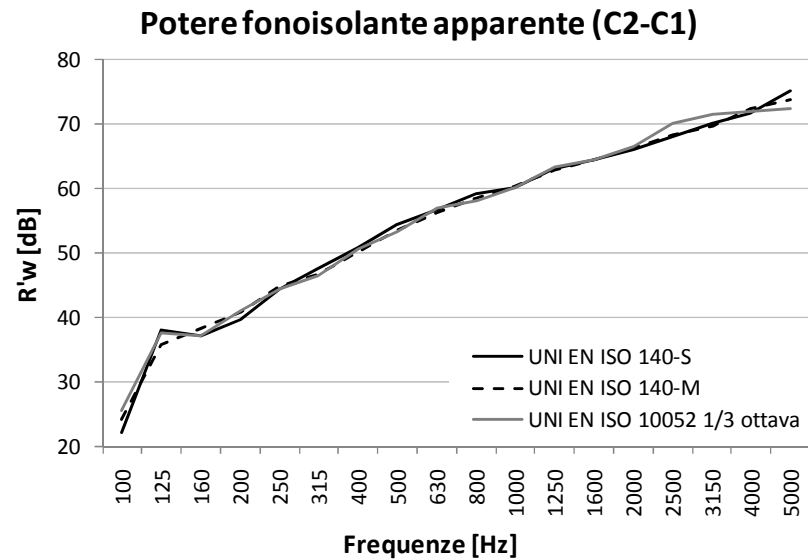
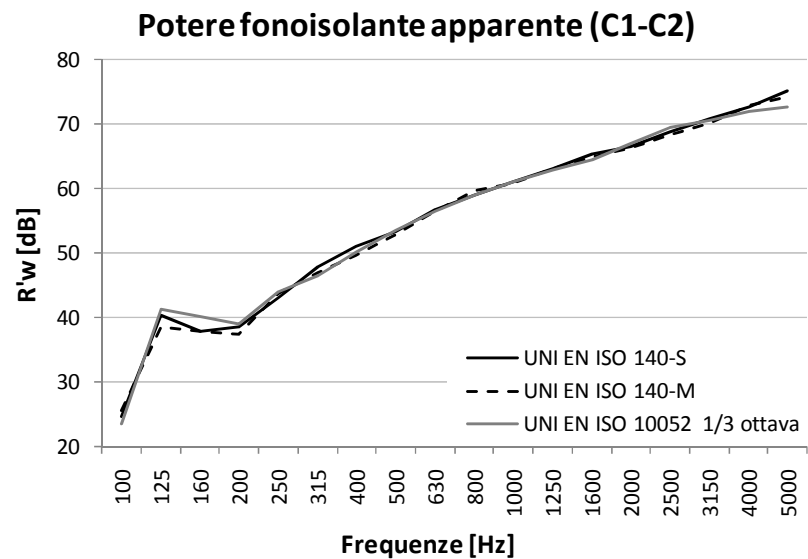


Figura 148– Potere fonoisolante apparente dei solai, misurato con diversi metodi, per gli ambienti C

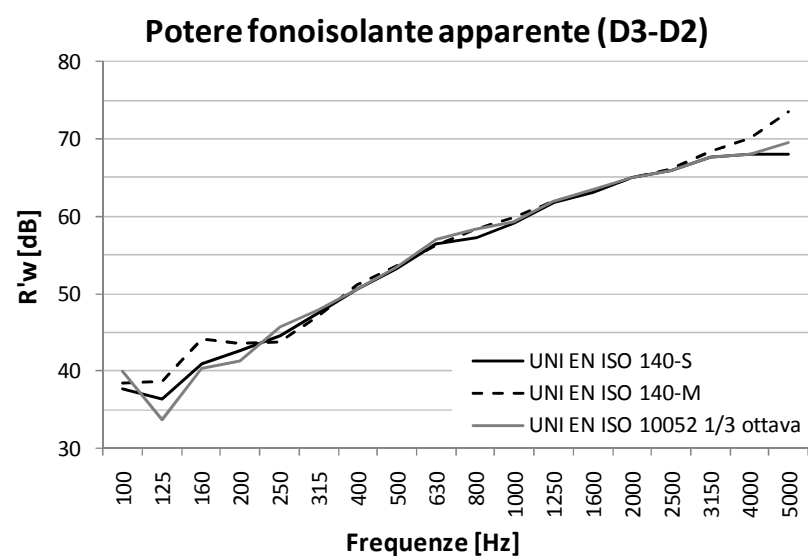
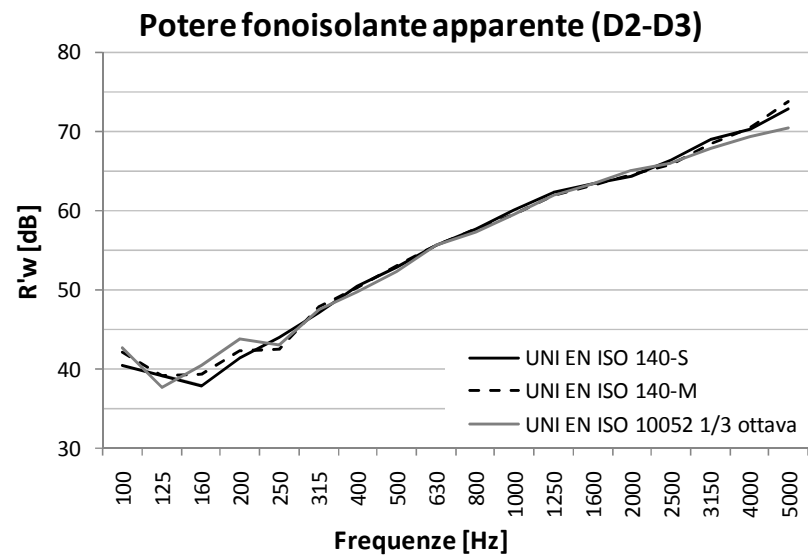
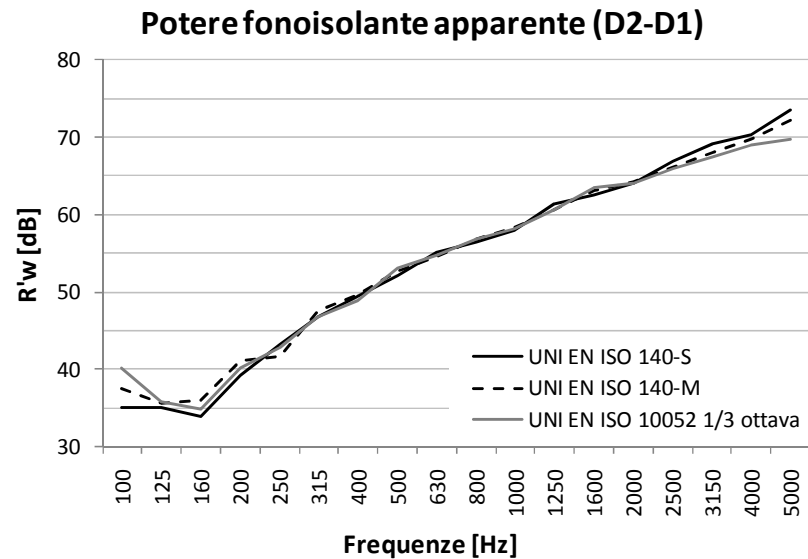
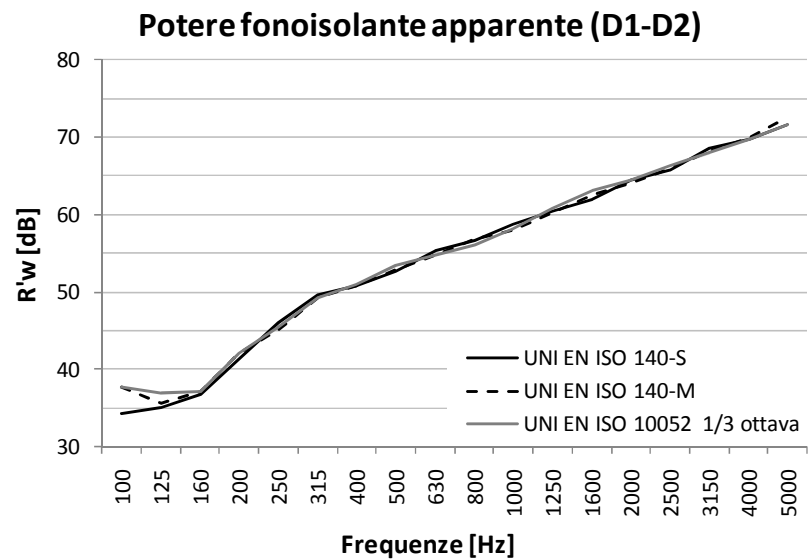


Figura 149– Potere fonoisolante apparente dei solai, misurato con diversi metodi, per gli ambienti D

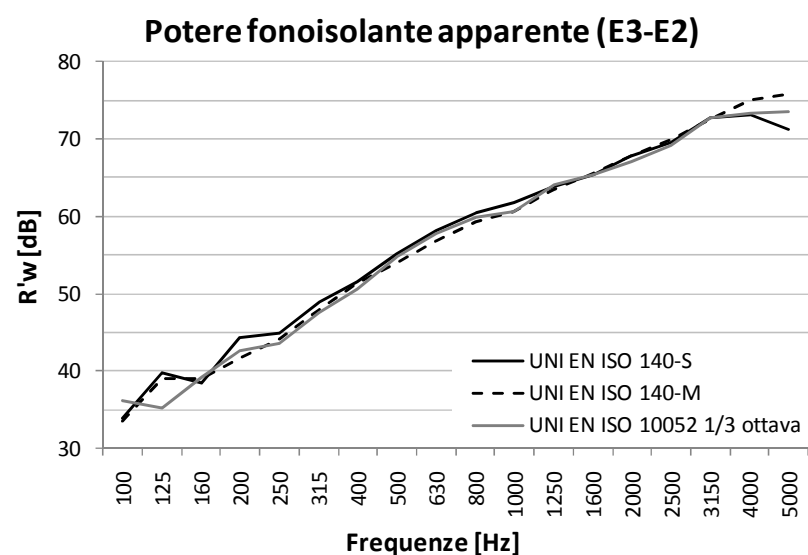
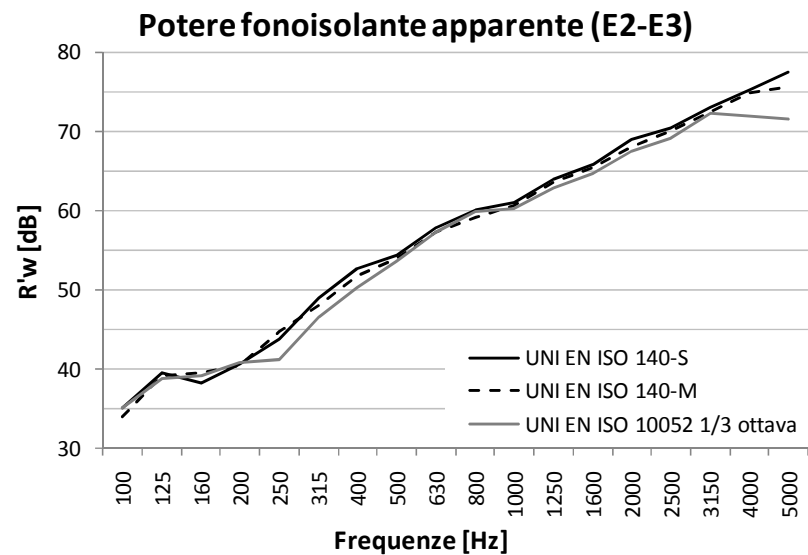
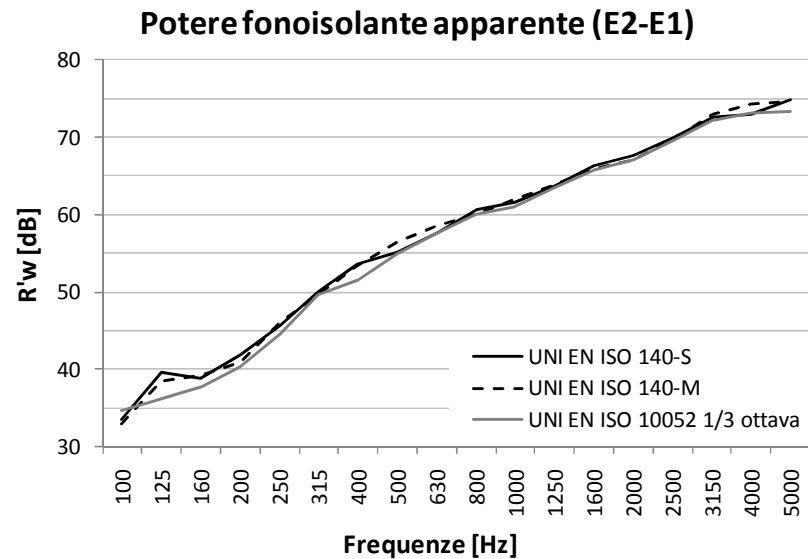
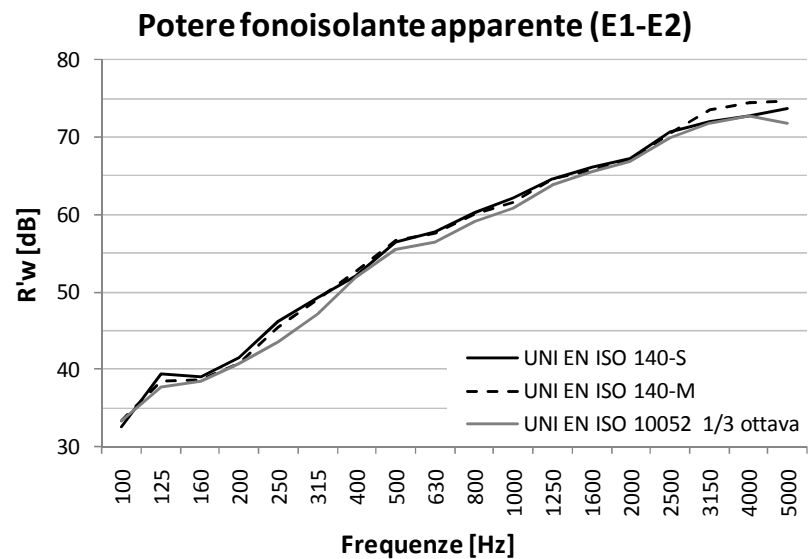


Figura 150– Potere fonoisolante apparente dei solai, misurato con diversi metodi, per gli ambienti E

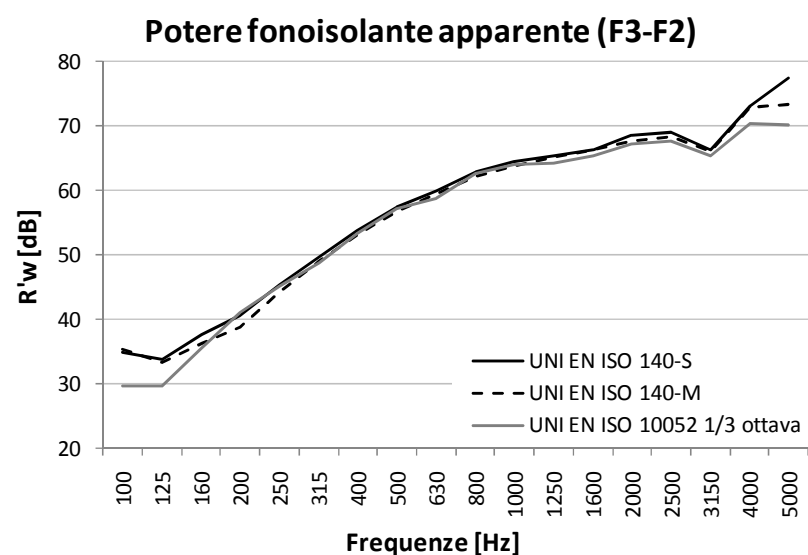
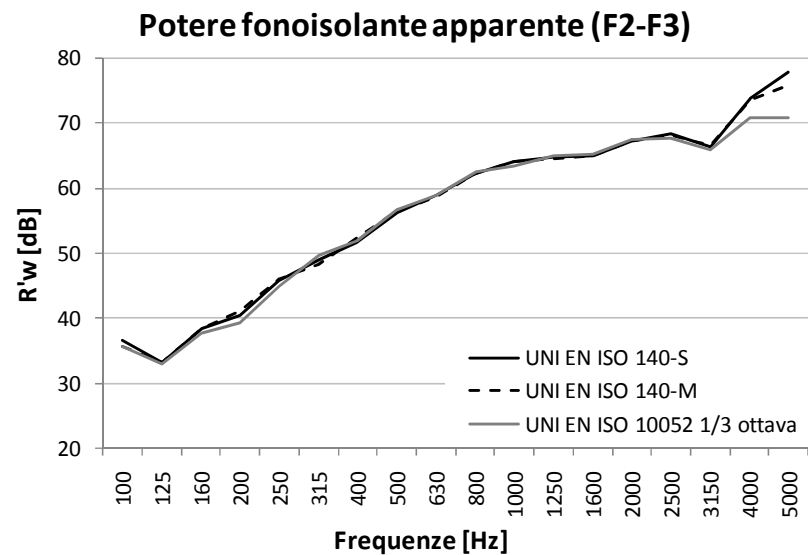
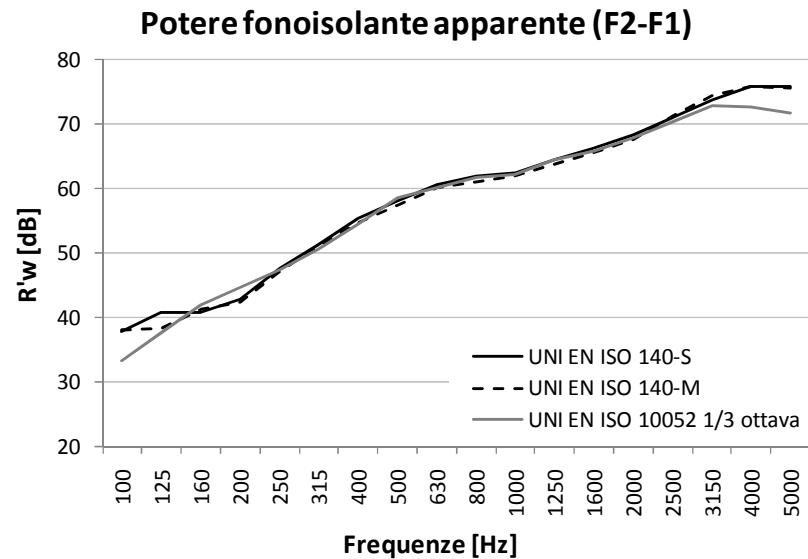
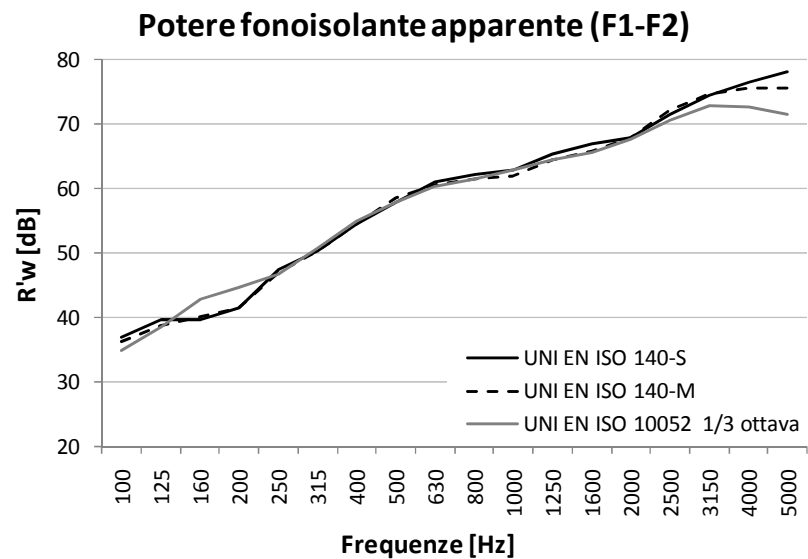


Figura 151– Potere fonoisolante apparente dei solai, misurato con diversi metodi, per gli ambienti F

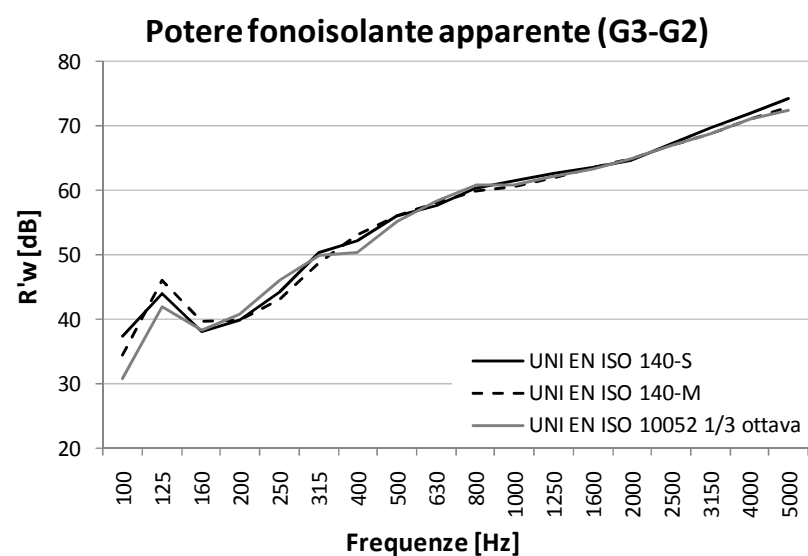
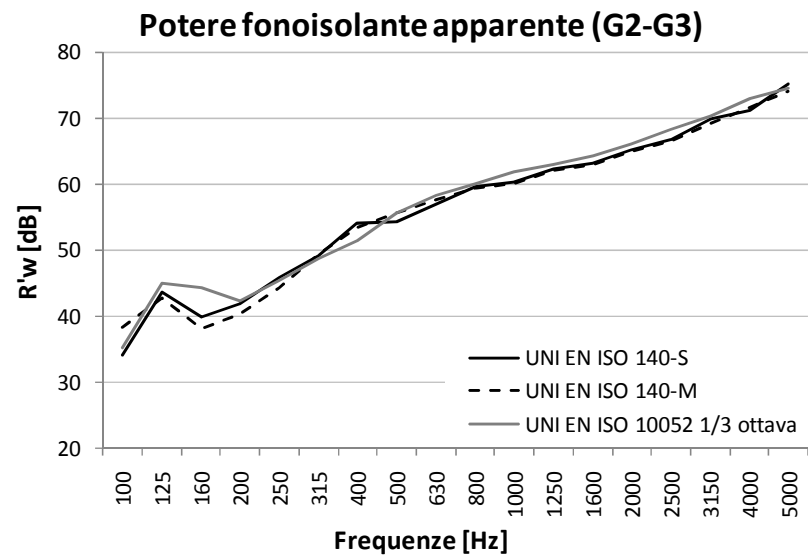
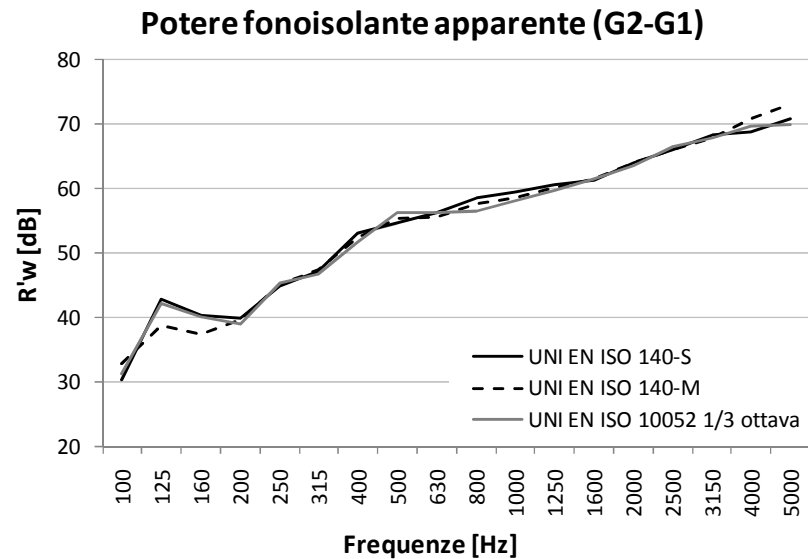
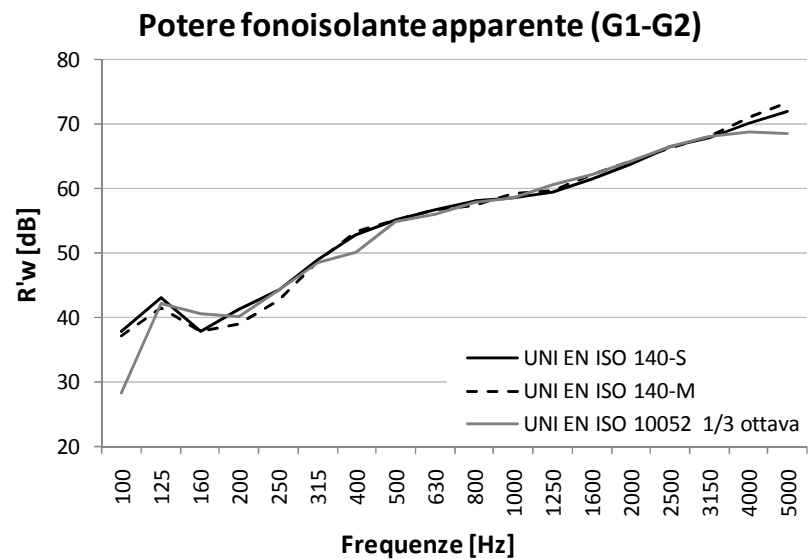


Figura 152– Potere fonoisolante apparente dei solai, misurato con diversi metodi, per gli ambienti G

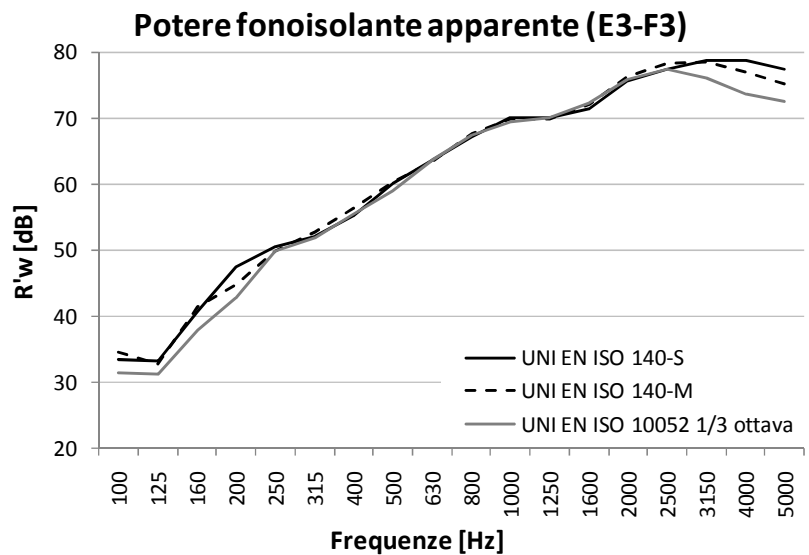
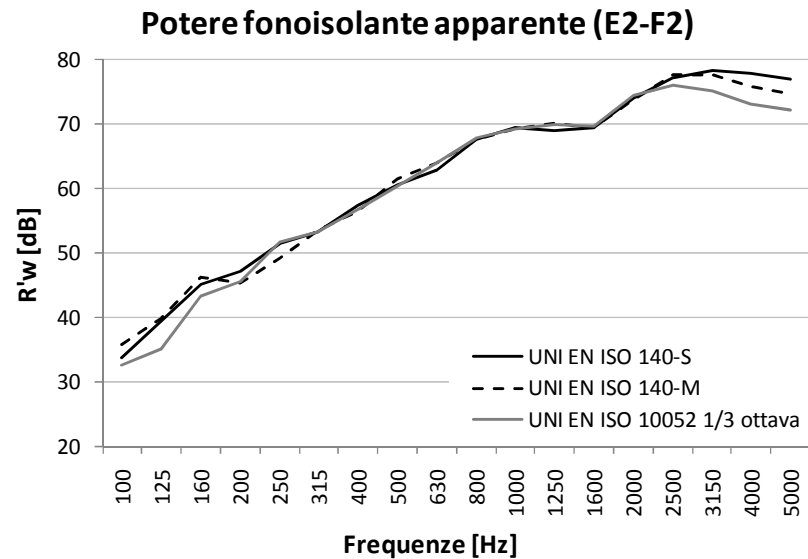
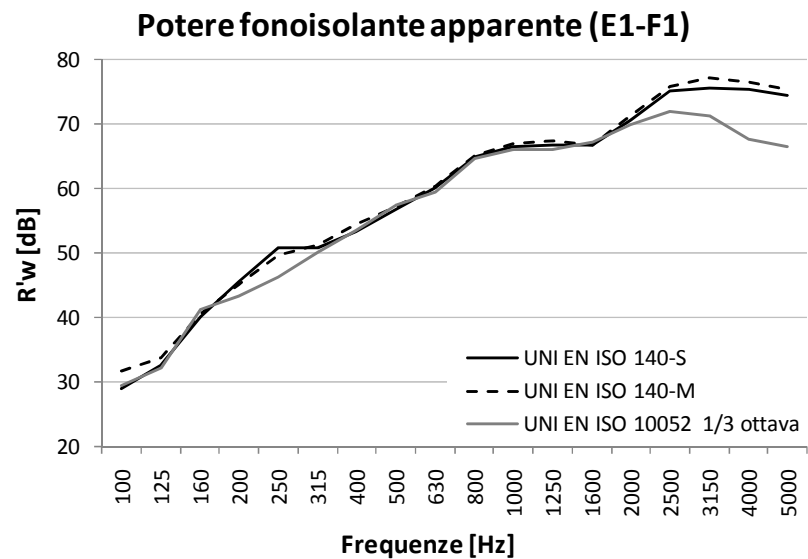


Figura 153 – Potere fonoisolante apparente delle pareti, misurato con diversi metodi, dagli ambienti E agli ambienti F

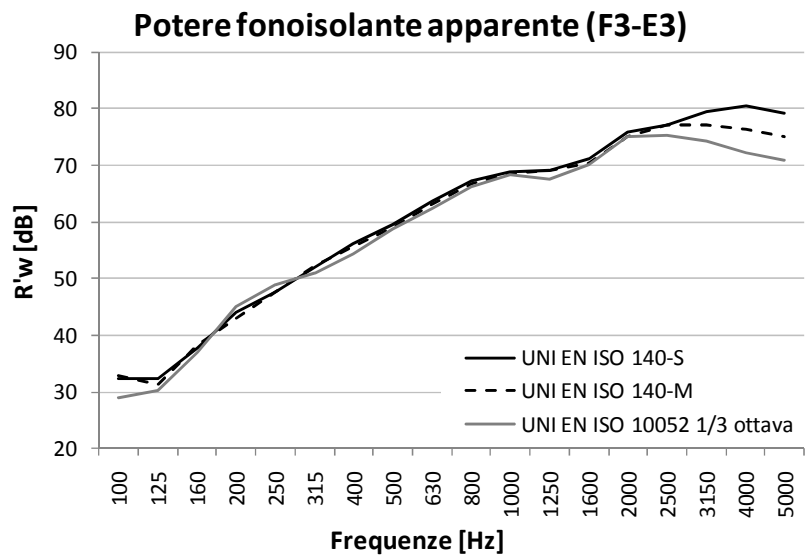
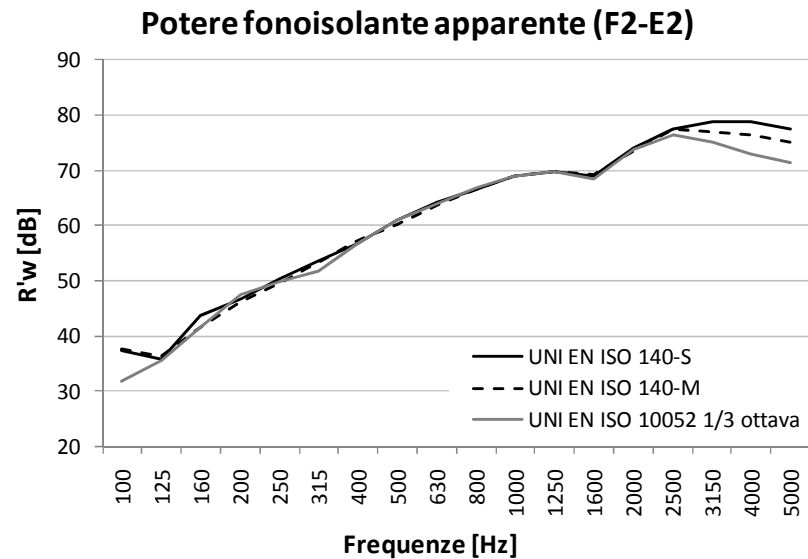
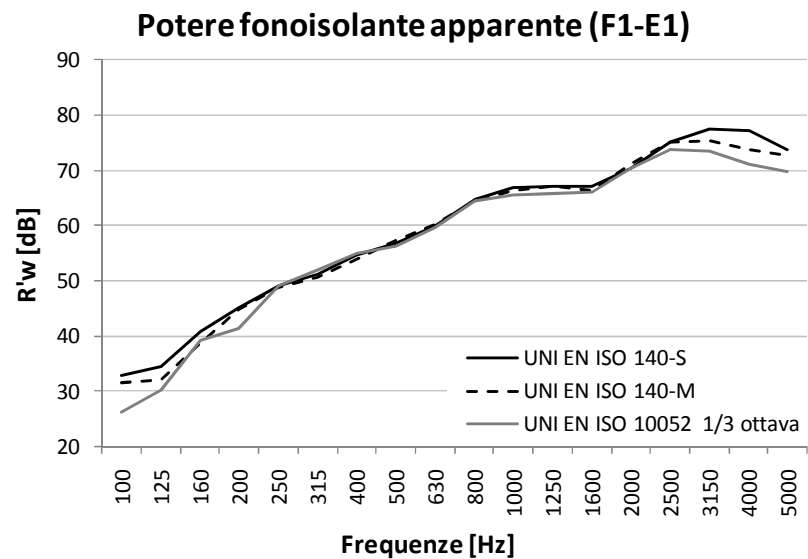


Figura 154 – Potere fonoisolante apparente delle pareti, misurato con diversi metodi, dagli ambienti F agli ambienti E

Tabella 147– Livello di calpestio misurato in verticale, confronto con i diversi metodi per le misure tra gli ambienti sovrapposti di tipo A

f [Hz]	A2-A1			A3-A2			A2-A3		
	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]
100	64,1	64,4	67,2	64,5	65,1	67,6	53	52,7	55,1
125	65,7	68,3	65,1	67	68	65,2	54,1	58,2	54,3
160	62,4	64,9	65,3	65,7	65,9	66,4	57,8	59,5	58,5
200	65	65,6	66,2	65,4	64,7	65,5	60,4	61,6	61,3
250	63	62,8	63,4	62,3	62,7	63	57,9	58,8	59,2
315	61,1	61,3	61,1	61,5	61,2	60,8	56,2	56,5	56,8
400	59	59,2	58,4	60	60	59,5	53,8	53,8	53,7
500	55,5	55,6	55,1	57,3	57,4	56,6	51,2	50,4	50,9
630	52,5	52,4	52,4	53,8	53,6	52,6	48,7	48	47,9
800	49,1	48,7	48,7	52	51,2	49,8	44	43,8	42,7
1000	46,4	45,9	46,1	49,4	48,9	47,3	40,9	40,6	39,6
1250	41,7	41,3	41	45	44,4	42	34,1	34,2	32,5
1600	36,4	35,9	35,8	40,4	39,9	38,8	25,4	26,3	24,9
2000	33	32,9	32,4	37,1	37	36,7	17,2	18,9	19,5
2500	30	30,1	27,7	33,8	33,3	32,7	12,5	15,1	17,2
3150	28,1	28,5	23	30	30,1	27,5	9,4	13,1	16
4000	28,6	29,1	21,1	29,2	29,7	24,6	9,1	12,9	15,6
5000	30,5	31	22,5	30,6	31,1	24,2	10,1	13,6	15,2
L'_{nw} [dB]	57	58	58	58	58	58	50	51	51
C_1	0	0	0	0	0	0	1	1	0

f [Hz]	A2-A1		A3-A2		A2-A3	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]
125	70,9	73,4	71,4	73,1	60,9	61,9
250	68,9	70,1	68,2	69,3	64,1	65,0
500	60,8	61,9	61,9	63,5	56,3	58,0
1000	51,1	52,8	52,2	54,2	44,7	46,5
2000	38,1	40,3	41,6	43,9	27,5	29,8
L'_{nw} [dB]	58	60	58	60	51	52
C_1	0	0	1	0	0	0

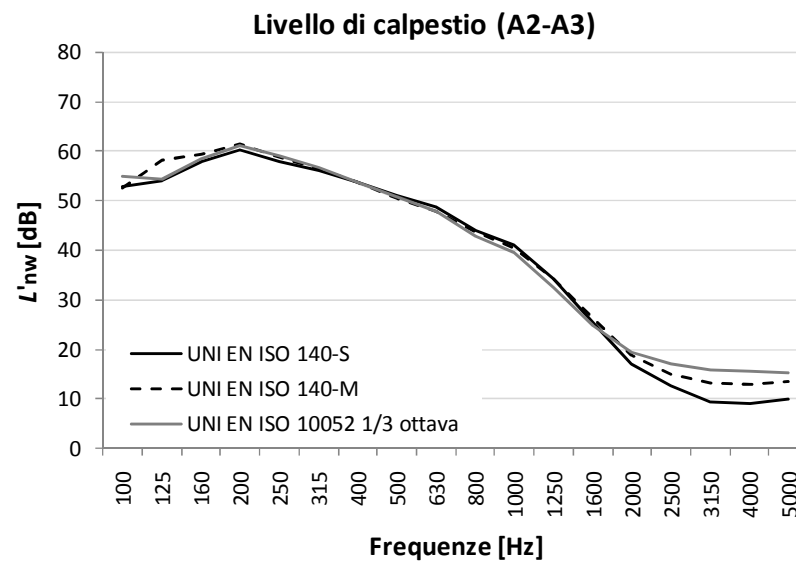
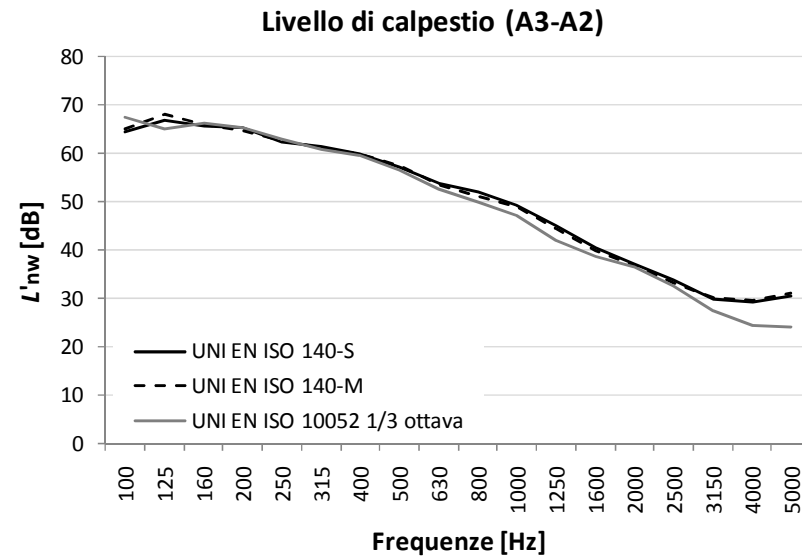
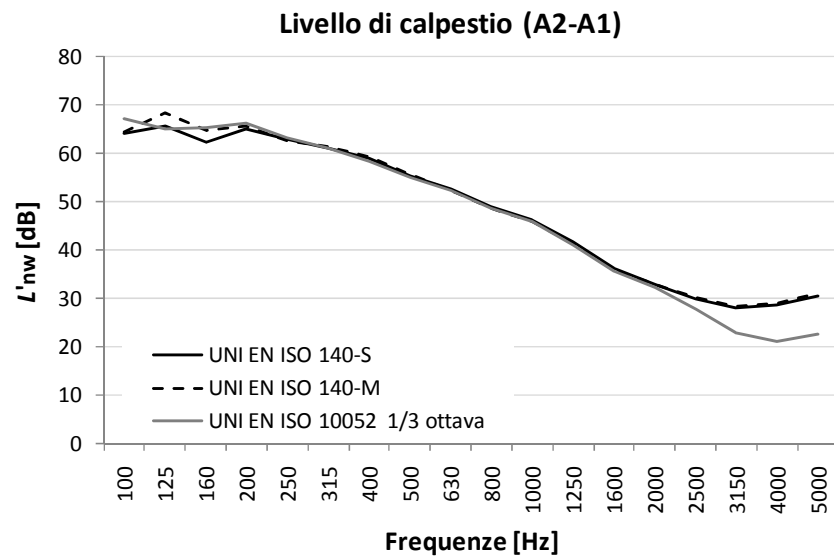


Figura 155 – Livelli di calpestio tra stanze sovrapposte, con diversi metodi di misura, per gli ambienti A

Tabella 148– Livello di calpestio misurato in verticale, confronto con i diversi metodi per le misure tra gli ambienti sovrapposti di tipo B

f [Hz]	B2-B1			B3-B2			B2-B3		
	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]
100	68	67,8	69,2	71	71,5	72,6	56,9	59,6	61,5
125	66,3	64,1	64	66,1	65,1	64,7	58,3	57,5	56,3
160	62,5	62,5	61,4	62,9	64,2	64,4	53,4	55,4	53,7
200	62,8	63,9	62,3	61,9	64,2	63,1	54,3	56	54,7
250	61,1	61,7	62,1	60,6	61,3	60,7	53,3	53,9	53,9
315	61,7	61,7	61,8	62,9	62,8	63	55,3	54,8	55,2
400	61,2	61,6	61,3	61,2	61,5	61,9	52,5	52,1	52,8
500	59,4	59,1	59,2	58,7	58,6	58,9	49	48,9	48,5
630	57,2	56,6	57,2	55,3	54,8	54,3	43,8	43,4	43,3
800	53,6	53,6	54,1	50,5	50,2	51,1	39,1	38,6	38,2
1000	51,3	50,9	51,4	47,2	46,7	48,3	34,4	33,4	33,7
1250	48,4	47,6	49,1	42,9	42,6	43,1	29,3	28,2	28,8
1600	44,7	43,6	45,4	38,9	38,8	38,6	24	20,6	23,4
2000	40,6	39,6	42,1	36,4	36,1	36,3	20,8	14	21,1
2500	36	35,4	37,8	32,5	32,4	32,1	20,6	12,9	20,7
3150	32	31,4	33,2	29,1	29,5	27,8	21,1	12,3	20,8
4000	29,6	29,6	27,7	28,5	29	24,6	21,9	12,1	21
5000	30,3	30,8	25	30,1	30,7	24,7	22,6	12,5	20,9
L'_{nw} [dB]	58	58	58	58	59	59	49	50	50
C_1	0	0	0	1	1	1	0	0	0

f [Hz]	B2-B1		B3-B2		B2-B3	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]
125	71,0	72,1	73,7	73,9	63,1	63,6
250	66,8	66,4	67,1	66,8	59,3	58,8
500	64,2	63,6	64,0	63,9	54,3	54,3
1000	56,8	57,4	53,4	54,4	39,8	40,9
2000	47,7	49,1	41,3	42,9	27,6	29,1
L'_{nw} [dB]	58	59	59	59	50	50
C_1	0	0	1	1	0	0

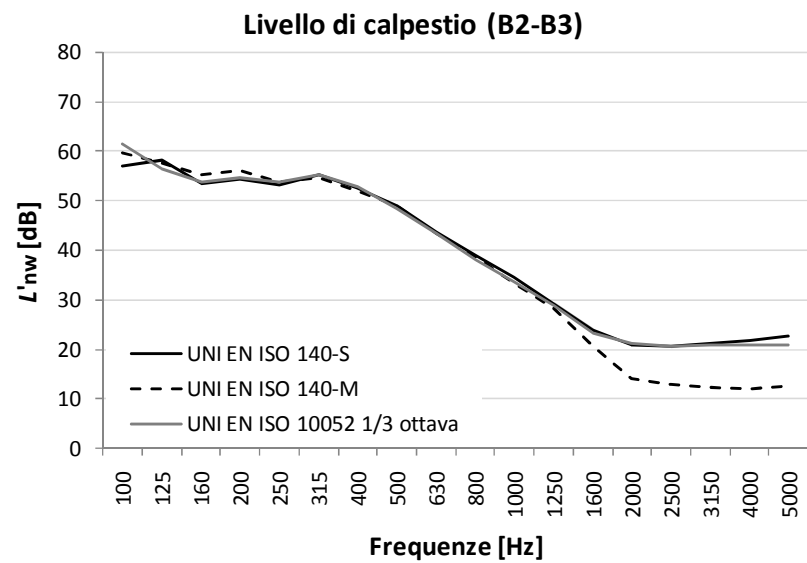
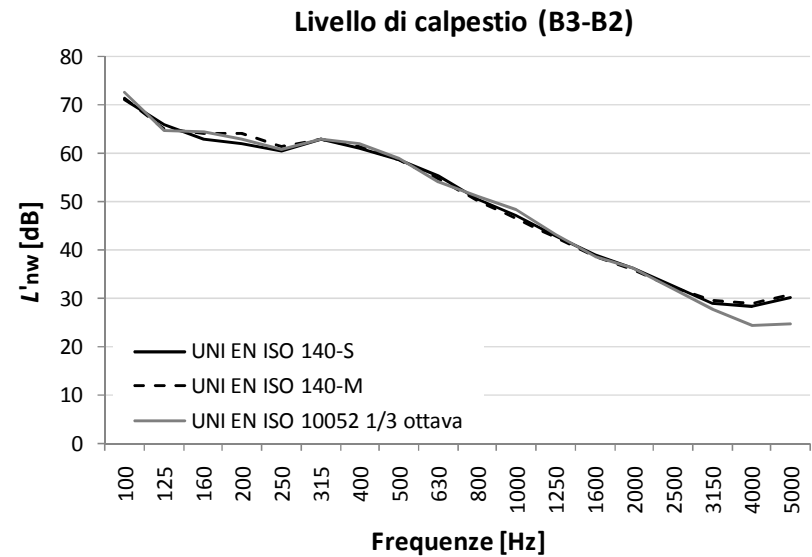
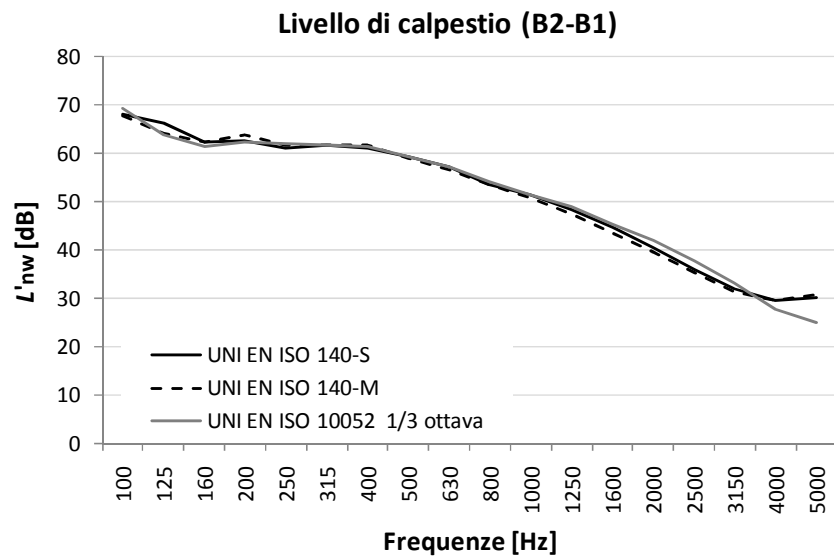


Figura 156– Livelli di calpestio tra stanze sovrapposte, con diversi metodi di misura, per gli ambienti B

Tabella 149– Livello di calpestio misurato in verticale, confronto con i diversi metodi per le misure tra gli ambienti sovrapposti di tipo C

f [Hz]	C2-C1			C3-C2			C2-C3		
	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]
100	67,9	69,6	68	65,1	66,6	66,9	52,1	55,2	53,8
125	63,5	65	65	66,5	66,6	67,3	59,4	59,3	57,2
160	66,7	67,4	67,5	66,6	68	66,8	57,4	61,5	59,4
200	64,6	66,7	66,5	63,3	65,1	63,6	58,3	58,8	58,2
250	62,8	62,5	62,1	62	61,1	60,5	57,2	56,2	55,8
315	61,1	60,8	59,7	59,6	59,4	58,8	54,6	54,4	53,1
400	59,5	58,8	58,7	58,1	57,9	56,8	53,5	53,1	52,8
500	57,1	56,5	56,6	56,2	55,8	55,1	50,8	50,6	49,8
630	53,6	52,2	52,1	53,8	53,3	52,1	46,6	46,3	44,9
800	50,5	49	49,1	50,8	50,7	49,4	42,6	42,3	41,2
1000	47,4	45,9	46,1	48,6	48,5	47,1	38,3	37,8	36,2
1250	42,8	41,1	41	46	46,2	45,1	30,2	29,9	27,7
1600	37,6	36,1	36	42,5	42,9	42	21,5	21,7	20,6
2000	33	32,2	32	39,8	40,7	39,9	13,1	15,6	17,2
2500	30,5	30	28,7	36,2	36,7	35,3	9,6	13,9	16,2
3150	29	28,5	25,5	31,9	31,4	28,6	8,9	13,6	15,6
4000	29,7	29,1	24,7	30,7	29,9	23	9,5	13,6	14,4
5000	31,4	30,9	25,7	31,7	31	22,1	10,6	14	13,3
L'_{nw} [dB]	58	59	58	57	58	57	50	51	50
C_1	0	0	1	1	1	1	0	1	0

f [Hz]	C2-C1		C3-C2		C2-C3	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]
125	71,7	74,4	72,0	74,6	62,3	64,6
250	68,3	70,6	66,8	69,0	61,5	63,3
500	61,4	63,6	60,1	62,6	55,4	57,4
1000	51,4	53,8	53,0	55,6	43,1	45,4
2000	38,1	41,1	45,9	48,9	25,1	27,9
L'_{nw} [dB]	59	61	58	60	51	53
C_1	0	0	0	1	-1	-1

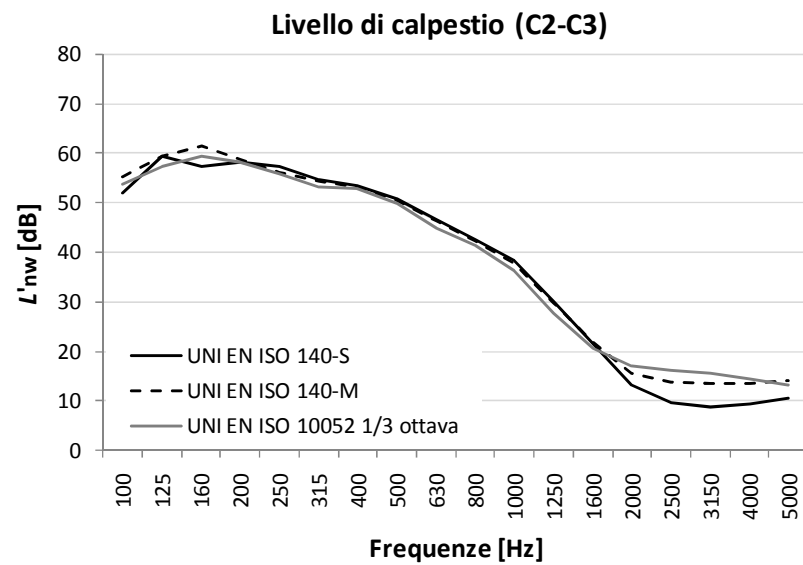
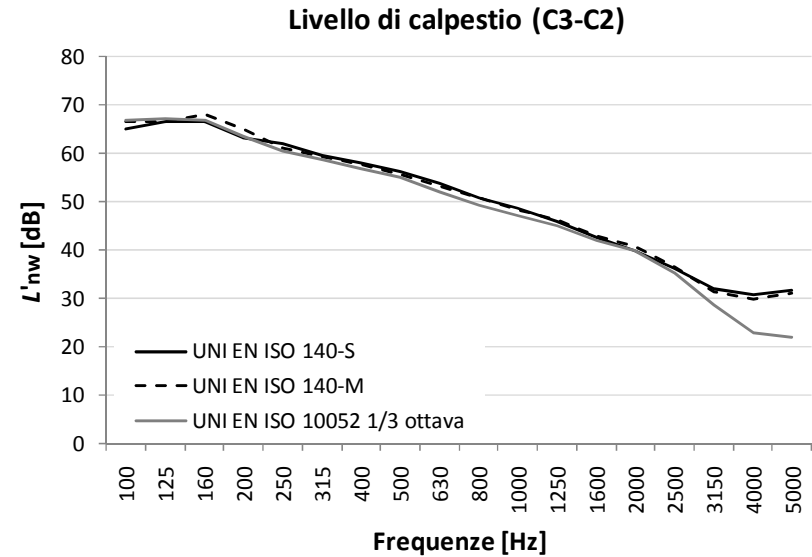
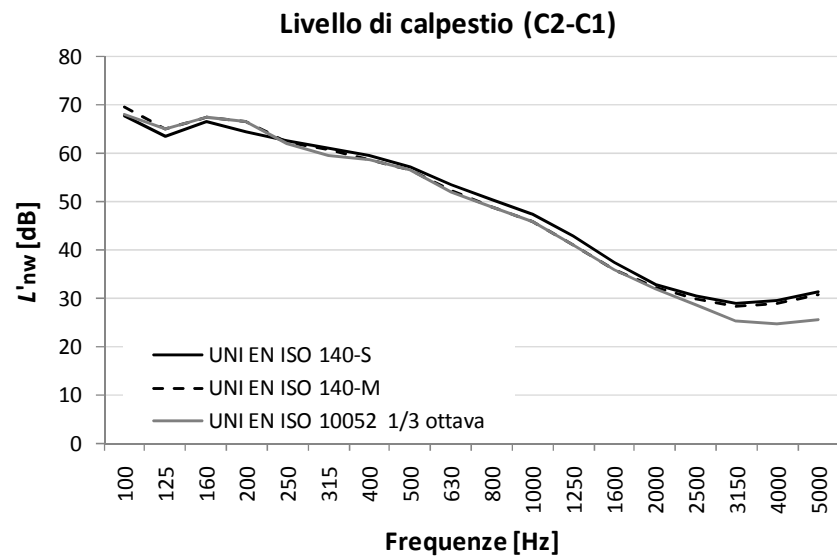


Figura 157– Livelli di calpestio tra stanze sovrapposte, con diversi metodi di misura, per gli ambienti C

Tabella 150– Livello di calpestio misurato in verticale, confronto con i diversi metodi per le misure tra gli ambienti sovrapposti di tipo D

f [Hz]	D2-D1			D3-D2			D2-D3		
	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]
100	59,4	58,2	62,1	58,3	58,9	59,7	45,6	46	45,2
125	62,4	64,2	63,4	66,8	68,7	67,9	57,4	59,9	57,6
160	63,2	64,2	66	66,1	66,5	67,6	57,8	57	57,8
200	63,8	63,2	64,3	67,5	65,2	66,4	57,6	56,8	57,8
250	63,2	64	63,3	61,8	60,8	61,2	56,5	56,6	56,1
315	62,1	62,3	62	60,2	60,9	59,9	56,7	56	56,5
400	59,6	60,7	60,6	58,4	58,8	58,7	53,6	53,5	54
500	59,5	60,2	59,9	58,7	58,2	58,9	54,1	53,9	53,7
630	57,1	57,1	57,1	55,7	56	55	51,6	51,6	50,7
800	54,2	54,5	53,7	52,3	51,7	51,8	47,7	47,7	46,7
1000	52,3	52,5	52	50,2	49,2	49,6	45,3	44,2	44
1250	47,8	48,3	47,4	46,3	44,1	45,6	39,5	38,5	38,2
1600	42,5	42,7	42,1	42,8	42	41,9	31,6	31,2	30,5
2000	38,6	39,4	39,3	39,1	38,4	38,2	22,5	20,4	21,8
2500	33,5	34,8	33,8	34,9	33,9	33,8	17	15,7	18,5
3150	29,2	29,7	26,6	30,6	30,4	28,4	12,5	13,1	17,1
4000	28,7	29	22,6	28,1	24,5	23,7	11,5	12,4	16,7
5000	30,5	30,6	23,2	28,1	18	20,6	12,2	12,9	16,7
L'_{nw} [dB]	57	57	58	57	57	57	51	51	51
C_1	-1	0	-1	1	1	1	-1	-1	-1

f [Hz]	D2-D1		D3-D2		D2-D3	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]
125	68,9	70,6	71,0	73,4	60,6	62,6
250	68,1	69,2	68,1	68,9	61,7	62,2
500	64,2	64,9	62,6	63,2	57,8	58,8
1000	56,5	57,4	54,5	55,8	48,9	50,3
2000	44,5	46,1	44,0	45,9	31,7	33,5
L'_{nw} [dB]	58	59	58	60	51	52
C_1	-1	0	0	0	-1	-1

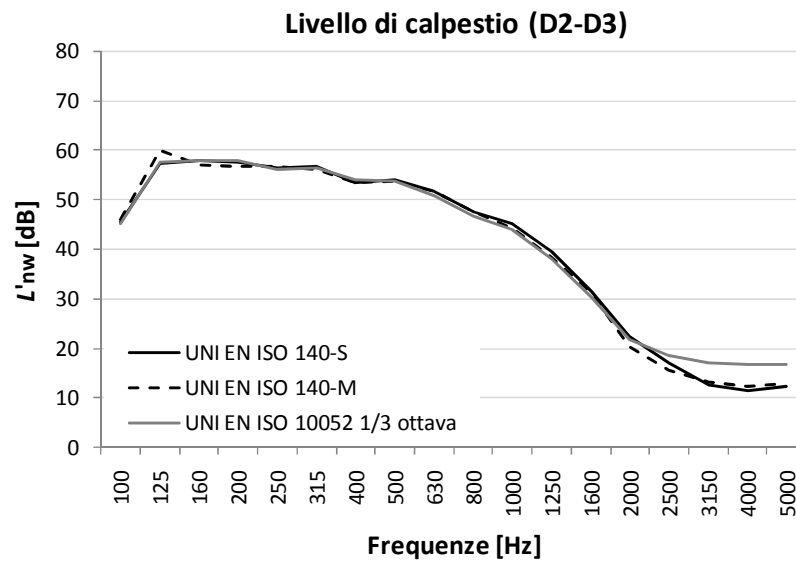
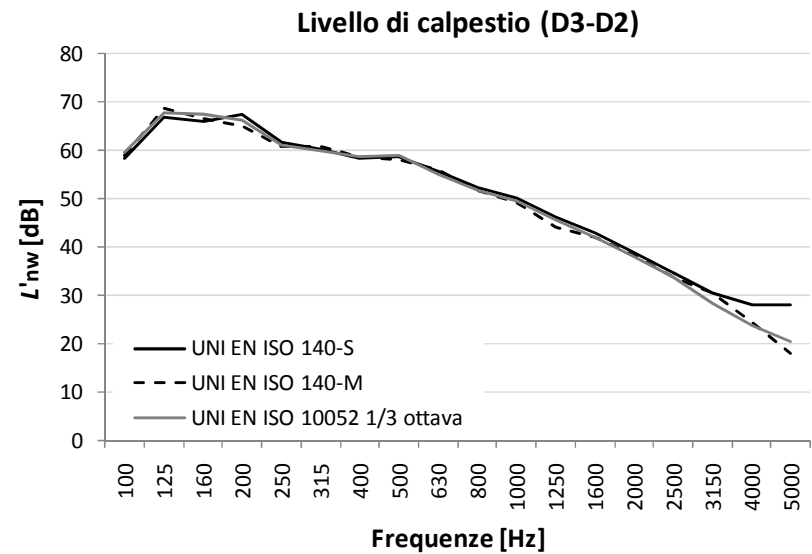
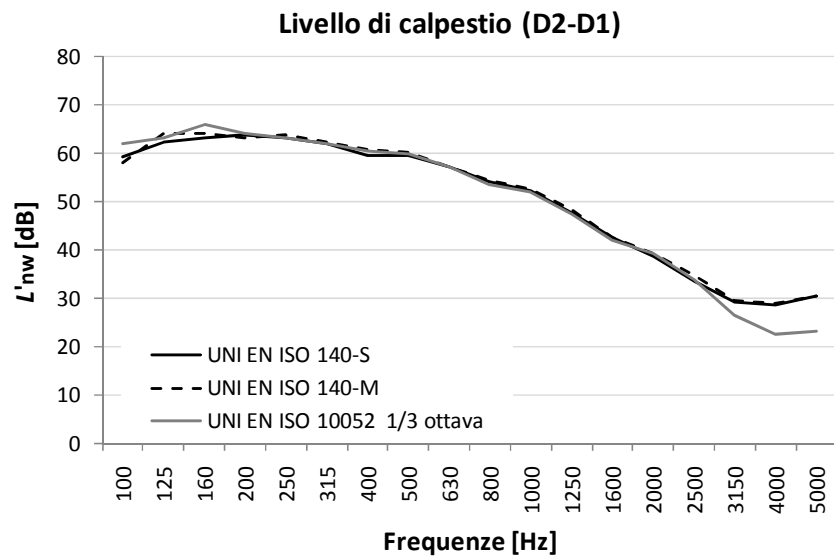


Figura 158– Livelli di calpestio tra stanze sovrapposte, con diversi metodi di misura, per gli ambienti D

Tabella 151– Livello di calpestio misurato in verticale, confronto con i diversi metodi per le misure tra gli ambienti sovrapposti di tipo E

f [Hz]	E2-E1			E3-E2			E2-E3		
	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]
100	62	63,7	65,2	61,8	63,1	66,3	49,5	53,1	53,6
125	65,3	66	64	62,4	63,4	62,9	58,1	57,9	55,5
160	68,7	69	64,9	65,4	66,3	65,6	57,5	58,4	58,3
200	65,9	66,1	65,4	66,4	65,6	65,7	57,3	58,6	57,7
250	63,9	64,5	63,5	62,8	62	62,4	56,7	56,8	56,6
315	61,4	61,9	62,1	60,9	61,2	61,4	56,1	56,4	56,7
400	59,5	59,2	59,4	59,3	58,8	59	54,9	53,4	54
500	56,8	56,5	57,2	58,5	57,9	58	52,2	51,2	51,7
630	55,7	55,6	55,9	57,2	57,1	56,5	49	48,2	48,3
800	52,6	52,1	52,8	54,1	53,5	54,1	45	44,5	45,2
1000	49,5	48,8	50	52,2	51,3	52,5	42,1	40,3	40,9
1250	47,4	46,3	47,6	48,7	47,8	48,8	36,7	34,1	34,5
1600	43,8	42,3	43,6	45,3	44,3	45,3	28,1	26,2	27,5
2000	42,3	37,6	39,1	41,4	40,5	40,9	18,2	17,6	19,2
2500	38,5	32,8	33,3	35,8	35,5	34,7	12,6	14,9	16
3150	34,5	30,2	28,6	29,8	28,6	27,1	10,9	13,9	15,1
4000	32,4	30,5	25,8	24,5	22,6	22,2	11,2	13,5	14,8
5000	32,7	32,1	25,3	21,1	18,9	19,1	12,1	13,9	14,5
L'_{nw} [dB]	58	58	58	57	57	58	50	51	50
C_1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

f [Hz]	E2-E1		E3-E2		E2-E3	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]
125	69,5	69,8	69,9	70,9	61,0	62,0
250	68,6	69,3	68,3	69,2	61,8	62,6
500	62,5	64,1	62,7	64,4	56,7	58,3
1000	55,4	57,6	57,2	59,3	46,9	49,3
2000	45,4	48,0	47,1	49,4	28,7	31,5
L'_{nw} [dB]	58	59	58	59	51	52
C_1	0	-1	0	0	-1	-1

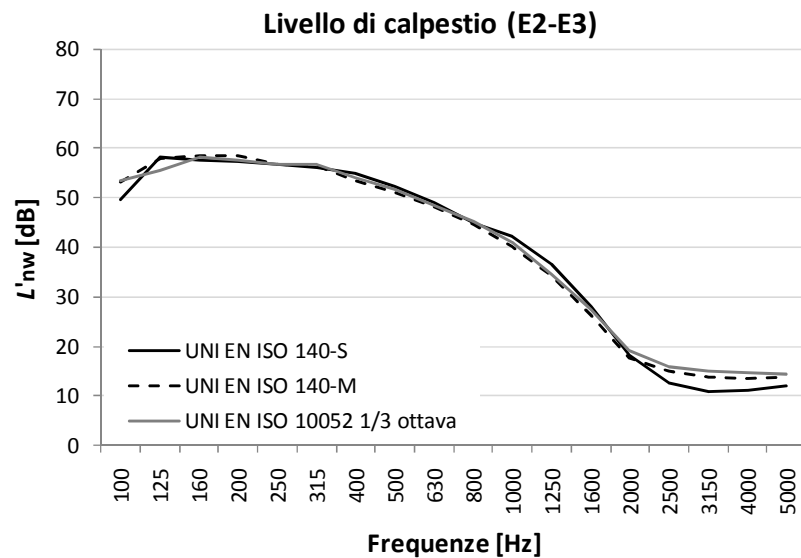
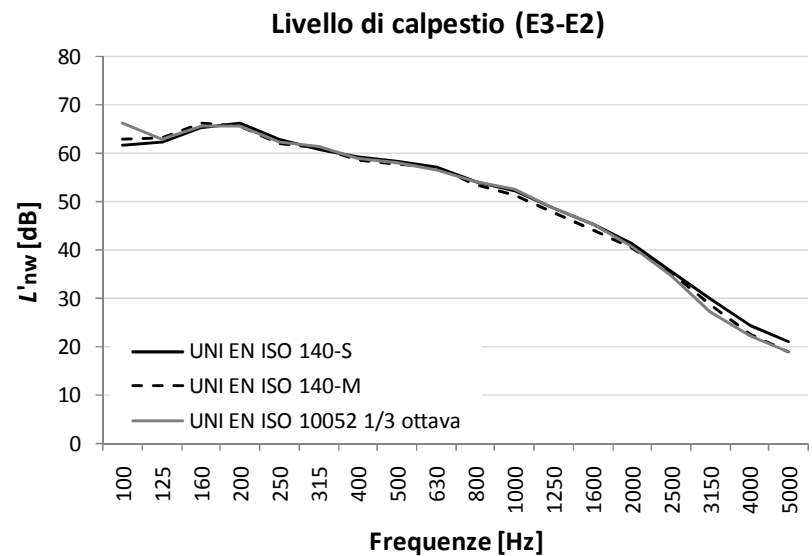
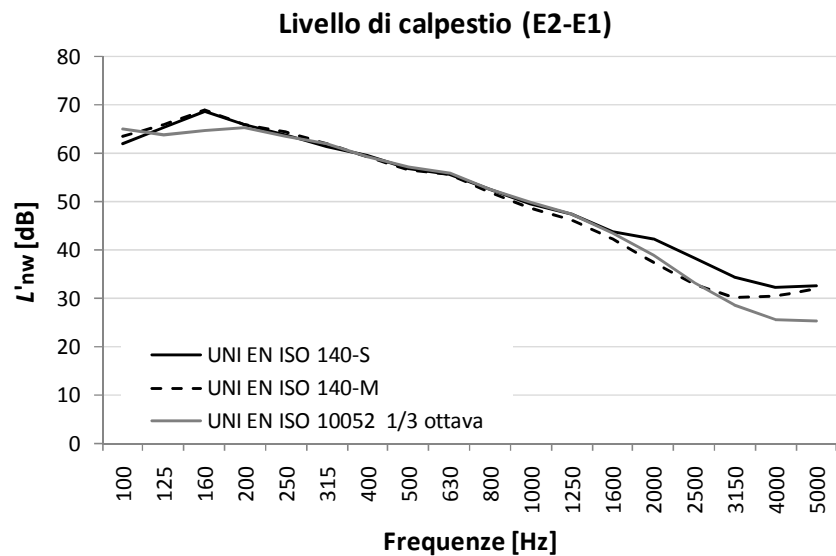


Figura 159– Livelli di calpestio tra stanze sovrapposte, con diversi metodi di misura, per gli ambienti E

Tabella 152– Livello di calpestio misurato in verticale, confronto con i diversi metodi per le misure tra gli ambienti sovrapposti di tipo F

f [Hz]	F2-F1			F3-F2			F2-F3		
	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]
100	61,5	64,1	64,6	61,4	61,8	66	50,1	53,3	53
125	65,2	67,2	67,3	64,1	64,4	65	56,8	56,7	57
160	65,3	65,6	65,9	66,9	66,7	68	60,4	61,9	62
200	64	64,8	63,3	62,5	64,2	64	58,5	58,5	58
250	61,6	61,1	60,1	60,1	60,6	60	55,7	55,3	54
315	57,8	58	57,4	59,7	60,1	59	52,2	52,3	52
400	55,7	56,1	55,6	57,9	57,6	57	49	49,3	49
500	55,3	54,8	54	56,4	55,7	55	46,7	46,7	46
630	51,3	51,7	50,6	53,8	53	52	43	42,9	42
800	50,2	50,5	49,5	50,8	50,3	49	38,6	38,8	38
1000	51,6	51,2	50	49,2	48,9	47	35,1	35,4	34
1250	46,3	46,5	45	45,8	45,8	44	29	29,7	27
1600	41,5	42,4	41,5	42,2	41,6	41	21,7	21,7	22
2000	36,2	38,6	38,2	38,5	38,3	36	16,4	16,5	17
2500	31,8	34,9	33,4	33,9	33,4	32	14,1	14,7	16
3150	29,7	32,9	30,4	30,5	30,5	27	13,9	14,9	16
4000	30	31,8	29	29,9	30,6	24	13	14	15
5000	31,6	32,5	28,2	31,5	32,3	25	12,3	13,6	14
L'_{nw} [dB]	56	57	56	56	56	57	49	49	49
C_1	0	0	1	1	1	1	1	2	1

f [Hz]	F2-F1		F3-F2		F2-F3	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]
125	70,8	70,2	71,5	71,0	63,2	63,5
250	65,6	65,9	66,3	66,9	59,8	60,5
500	58,7	59,8	59,8	61,3	51,4	53,3
1000	53,4	55,2	52,0	54,1	39,6	42,1
2000	43,7	45,7	42,7	45,0	25,0	27,7
L'_{nw} [dB]	57	57	57	57	50	51
C_1	0	0	1	1	0	0

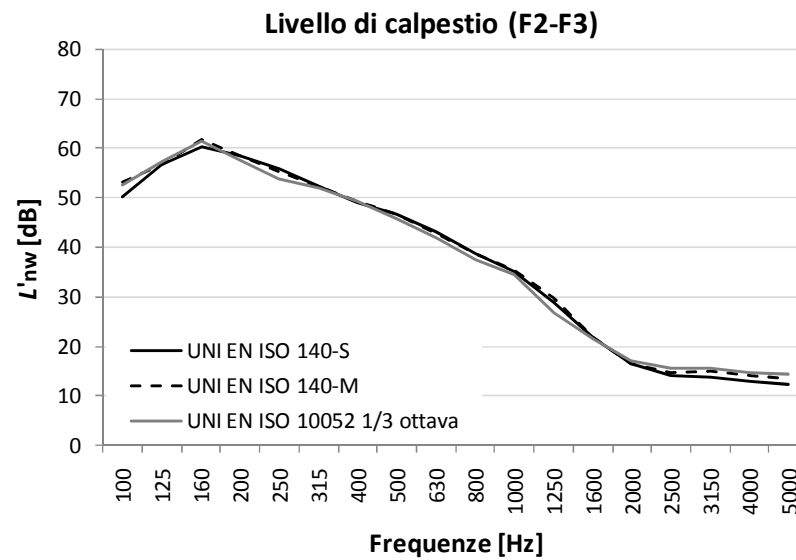
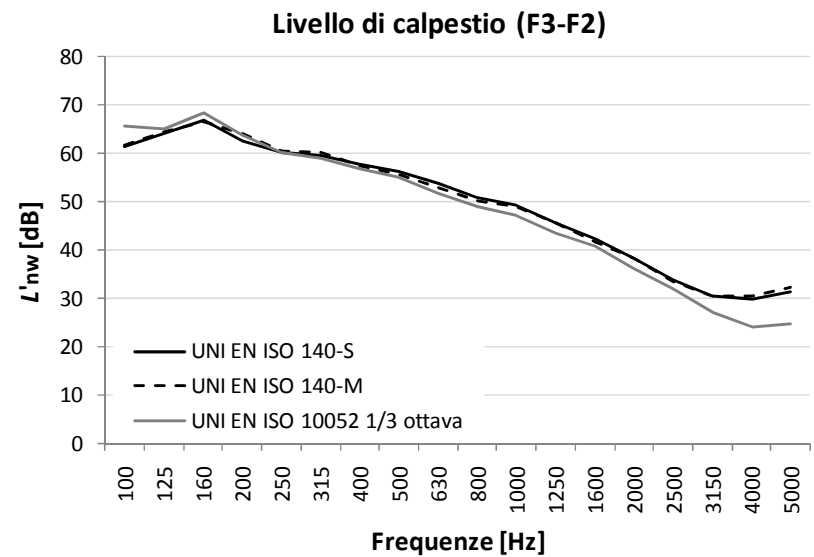
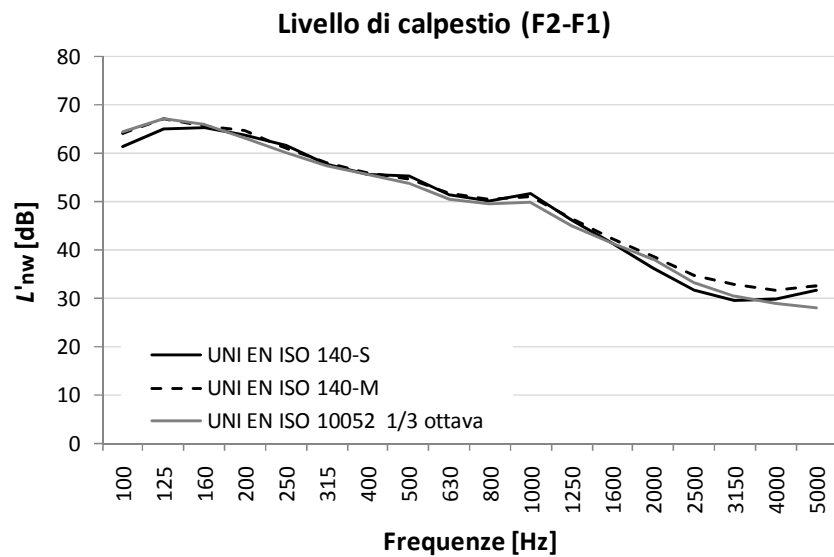


Figura 160 – Livelli di calpestio tra stanze sovrapposte, con diversi metodi di misura, per gli ambienti F

Tabella 153– Livello di calpestio misurato in verticale, confronto con i diversi metodi per le misure tra gli ambienti sovrapposti di tipo G

f [Hz]	G2-G1			G3-G2			G2-G3		
	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]
100	68,1	69,4	68,6	63,3	65	64,3	55,9	53,9	55,1
125	60,8	61,8	60,9	60,5	61,1	62,2	56,5	56,1	53,9
160	65,8	68,4	68	62,1	64,4	63,6	62	62,7	61,7
200	64,5	65,5	65,8	64,3	64,4	63,6	60,9	61,4	59,4
250	62,7	62,5	62,5	63,2	63,1	61,9	55,9	55,6	56
315	61,5	61,2	60,9	61,5	61,7	60,7	54,3	54,1	54,2
400	57,8	57,9	58,4	59,9	60	59,2	51	51,7	52,2
500	57,1	57,3	57,4	59,4	59,3	58,6	49,7	50,1	50
630	53,8	53,5	52,9	56,2	56,3	55,7	45,6	45,9	44,8
800	51,1	50,7	50,4	54,1	54	53,8	41,6	41,7	41,5
1000	48,7	47,7	48,2	51,7	51,3	50,9	37,3	37,7	37,4
1250	44,7	43,5	44,4	48,2	47,7	47,5	32,4	32,4	31,7
1600	39,5	38,8	39,6	43,8	43	42,3	24,7	24,2	24,9
2000	35,5	34,6	34,5	38,6	38,4	37,2	15,4	16,7	20,3
2500	30,9	30,3	28,8	33,1	32,9	30,6	11,7	14,2	19,5
3150	28,4	28,4	24,4	29,8	29,2	24,4	11,2	13,8	19,3
4000	28,7	28,9	22,6	29,8	29,3	22,3	11,3	13,5	18,9
5000	30,2	30,6	23,5	31,1	30,7	22,7	12,1	13,6	18,5
L'_{nw} [dB]	57	58	58	57	57	57	51	51	50
C_1	1	1	1	-1	0	-1	1	1	1

f [Hz]	G2-G1		G3-G2		G2-G3	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]
125	71,4	73,4	68,2	71,3	62,8	65,4
250	68,4	69,4	67,0	68,7	61,7	63,2
500	61,6	62,7	62,9	64,8	54,7	56,4
1000	53,1	54,5	56,2	58,1	43,3	45,1
2000	41,1	43,2	43,9	46,1	28,1	30,4
L'_{nw} [dB]	58	60	57	59	51	53
C_1	1	0	-1	0	0	0

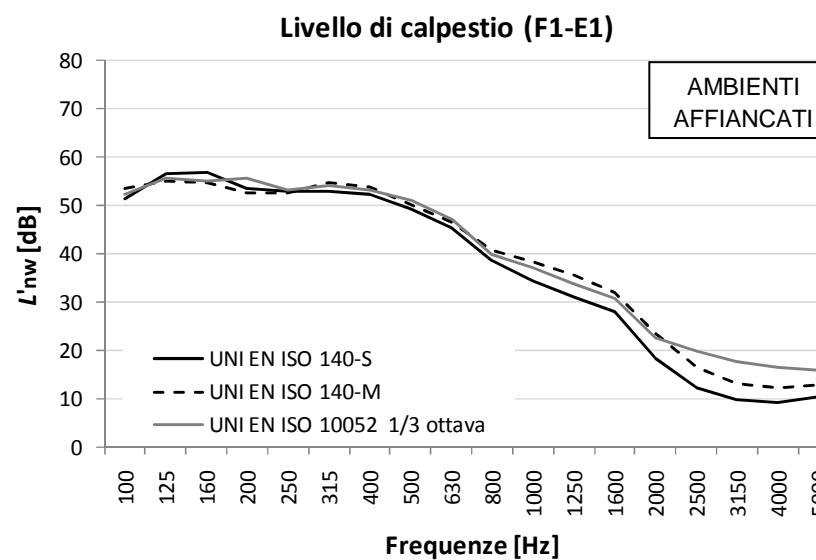
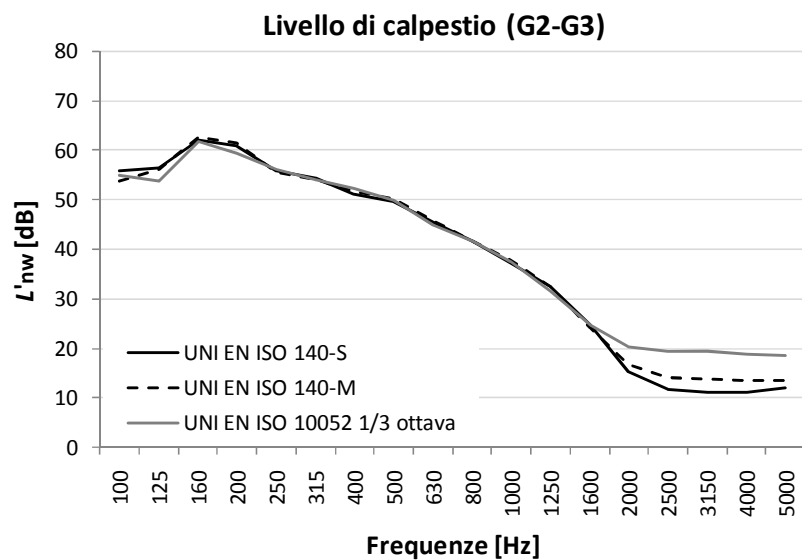
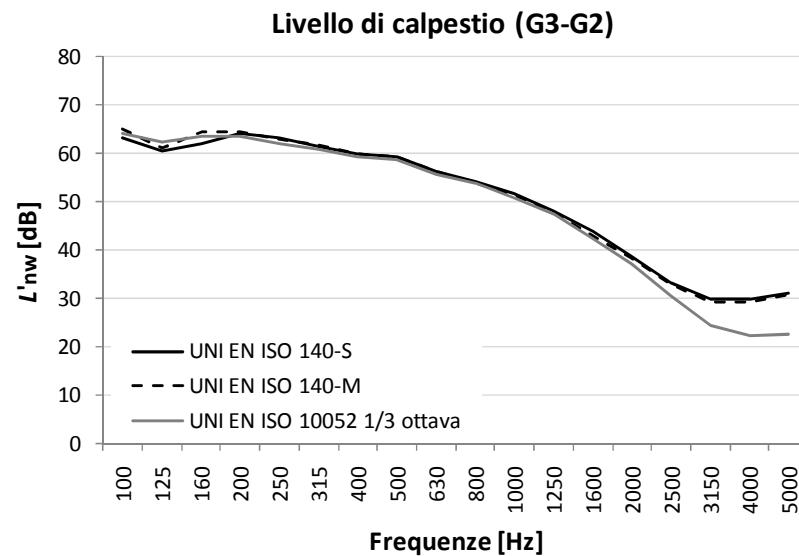
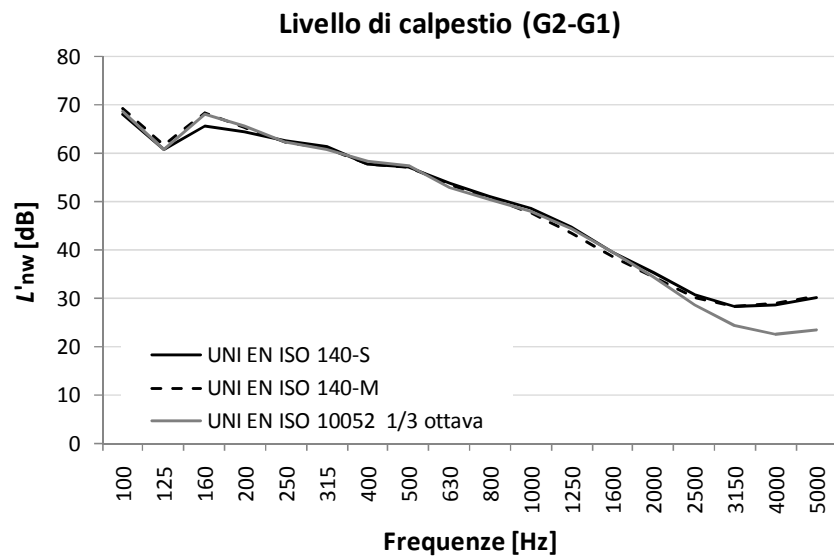


Figura 161– Livelli di calpestio, con diversi metodi di misura, per gli ambienti G sovrapposti e per gli ambienti affiancati E3 ed F3

Tabella 154– Livello di calpestio misurato in orizzontale, confronto con i diversi metodi per le misure tra gli ambienti affiancati F3-E3

f [Hz]	F3-E3		
	UNI EN ISO 140-S L'_n [dB]	UNI EN ISO 140-M L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott L'_n [dB]
100	51,3	53,6	52,3
125	56,6	55,1	55,8
160	56,9	54,8	55,2
200	53,6	52,5	55,7
250	52,9	52,5	53,2
315	53	54,8	54,1
400	52,2	53,8	53,3
500	49,3	50,2	51,2
630	45,4	46,6	47,1
800	38,7	40,9	40
1000	34,5	38,4	37,1
1250	31,2	35,6	33,8
1600	28	32	30,7
2000	18,4	23,6	22,7
2500	12,4	16,5	19,8
3150	9,8	13,3	17,8
4000	9,4	12,4	16,7
5000	10,4	12,8	16,1
L'_{nw} [dB]	48	48	49
C_1	0	0	-1

f [Hz]	E2-E1	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis L'_n [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab L'_n [dB]
125	59,4	60,5
250	59,1	59,9
500	56,0	57,6
1000	42,4	44,9
2000	32,0	34,7
L'_{nw} [dB]	49	50
C_1	-1	-1

Tabella 155– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure nell'ambiente A1 (con due affacci)

f [Hz]	A1 (media energetica dei 2 affacci)			A1 (affaccio cieco)			A1 (affaccio finestrato)		
	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	35	35	35,6	39,8	40,4	38,6	32,8	32,7	33,9
125	30,9	30,9	32,2	33,5	33,9	34,9	29,3	29,2	30,6
160	34,2	34,3	34	36,4	36,2	35,4	32,7	33	32,9
200	34,7	33,4	33,9	39,5	39,4	39,2	32,5	31	31,6
250	34,9	33,3	34,5	43,4	43,9	43,9	32,2	30,5	31,7
315	37,6	37,2	37,8	42,4	41,6	42,8	35,4	35	35,5
400	38,6	39	39	43,3	44,2	43,4	36,4	36,7	36,8
500	37,2	37,5	37,7	41,9	42,7	42,6	35	35,2	35,5
630	41,5	42	42,2	49,6	50,2	50,2	38,8	39,3	39,5
800	41,9	42,6	42,9	48,9	49	49,3	39,3	40,1	40,4
1000	45,2	45,6	46	50	50,4	50,5	43	43,4	43,8
1250	45,2	45,2	45,5	49,7	50,1	50,4	43	43	43,3
1600	47,7	48	48	50,5	50,7	50,7	46	46,3	46,4
2000	46,6	46,4	46,7	50,4	50,2	50,4	44,6	44,4	44,7
2500	47,3	47,8	48	53,5	53,4	53,7	44,9	45,4	45,6
3150	50,2	49,5	49,8	61	60,2	60,2	47,4	46,7	47
4000	50,3	50,4	50,6	65,7	64,6	65,4	47,4	47,5	47,7
5000	50	49,1	49,8	67	65,4	66,2	47	46,1	46,8
$D_{2m,nT,W}$	44	44	44	49	49	49	41	41	42
C	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Ctr	-3	-4	-3	-4	-3	-3	-3	-3	-3

f [Hz]	A1 (media energetica dei 2 affacci)		A1 (affaccio cieco)		A1 (affaccio finestrato)	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
125	34,5	31,4	36,7	33,6	33,0	29,9
250	36,5	34,7	42,4	40,7	34,1	32,3
500	39,8	38,4	45,8	44,4	37,4	36,0
1000	44,3	42,5	49,9	48,1	41,9	40,1
2000	47,5	45,2	50,8	48,5	45,6	43,3
$D_{2m,nT,W}$	44	42	49	47	42	40
C	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Ctr	-3	-3	-3	-3	-3	-3

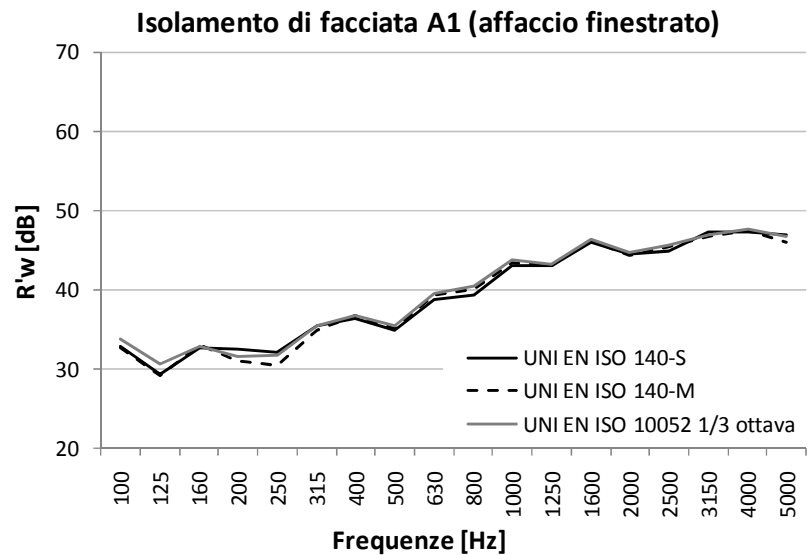
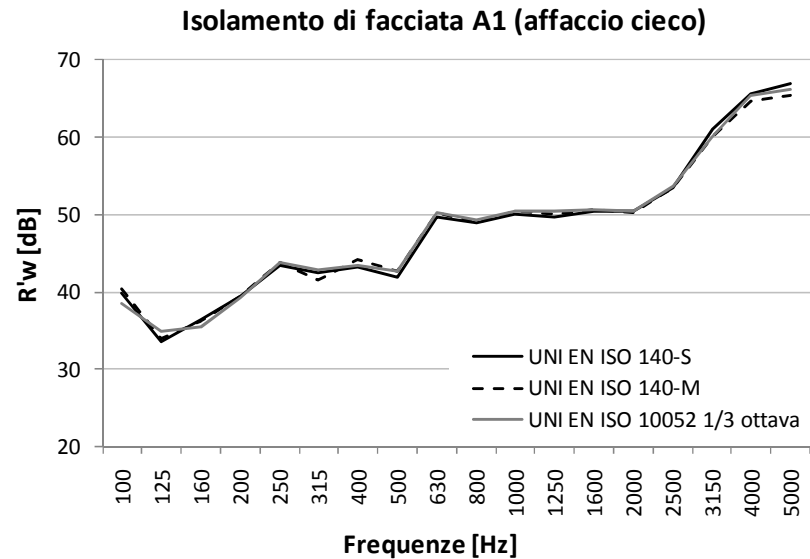
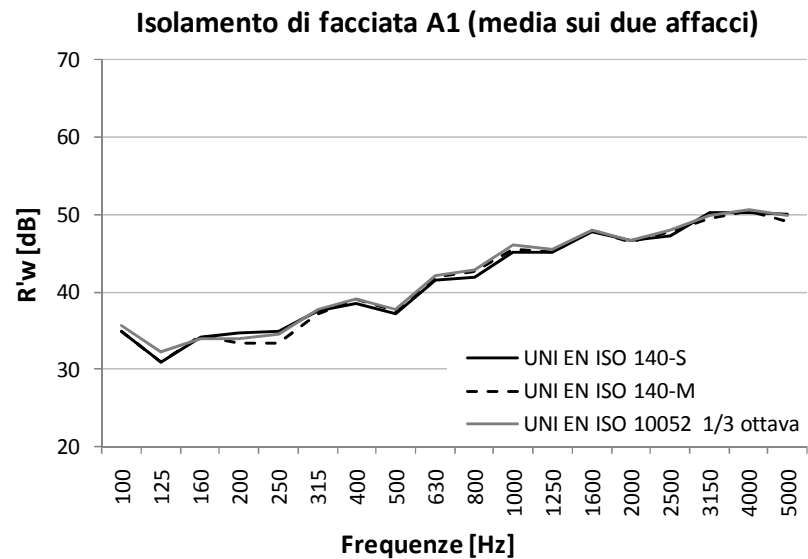


Figura 162– Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per l'ambiente A1: misura sull'affaccio finestrato, su quello cieco e media energetica

Tabella 156– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure nell'ambiente A2 (con due affacci)

f [Hz]	A2 (media energetica dei 2 affacci)			A2 (affaccio cieco)			A2 (affaccio finestrato)		
	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	36	36,9	34,8	36,5	35,8	34,8	35,6	38,5	34,9
125	37,3	37,1	37,4	40,4	39,1	39,6	35,5	35,7	36
160	32,7	32,8	32,6	37,9	37,5	37,5	30,4	30,6	30,3
200	31,8	30,9	31	32	31,4	31,1	31,6	30,5	31
250	34,8	34,8	35	36,6	36,5	36,5	33,5	33,6	33,9
315	36,2	36,1	35,9	40,6	40,5	40,8	34	34	33,6
400	38,3	39	38,9	43	43,1	43,7	36,1	36,9	36,7
500	41,3	41,7	42,1	48,3	47,7	47,6	38,8	39,3	39,7
630	45,1	45,8	45,9	51	51,3	51,4	42,7	43,4	43,6
800	47,5	47,5	47,7	51	51	51,3	45,6	45,6	45,8
1000	43,9	44,2	44,3	48,3	48,2	48,2	41,8	42,1	42,3
1250	43,9	44,1	44,3	47,2	47,1	47,2	42	42,4	42,6
1600	43	43,4	43,1	48,8	48,7	48,6	40,6	41,1	40,8
2000	44,8	45,5	45,4	52,6	52	52	42,2	43	42,9
2500	53,5	53,8	53,7	56,9	56,8	56,7	51,6	52	52
3150	54,3	54,9	54,8	60,3	60	59,9	51,9	52,6	52,5
4000	53,7	54,2	53,8	64,4	65	63,2	50,9	51,4	51
5000	48,8	49,2	49	64,6	64,2	61,8	45,8	46,3	46,1
$D_{2m,nT,W}$	44	44	44	48	48	48	42	42	42
C	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Ctr	-3	-3	-3	-4	-5	-5	-3	-3	-3

f [Hz]	A2 (media energetica dei 2 affacci)		A2 (affaccio cieco)		A2 (affaccio finestrato)	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
125	35,1	32,5	36,3	33,7	34,1	31,6
250	34,6	32,6	37,3	35,3	33,0	30,9
500	41,6	39,6	47,2	45,3	39,2	37,2
1000	46,0	44	49,6	47,6	44,1	42,1
2000	45,4	43	50,9	48,5	43,1	40,7
$D_{2m,nT,W}$	44	42	48	46	42	40
C	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Ctr	-3	-3	-4	-4	-3	-3

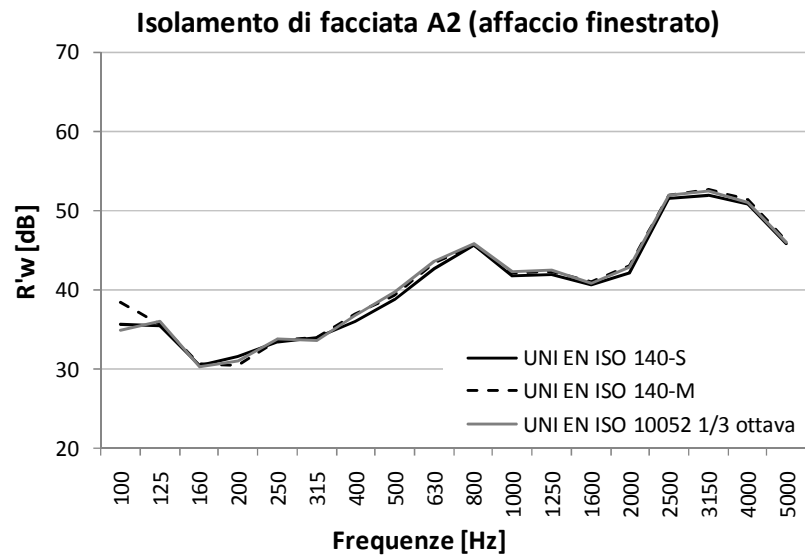
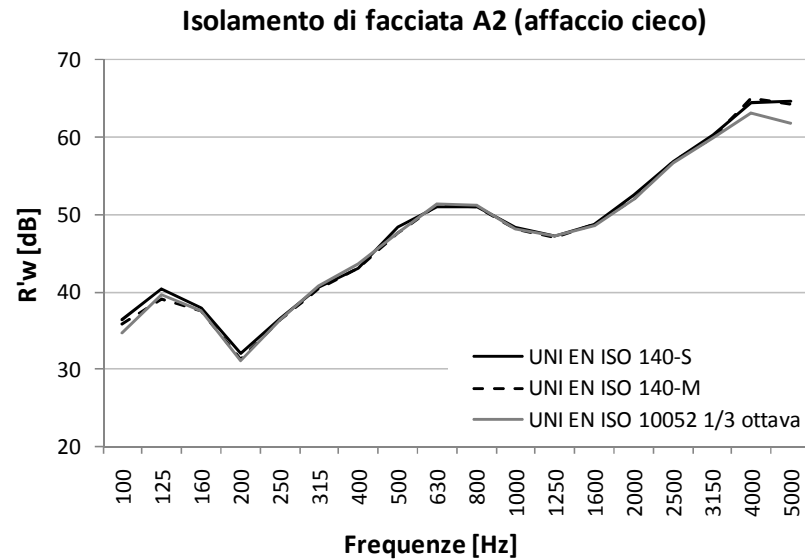
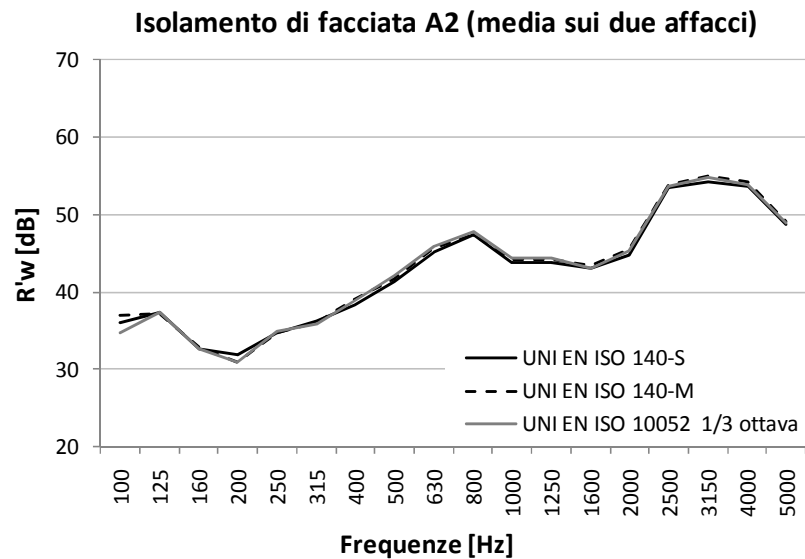


Figura 163– Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per l'ambiente A2: misura sull'affaccio finestrato, su quello cieco e media energetica

Tabella 157– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure gli ambienti B1 e B2(con un affaccio) e C3 (di cui è stato misurato solo l'affaccio finestrato)

f [Hz]	B1			B2			C3 (affaccio finestrato)		
	UNI EN ISO 140-S $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-M $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-S $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-M $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-S $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-M $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott $D_{2m,nT}$ [dB]
100	27,3	28	27,3	39,4	35,3	34,9	30,6	30,9	30,5
125	25,6	28,5	27,1	33,5	33	32,9	40,2	41	40,5
160	32,1	30,4	30,6	28,7	27,8	27,9	28,6	27,2	27,4
200	30,8	31,2	30,8	27,9	27,8	27,8	28,7	28,4	28,3
250	28,3	27,7	27,8	30,3	29,5	29,4	30,9	31,3	30,8
315	33,8	33,3	33,2	34	34,6	33,8	33,2	32,4	32,8
400	36,4	36	35,3	34,7	34,5	35	36,2	35,5	35,4
500	37,3	38	38	38,2	38,9	38,6	37,5	37,6	37,7
630	40,4	40,8	40,7	39,5	40,2	40,6	40,6	40	40,1
800	36,9	37,8	37,1	41,5	42,5	42,8	41,4	40,3	40,6
1000	41,4	42,3	42	43,3	43,4	43,3	36,3	35,9	36,2
1250	43,8	44	44,1	42,9	43,5	43,5	34,1	33,6	33,8
1600	44,1	43,8	43,8	43,8	44,2	44,3	36,4	36,3	36,6
2000	43,5	43,6	43,8	44,4	45,4	45,6	38,9	39,1	38,5
2500	45,8	46,2	46,3	50,9	51,3	51,4	51,4	50,7	50,9
3150	46,3	46,5	46,8	48,8	48,7	48,8	48,5	47,7	47,5
4000	47,1	46,9	47,2	46,1	45,8	46,1	42,8	42,2	42,1
5000	48,9	48,1	48,8	46,9	46,2	46,8	43	41,6	42,2
$D_{2m,nT,W}$	41	41	41	41	41	41	39	38	38
C	-2	-1	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-1
Ctr	-4	-4	-5	-4	-4	-4	-3	-3	-3

f [Hz]	B1		B2		C3 (affaccio finestrato)	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab $D_{2m,nT}$ [dB]
125	28,6	27,2	33,1	32,2	33,1	30,6
250	30,9	30,9	31,7	32,5	31,1	28,7
500	37,9	38	37,3	38,1	37,6	35,1
1000	39,5	38,5	43,1	42,9	37,5	34,9
2000	44,5	43	46,5	45,4	39,2	36,3
$D_{2m,nT,W}$	40	40	42	42	38	36
C	-1	-1	-1	-1	0	-1
Ctr	-3	-4	-4	-3	-2	-2

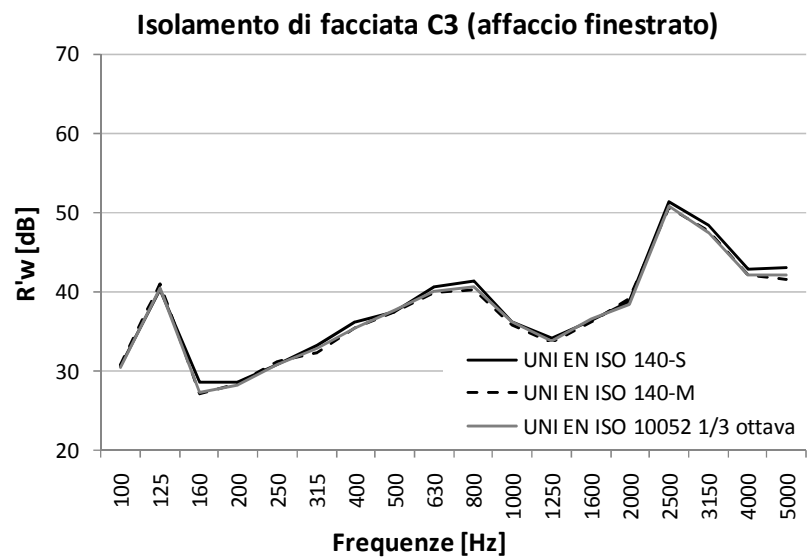
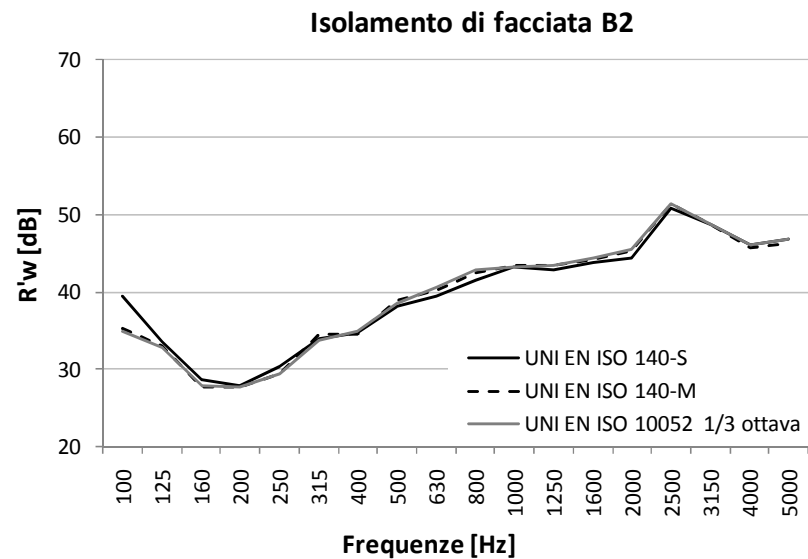
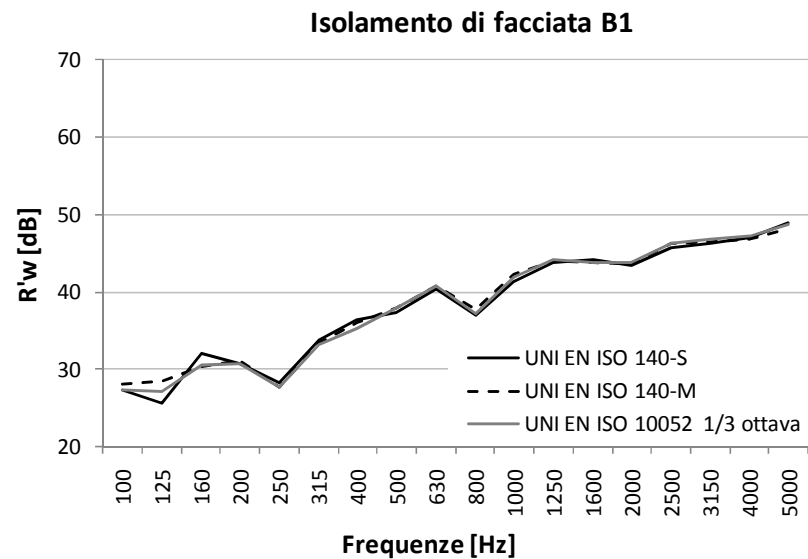


Figura 164– Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per gli ambienti B1 e B2 (ad un solo affaccio) e per l'ambiente C3 (di cui è stato misurato solo l'affaccio finestrato)

Tabella 158– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure nell'ambiente C1 (con due affacci)

f [Hz]	C1 (media energetica dei 2 affacci)			C1 (affaccio cieco)			C1 (affaccio finestrato)		
	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	35,1	35,1	34,6	42	41,5	41,4	32,6	32,6	32,1
125	35,4	35,9	36,4	42	40,6	41,8	32,9	33,7	34,1
160	32,1	31,5	31,7	39	38,8	38,9	29,6	28,9	29,1
200	31	30,4	30,9	34	32,7	33,4	29,2	28,9	29,3
250	34,5	36,1	35,7	34,5	35,9	36,1	34,5	36,3	35,4
315	35,9	36,3	36,3	37,3	37,7	38,1	34,9	35,3	35
400	39	39,2	39,5	39,6	39,9	39,8	38,5	38,6	39,3
500	41	40,8	40,7	43,4	43,8	43,7	39,5	39,1	38,9
630	43	42,6	43,1	42,5	42,7	43,4	43,6	42,5	42,8
800	44,3	43,9	44,5	43,9	44,1	44,7	44,7	43,7	44,4
1000	45,7	45,8	46,1	47	47,4	47,7	44,7	44,7	44,9
1250	46,6	46,5	46,8	52,8	52,8	53,1	44,2	44	44,3
1600	45,2	45,2	45,5	51	51,4	51,7	42,8	42,8	43
2000	46,5	45,8	46,1	55,8	55,8	56,1	43,7	43	43,3
2500	48,7	48,3	48,5	62,8	62,4	62,8	45,8	45,4	45,6
3150	48	47,4	47,5	63,1	62,3	63,1	45,1	44,5	44,6
4000	50,7	50,1	50,6	62,7	61,7	62,2	47,8	47,2	47,7
5000	51,5	50,4	51,3	65,3	63,7	63,8	48,6	47,5	48,4
$D_{2m,nT,W}$	44	44	44	46	46	46	42	42	42
C	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1
Ctr	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3

f [Hz]	C1 (media energetica dei 2 affacci)		C1 (affaccio cieco)		C1 (affaccio finestrato)	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
125	33,8	30,7	40,8	37,7	31,3	28,2
250	35,3	33,5	36,7	34,9	34,2	32,4
500	40,7	39,3	41,2	39,8	40,2	38,8
1000	45,9	44,3	48,1	46,5	44,4	42,8
2000	46,2	43,8	55,1	52,7	43,5	41,1
$D_{2m,nT,W}$	44	42	46	45	43	41
C	-1	-1	0	-1	-1	-1
Ctr	-3	-3	-3	-3	-4	-4

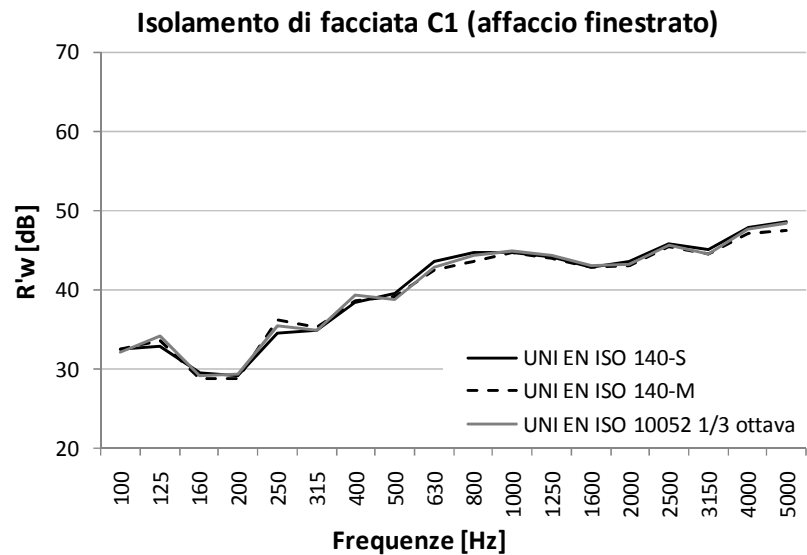
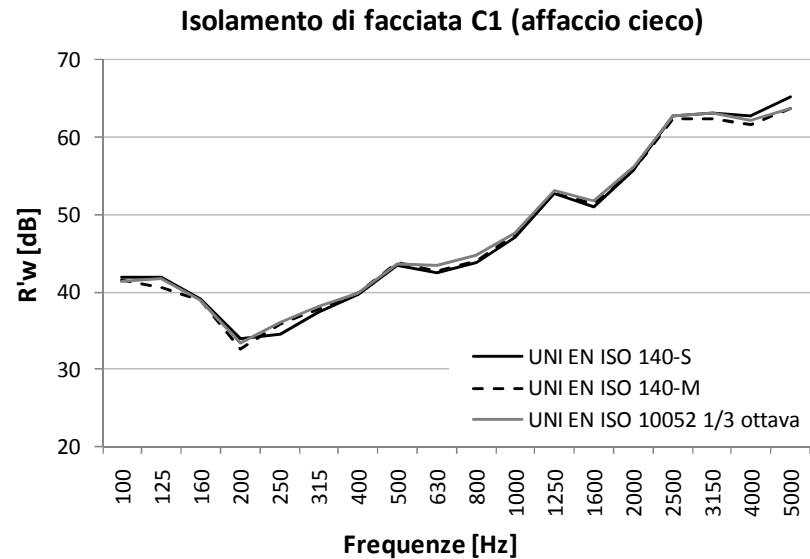
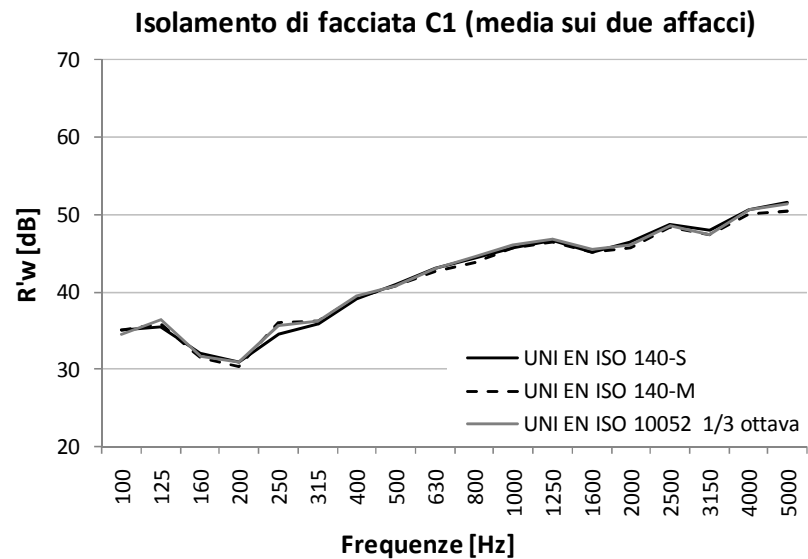


Figura 165– Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per l'ambiente C1: misura sull'affaccio finestrato, su quello cieco e media energetica

Tabella 159– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure nell'ambiente C2 (con due affacci)

f [Hz]	C2 (media energetica dei 2 affacci)			C2 (affaccio cieco)			C2 (affaccio finestrato)		
	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	34,8	34,7	34,6	38,4	37,4	37,2	32,8	33	33
125	35,6	34,4	35,5	34	33,1	34,4	38	36,4	37
160	32,9	31,2	31,1	34,5	32,5	34,1	31,8	30,2	29,4
200	29,4	28,7	27,5	34,5	34,8	34,2	27,1	26,3	25
250	29,1	29,6	28,4	37	37,1	37,4	26,5	27	25,7
315	35,7	34,8	35,6	38,7	39,2	40	34	32,6	33,4
400	34,3	33,7	33,9	36	36	36,2	33,1	32,2	32,4
500	38,1	38,5	39,4	36,7	37,5	38,5	40,2	39,9	40,6
630	40,8	41,1	41,4	39,9	40,3	40,4	42	42,1	42,6
800	41,7	42,4	42,6	40,5	41,7	41,8	43,5	43,3	43,6
1000	42,5	42,5	42,9	40,9	40,6	41,1	45	45,8	46,2
1250	44,7	44,6	45	43,3	43,1	43,5	46,8	46,8	47,4
1600	44	44	44,2	43	43,1	43,3	45,3	45,1	45,3
2000	46,5	46,5	46,5	47,1	47,5	47,7	45,9	45,7	45,5
2500	46,3	46	45,8	49,9	49,6	50,1	44,4	44	43,7
3150	43,4	43,2	42,9	51,8	50,9	51,2	40,7	40,6	40,2
4000	46,6	46	46	50,8	49,5	49,8	44,5	44,1	44
5000	49	48,2	48,5	54	52,6	53,3	46,7	46	46,3
$D_{2m,nT,W}$	41	41	41	42	43	43	41	41	41
C	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-2	-2
Ctr	-3	-3	-4	-2	-3	-3	-4	-5	-5

f [Hz]	C2 (media energetica dei 2 affacci)		C2 (affaccio cieco)		C2 (affaccio finestrato)	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
125	33,0	29,7	36,0	32,7	31,3	28,0
250	30,6	28	37,7	35,1	28,0	25,4
500	37,8	35,1	38,4	35,7	37,2	34,6
1000	43,0	40,2	41,8	39,0	44,6	41,8
2000	45,6	42,4	46,3	43,2	45,0	41,8
$D_{2m,nT,W}$	41	38	43	40	41	38
C	-1	0	-1	-1	-2	-2
Ctr	-3	-3	-2	-2	-5	-5

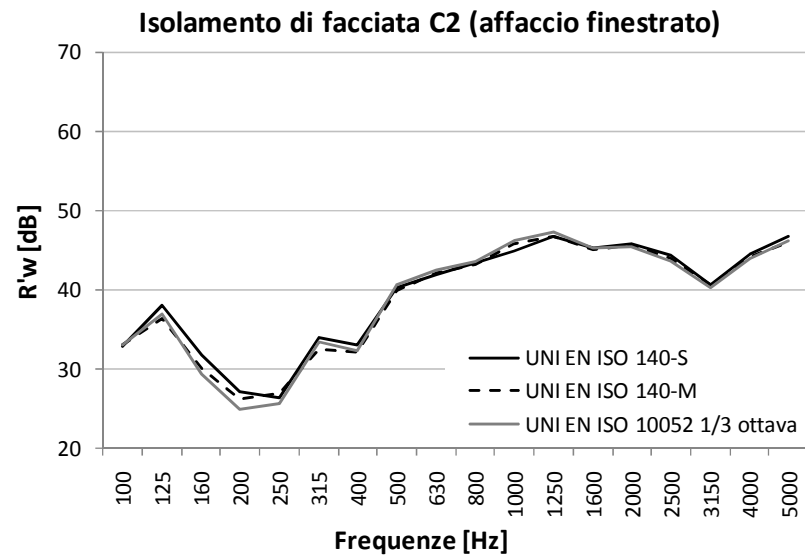
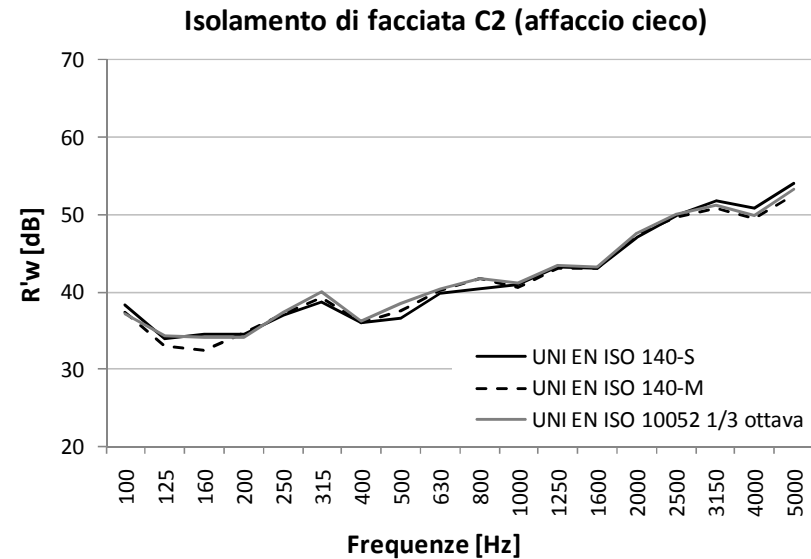
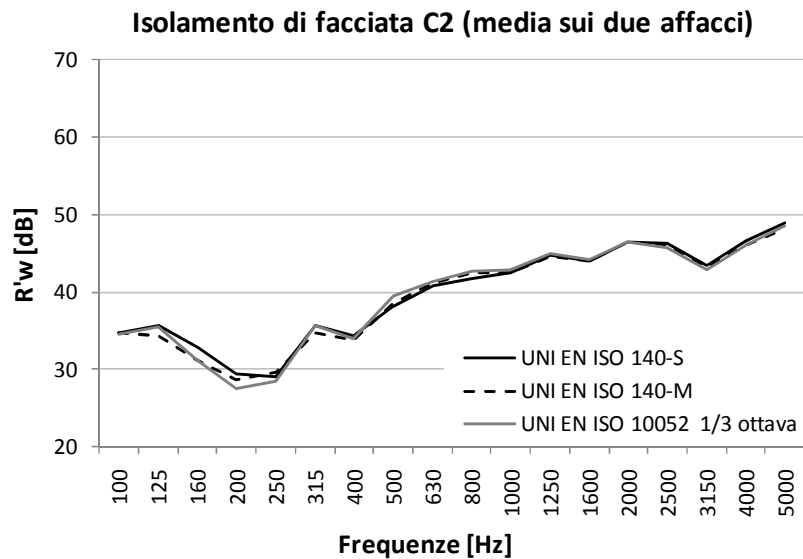


Figura 166 – Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per l'ambiente C2: misura sull'affaccio finestrato, su quello cieco e media energetica

Tabella 160– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure nell'ambiente D1 (con due affacci)

f [Hz]	D1 (media energetica dei 2 affacci)			D1 (affaccio cieco)			D1 (affaccio finestrato)		
	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	33,9	32,1	32,2	37,8	36,1	37,9	31,9	30,1	29,8
125	28,3	28,5	28	31,6	33,3	28,6	26,4	26,3	27,5
160	25	26	26	32,1	31,8	31,8	22,4	23,6	23,6
200	30	29,8	31	36,2	33,1	35,9	27,5	27,9	28,8
250	30,3	30	30,7	41,3	42,4	42,7	27,5	27,1	27,8
315	29,5	32,1	31,9	40,6	40,9	41,2	26,7	29,4	29,1
400	36	36,5	36,7	42,8	43,3	43,7	33,5	34	34,2
500	35,8	35,3	35,6	42,1	41,7	42	33,3	32,8	33,1
630	38,5	39	39,1	47,7	48,2	47,9	35,8	36,3	36,4
800	38,4	38,8	39	46,3	46,9	46,6	35,8	36,1	36,4
1000	40,3	41	41	47,1	46,8	47,3	37,8	38,6	38,5
1250	42,5	42,6	42,8	48,2	47,9	48	40,1	40,3	40,5
1600	41,3	42	42	47,5	47,6	47,5	38,9	39,6	39,7
2000	44	43,9	44	49,4	49,3	48,9	41,7	41,6	41,8
2500	42,6	43,1	43,3	53,3	53,1	52,7	39,8	40,3	40,5
3150	42,7	42,8	43,1	54,4	53,8	53,5	39,8	40	40,3
4000	44,2	44,5	44,6	59,3	59	57,4	41,3	41,6	41,7
5000	48,5	47,8	48,3	61,5	63,1	59,8	45,6	44,9	45,4
$D_{2m,nT,W}$	39	40	40	47	47	47	37	37	37
C	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
Ctr	-3	-4	-3	-4	-4	-4	-4	-3	-3

f [Hz]	D1 (media energetica dei 2 affacci)		D1 (affaccio cieco)		D1 (affaccio finestrato)	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
125	28,6	26,2	32,5	30,2	26,6	24,2
250	31,5	30,2	40,3	39,0	28,8	27,5
500	37,5	36,8	44,6	43,9	34,9	34,2
1000	40,3	39	47,1	45,9	37,8	36,5
2000	43,1	41,2	49,0	47,1	40,7	38,8
$D_{2m,nT,W}$	40	39	47	46	38	36
C	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Ctr	-3	-4	-4	-5	-4	-3

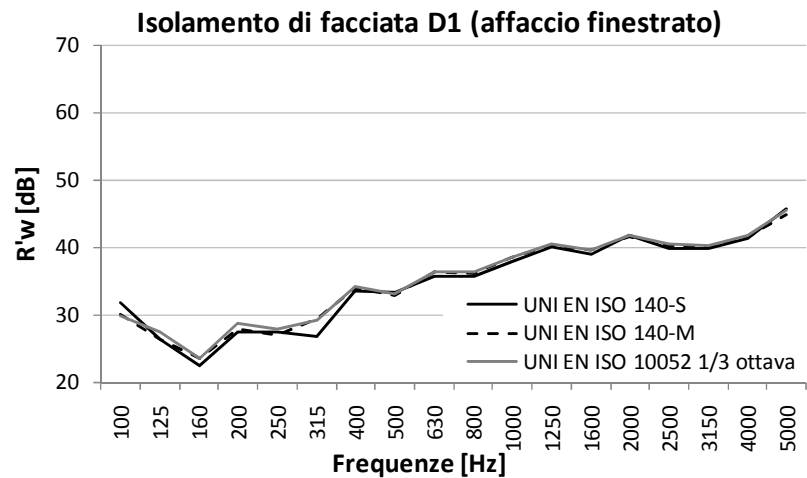
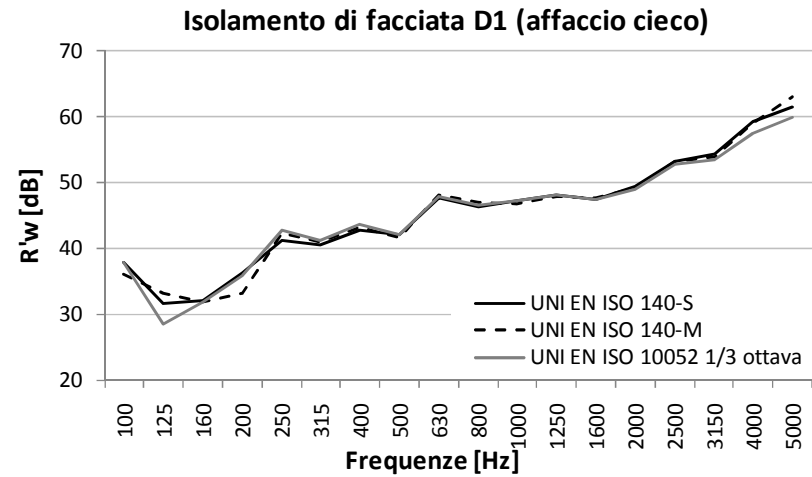
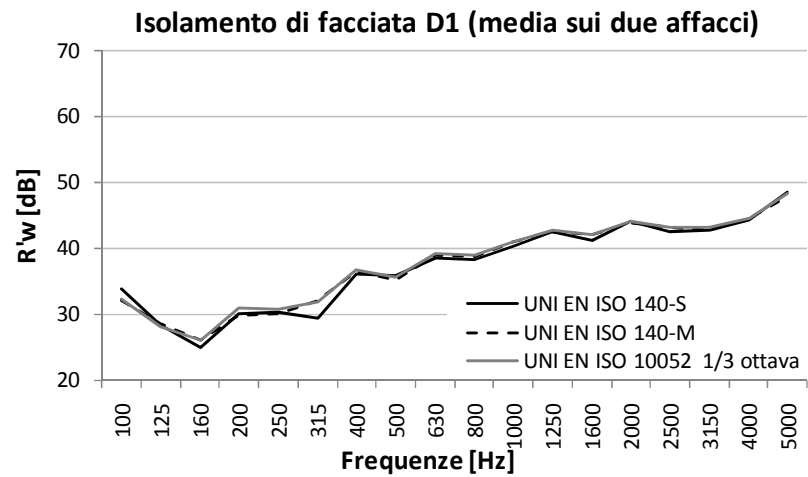


Figura 167– Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per l'ambiente D1: misura sull'affaccio finestrato, su quello cieco e media energetica

Tabella 161– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure nell'ambiente D2 (con due affacci)

f [Hz]	D2 (media energetica dei 2 affacci)			D2 (affaccio cieco)			D2 (affaccio finestrato)		
	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	36,3	35,8	35,7	37,5	37,2	36,9	35,4	34,7	34,8
125	25,6	24,7	25,6	36,7	37,7	37,4	22,8	21,8	22,7
160	30	30	31	34,5	34	34,1	27,8	28	29,2
200	34,4	33,7	34,3	36,3	35,5	35,4	33,1	32,5	33,5
250	35,3	34,9	35,4	39,8	40	39,1	33,1	32,6	33,4
315	38	39,7	38,9	41,5	42,8	42,6	36,1	37,9	36,9
400	39,4	40,2	39,3	43,4	43,7	43,9	37,4	38,3	37,1
500	41,1	41,8	42	47,3	47,3	47,7	38,7	39,4	39,6
630	41,2	42,4	42,4	49,4	49,5	49,8	38,5	39,8	39,8
800	41,3	41,4	41,9	49,6	49,6	49,9	38,6	38,7	39,2
1000	39,7	39,7	40,1	47,6	47,3	47,4	37,1	37,1	37,5
1250	35	35,1	34,9	47,2	47,7	47,8	32,1	32,2	32
1600	38	38,8	38,8	49	49,7	49,5	35,2	36	36
2000	41,7	42,2	42,2	54,8	54,6	54,4	38,8	39,3	39,3
2500	49,2	48,8	48,9	59,2	59,3	59,5	46,4	46	46,1
3150	45,9	46	46,1	61,8	61,4	61,7	42,9	43,1	43,2
4000	38,6	38,7	38,8	63,7	61,4	60,3	35,6	35,7	35,8
5000	41,9	41,7	42	67,1	63,1	61,9	38,9	38,7	39
$D_{2m,nT,W}$	41	41	42	48	49	49	38	39	39
C	-2	-2	-3	0	-1	-1	-2	-2	-2
Ctr	-3	-3	-4	-3	-4	-4	-3	-4	-4

f [Hz]	D2 (media energetica dei 2 affacci)		D2 (affaccio cieco)		D2 (affaccio finestrato)	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
125	29,4	26,7	36,4	33,6	26,9	24,2
250	37,2	35,3	40,3	38,4	35,4	33,5
500	40,9	39,3	46,7	45,2	38,5	36,9
1000	39,6	38	48,8	47,2	36,9	35,3
2000	42,4	40,4	53,3	51,3	39,6	37,6
$D_{2m,nT,W}$	41	40	49	48	39	37
C	0	-1	-1	-2	-1	-1
Ctr	-2	-4	-4	-5	-3	-3

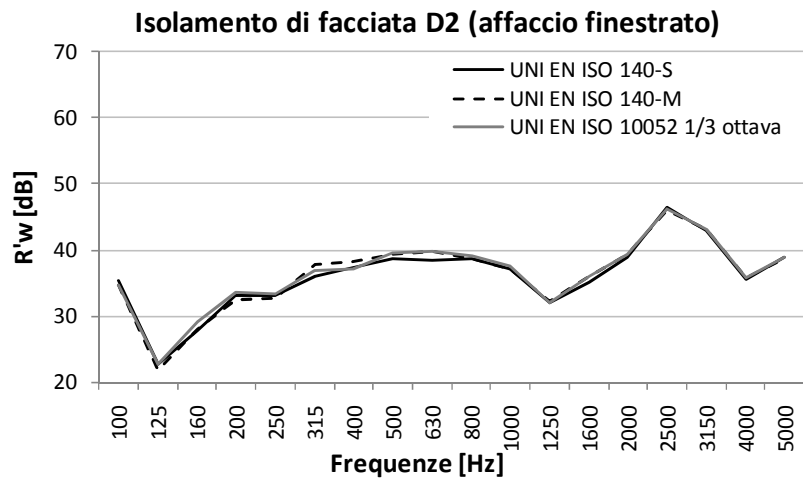
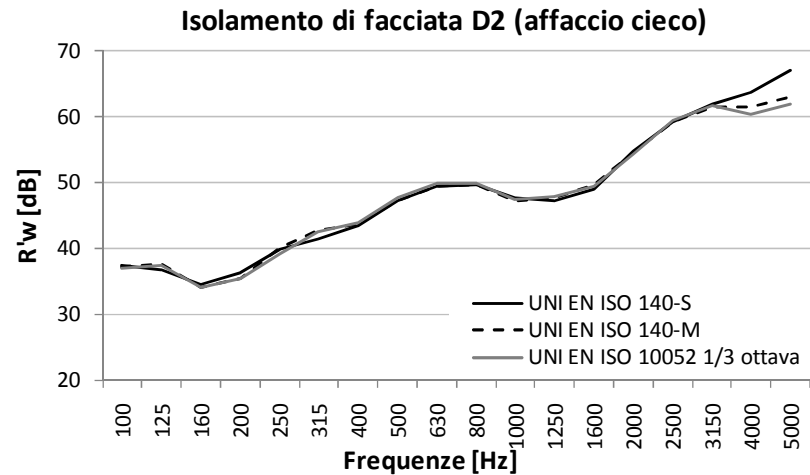
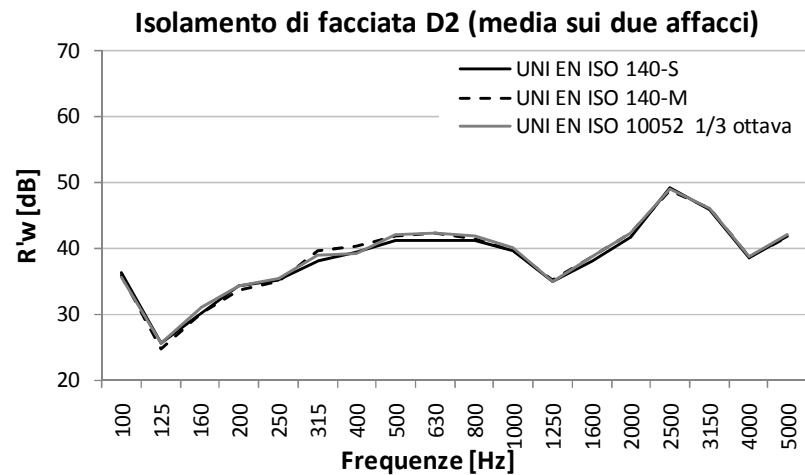


Figura 168– Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per l'ambiente D2: misura sull'affaccio finestrato, su quello cieco e media energetica

Tabella 162– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure nell'ambiente D3 (con due affacci)

f [Hz]	D3 (media energetica dei 2 affacci)			D3 (affaccio cieco)			D3 (affaccio finestrato)		
	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	38,6	38,9	38,3	42,4	42,5	42,2	36,6	37	36,3
125	28,3	26,8	26,8	36,1	36,4	34,6	25,7	24	24,2
160	29,2	30,8	30,7	34,6	34,8	34,4	26,9	28,7	28,7
200	33,6	33,7	33,9	38,2	37,7	37,5	31,4	31,6	31,9
250	33,7	34,6	33,9	37,1	38	37,5	31,8	32,7	32
315	31,7	32,8	33	38,4	38,5	39,1	29,2	30,4	30,6
400	35,1	36	35,7	39,9	40,5	40,5	32,9	33,8	33,5
500	36,2	37,2	36,7	43,7	44,2	44,7	33,6	34,6	34
630	39	40,3	40,4	45,7	45,9	46	36,5	37,9	38
800	40,8	41,5	41,6	44	44	44,1	39	39,9	40
1000	40,5	40,7	40,9	45,7	45,5	45,8	38,2	38,5	38,7
1250	41,9	42,4	42,6	45,9	46	46,1	39,9	40,5	40,7
1600	42,4	43,4	43,5	46,2	46,8	46,9	40,4	41,5	41,6
2000	46,3	47,4	47,4	49,6	50,2	50,2	44,5	45,7	45,7
2500	49,8	50,2	50,3	56,9	57,1	57,5	47,2	47,7	47,7
3150	50,6	51,7	51,2	59,9	59,7	59,9	47,8	49	48,5
4000	51,8	52,6	52,4	62	61,5	62,1	49	49,9	49,6
5000	50,5	51,6	51,4	64,1	64,2	62,2	47,6	48,7	48,6
$D_{2m,nT,W}$	41	42	42	46	46	46	39	39	39
C	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	0	0
Ctr	-3	-4	-4	-3	-3	-3	-4	-3	-3

f [Hz]	D3 (media energetica dei 2 affacci)		D3 (affaccio cieco)		D3 (affaccio finestrato)	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
125	30,0	27,6	37,0	34,6	27,4	25,0
250	33,4	32,3	38,4	37,2	31,1	30,0
500	37,0	35,8	42,8	41,6	34,6	33,4
1000	41,7	40	45,0	43,3	39,8	38,1
2000	46,6	44,6	49,6	47,6	44,8	42,8
$D_{2m,nT,W}$	42	40	46	44	39	38
C	-1	-1	-1	0	-1	-1
Ctr	-4	-4	-3	-2	-3	-4

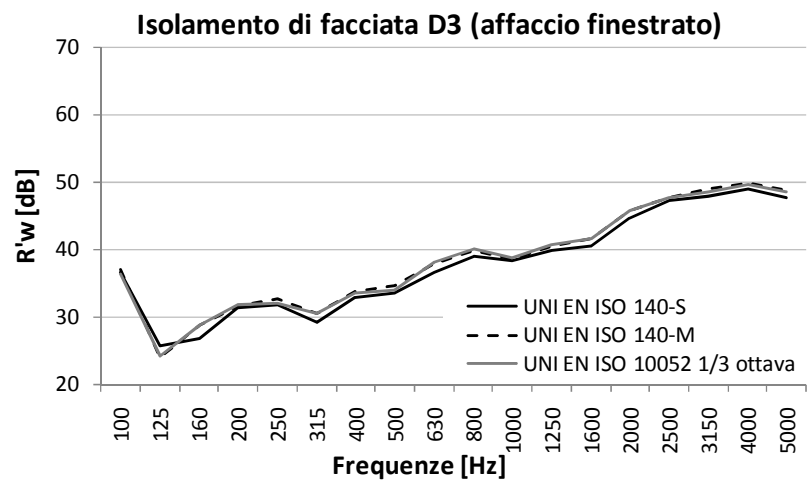
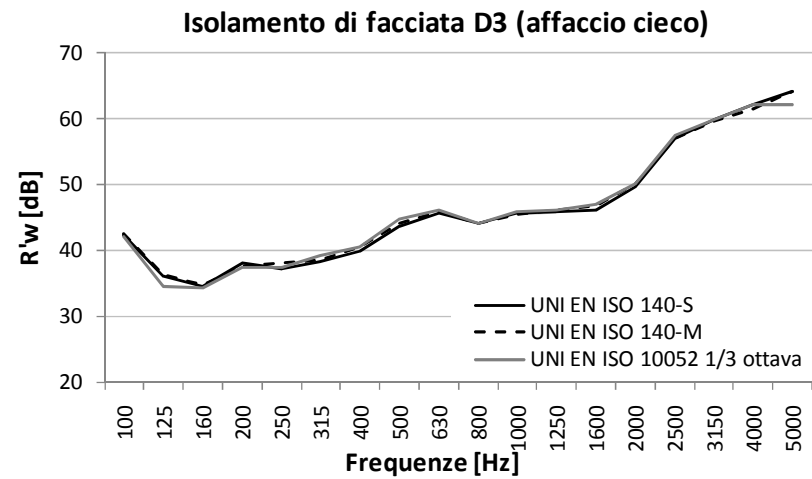
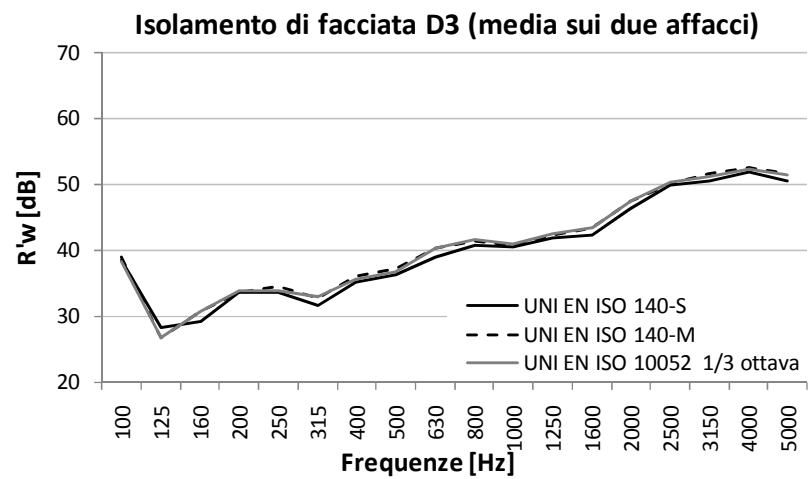


Figura 169– Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per l'ambiente D3: misura sull'affaccio finestrato, su quello cieco e media energetica

Tabella 163– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure negli ambienti E2, E3, F1 (con un affaccio)

f [Hz]	E2			E3			F1		
	UNI EN ISO 140-S $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-M $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-S $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-M $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-S $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-M $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott $D_{2m,nT}$ [dB]
100	36,6	33,8	29,3	34,9	32,3	31,6	37,1	35,7	36,2
125	30	30,6	33,1	30,1	28,1	28,8	35,9	33,1	35,2
160	29,6	28,7	28,8	30,3	28,3	28,4	36,5	35,6	37,1
200	28,9	30,2	29	25,1	25,9	26,4	31,7	31,1	32,2
250	32,5	31,9	33,4	28,4	28,3	28	31,1	31,7	31,8
315	30,1	29,2	32	29,5	29,9	30,5	33,3	33,8	33,2
400	33,6	33,9	33,2	33,3	33	32,3	37,3	37,7	37,3
500	36,7	35,8	35,8	36	36	35,9	39,8	40,4	40,4
630	37	37,9	38,4	39,1	40,4	40	38,6	38,5	38,5
800	36,9	36,9	39,2	35,7	36,3	36,1	40,8	41	41,4
1000	38,8	39,9	40,4	37,1	37,9	37,6	42,4	42,6	42,6
1250	38,1	38,5	37,8	34,3	35,1	35,3	41,9	41,9	41,7
1600	37,8	37,8	39,9	39,1	40,4	40,7	43,2	43,3	43,1
2000	39,7	39,5	40,1	42,2	42,8	42,8	43,3	43,1	42,9
2500	46	45,6	46,3	47	47,2	47,5	44,9	44,7	44,7
3150	48,5	48,8	48,4	47,5	47,7	47,8	44,8	44,7	44,9
4000	49,6	48,2	48,5	47,1	46,8	47,3	45,7	45,7	45,9
5000	47,4	45,8	47,3	47,6	47,3	48	45	44,7	45,4
$D_{2m,nT,W}$	38	38	39	37	38	38	41	41	41
C	0	0	-1	0	-1	-1	0	0	0
Ctr	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2

f [Hz]	E2		E3		F1	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab $D_{2m,nT}$ [dB]
125	30,0	28,9	28,6	29,7	36,2	36,3
250	31,5	29,6	28,9	29,4	32,5	31,2
500	35,2	32,9	33,8	35,1	38,5	36,6
1000	39,2	36,8	34,5	36,3	42,0	39,8
2000	41,2	38,5	40,1	42,4	43,4	41
$D_{2m,nT,W}$	39	36	36	38	41	39
C	-1	0	0	-1	0	0
Ctr	-3	-2	-2	-3	-2	-2

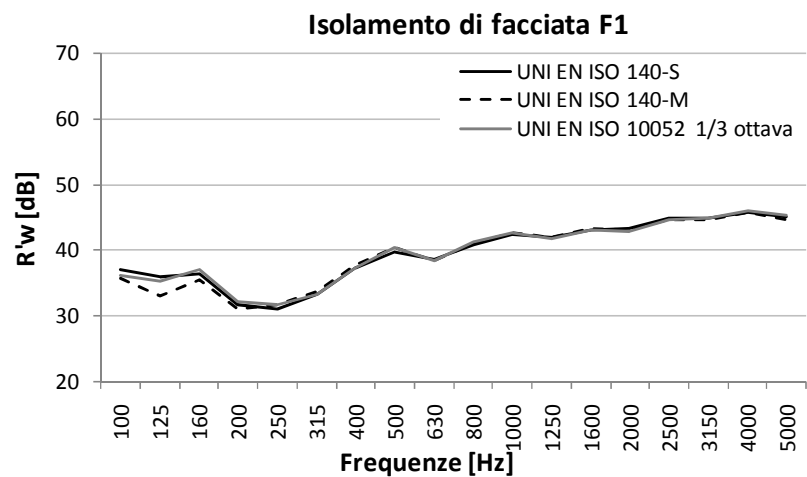
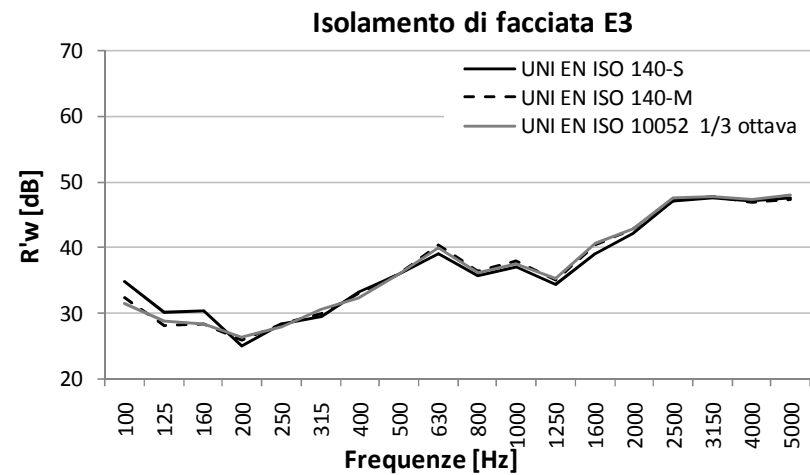
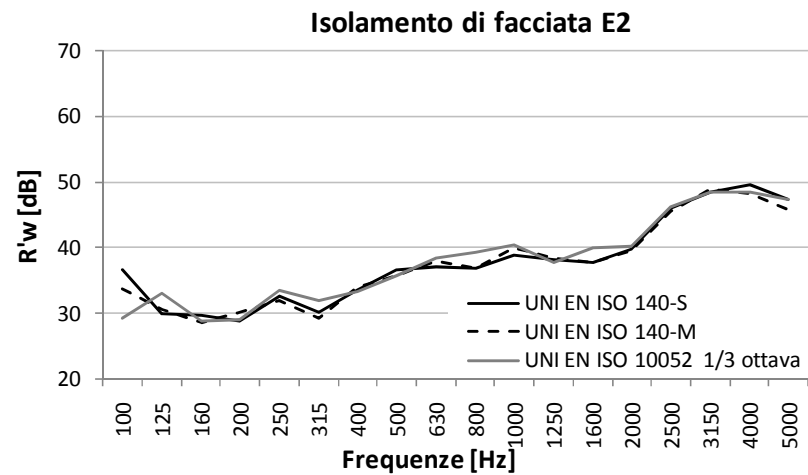


Figura 170– Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per gli ambienti E2, E3 e F1 (ad un solo affaccio)

Tabella 164– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure negli ambienti F2 e F3(con un affaccio) e nell'ambiente G2 (di cui è stato misurato solo l'affaccio finestrato)

f [Hz]	F2			F3			G2 (affaccio finestrato)		
	UNI EN ISO 140-S $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-M $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-S $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-M $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-S $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 140-M $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 1/3 ott $D_{2m,nT}$ [dB]
100	36,1	32	30,8	35,3	33,3	31,5	30,8	28	30,9
125	31,4	32,6	33,5	27,7	28,4	28,8	38,2	38,5	38,4
160	31,5	31,2	32	26,9	26,8	26,8	31,3	30,1	31,5
200	31,2	31,5	29,9	23,4	24,7	24,2	32,5	31,3	32,9
250	32,2	33,5	33,5	27,4	27,9	28,4	28,2	29,6	30
315	31	31,9	31,6	31	31,5	31,8	35,4	35,1	35,1
400	31,7	31,8	31,3	30,6	31,1	31,4	34,4	35,4	36,3
500	34,2	35,3	34,6	35,3	35,1	34,6	36,9	36,6	36,5
630	38,7	38,6	38,3	39,9	40,1	39,9	40,8	41,3	41
800	41,9	41,9	42,1	38,3	38,7	38,8	40,3	40,2	40,2
1000	40,7	40,8	40,6	40	40,2	39,9	42,6	41,6	42,3
1250	37,7	38	38	41,9	42,7	42,6	46	44,7	45,2
1600	39,9	39,9	39,8	42,2	42,6	42,6	44,8	44,4	44,5
2000	41,5	42,2	42,2	42,9	43,4	43,2	45,7	46	46,5
2500	48	48,1	48,3	49,9	50,3	50,1	49	48,6	49,1
3150	47,4	47	47,1	49,5	49,6	49,7	41,5	42,8	44,1
4000	45,5	45,3	45,3	49,6	49	48,9	39,5	40,9	42
5000	46,1	45,5	45,7	51,2	51,3	51,1	46,7	46,8	48,1
$D_{2m,nT,W}$	39	39	39	38	39	39	41	41	42
C	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Ctr	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-3	-3	-4

f [Hz]	F2		F3		G2 (affaccio finestrato)	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev mis $D_{2m,nT}$ [dB]	UNI EN ISO 10052 Trev tab $D_{2m,nT}$ [dB]
125	31,6	31,5	29,2	28,4	33,4	30,6
250	31,4	30,3	29,7	28,7	33,5	31,4
500	34,2	32,6	34,2	32,7	37,8	36,2
1000	41,1	39	39,7	37,8	41,0	39,2
2000	42,7	40,2	44,1	42	46,5	44,3
$D_{2m,nT,W}$	39	38	39	37	42	40
C	0	-1	-1	-1	-1	-1
Ctr	-2	-3	-4	-3	-3	-3

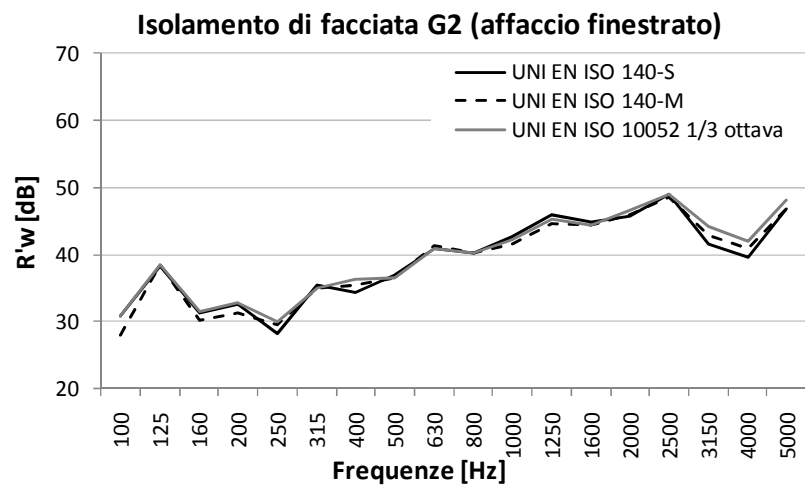
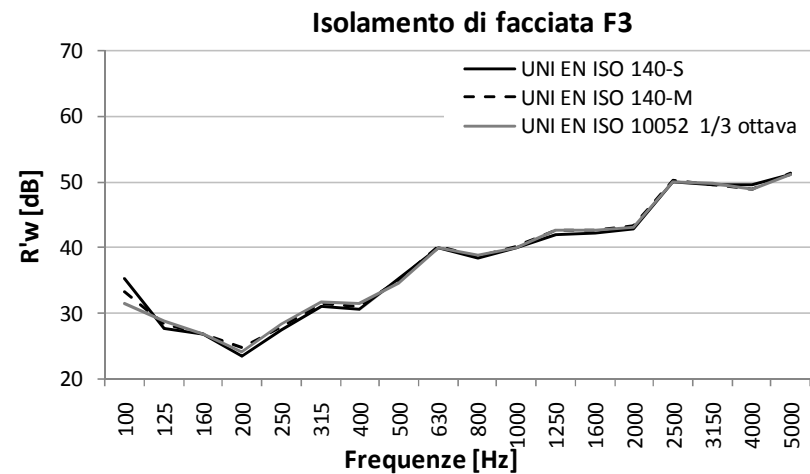
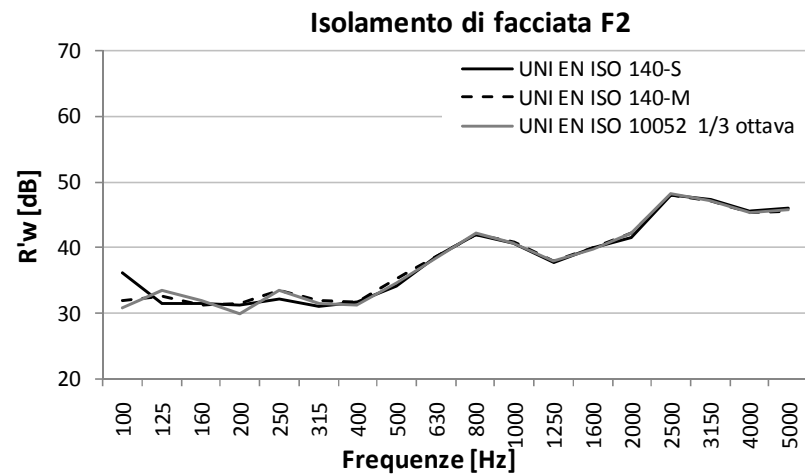


Figura 171– Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per gli ambienti F2 e F3 (ad un solo affaccio) e per l'ambiente G2 (di cui è stato misurato solo l'affaccio finestrato)

Tabella 165– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure nell'ambiente G1 (con due affacci)

f [Hz]	G1 (media energetica dei 2 affacci)			G1 (affaccio cieco)			G1 (affaccio finestrato)		
	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	29	27,7	28,4	34,1	32,5	33	26,7	25,5	26,2
125	31,9	32,7	34	38	37,8	37,3	29,5	30,4	32,1
160	33,1	31,4	31,4	38	37,8	36,6	30,8	28,9	29,1
200	30,3	31,1	31,4	40	40,1	40,7	27,5	28,4	28,6
250	33	34	34,1	40,4	40,2	41,2	30,4	31,5	31,5
315	37,7	35,6	36,3	42	41,8	42,2	35,6	33,2	33,9
400	36,9	37,4	36,5	38,2	38,8	39,2	35,9	36,3	34,9
500	39,6	39,5	37,7	45,9	45,6	46,9	37,1	37,1	35
630	40,4	40,8	39,9	48,5	48,5	48,4	37,7	38,2	37,2
800	38,9	39,5	38,7	51,1	50,9	51,2	36	36,7	35,8
1000	44,1	44,4	44,3	47,1	47,2	47,8	42,3	42,7	42,4
1250	44,2	44,4	44,6	49,2	49,3	49,5	41,9	42,1	42,3
1600	43,7	44,5	44,5	49,9	50,7	50,5	41,3	42,1	42,1
2000	44,8	44,9	45,1	51,1	51,9	51,8	42,3	42,4	42,6
2500	43,5	43,2	43,2	57,2	57,3	57,2	40,6	40,3	40,3
3150	42,3	41,4	41,7	58,9	58,7	58,7	39,3	38,4	38,7
4000	44,2	41,3	43,7	62	60,9	60,1	41,2	38,3	40,7
5000	47,8	43,3	47,2	63,7	63,4	61,3	44,8	40,3	44,3
$D_{2m,nT,W}$	42	42	42	48	49	49	39	39	39
C	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1
Ctr	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-3	-3	-3

f [Hz]	G1 (media energetica dei 2 affacci)		G1 (affaccio cieco)		G1 (affaccio finestrato)	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
125	30,7	28,6	35,9	33,7	28,4	26,3
250	35,0	33,8	41,6	40,3	32,5	31,3
500	38,1	37,2	44,0	43,1	35,7	34,8
1000	41,4	40,3	50,3	49,2	38,7	37,6
2000	44,5	42,6	52,5	50,6	41,8	39,9
$D_{2m,nT,W}$	42	40	49	48	39	38
C	-1	0	-1	-1	-1	-1
Ctr	-3	-3	-4	-4	-3	-3

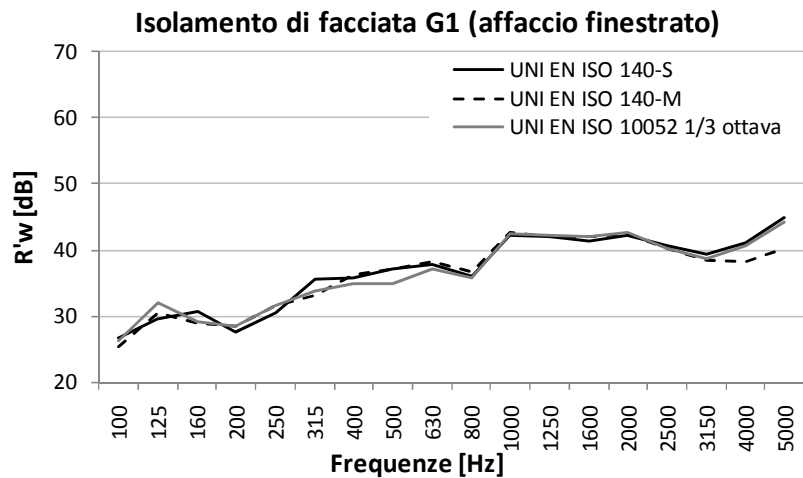
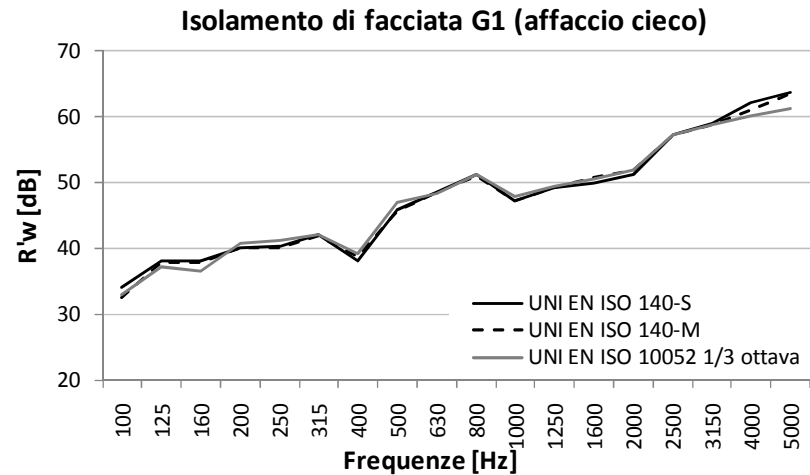
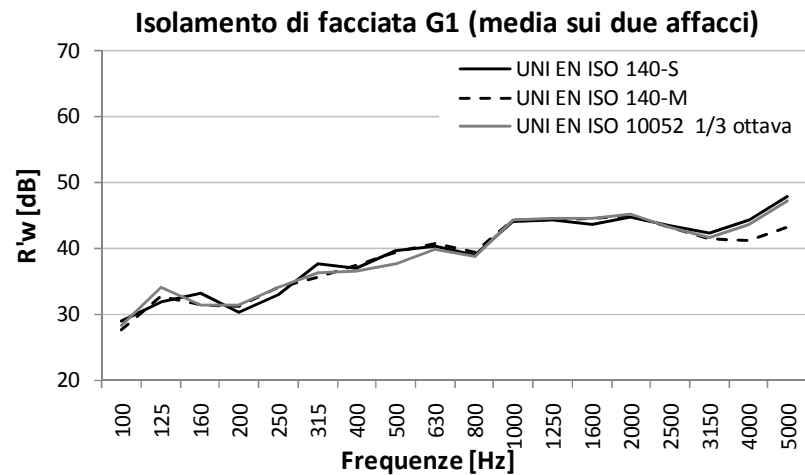


Figura 172– Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per l'ambiente G1: misura sull'affaccio finestrato, su quello cieco e media energetica

Tabella 166– Isolamento di facciata, confronto tra i diversi metodi per le misure nell'ambiente G3 (con due affacci)

f [Hz]	G3 (media energetica dei 2 affacci)			G3 (affaccio cieco)			G3 (affaccio finestrato)		
	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott	UNI EN ISO 140-S	UNI EN ISO 140-M	UNI EN ISO 10052 1/3 ott
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
100	29,3	28	27,6	31,7	31,4	31,9	27,8	26,1	25,5
125	29,1	30,3	29,4	37,9	38,5	37,4	26,4	27,6	26,7
160	29	29,1	29,6	30,2	30,5	31,6	28	28,1	28,3
200	32,3	32,2	32,1	33,2	33,3	33,4	31,5	31,3	31,1
250	32,6	33,6	33,9	35,9	36,3	35,9	30,8	31,9	32,6
315	34,8	35,7	35,7	39,6	40,5	40,4	32,6	33,5	33,5
400	36,4	36,3	37,3	40	40,5	40,4	34,5	34,2	35,5
500	37,8	37,3	37,8	40,8	40,6	41	36	35,5	36
630	38,6	38,7	39,6	42,9	43,1	43,7	36,5	36,6	37,5
800	39,2	40	40,3	43,1	43,1	43,2	37,2	38,2	38,6
1000	40,4	41	41,6	42,8	44	43,8	38,9	39,2	40,2
1250	41,9	41,8	42,3	46,8	47,3	47,5	39,7	39,4	40
1600	42,8	43,1	44,1	46,6	47,2	47	40,8	41	42,4
2000	43,8	44	44,7	48,6	48	48	41,6	42	42,9
2500	45,8	46	46,4	53,5	53,6	53,4	43,2	43,4	43,8
3150	51,1	50,8	50,8	56,7	56,1	55,6	48,7	48,5	48,6
4000	55,4	54,7	55,3	59,1	58,4	58,6	53,4	52,7	53,4
5000	55,6	54,3	55,2	60,6	59,3	59,6	53,3	52	53
$D_{2m,nT,W}$	41	41	42	44	45	45	39	39	40
C	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1
Ctr	-3	-3	-4	-3	-4	-4	-3	-3	-4

f [Hz]	G3 (media energetica dei 2 affacci)		G3 (affaccio cieco)		G3 (affaccio finestrato)	
	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab	UNI EN ISO 10052 Trev mis	UNI EN ISO 10052 Trev tab
	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]	$D_{2m,nT}$ [dB]
125	28,8	26,3	34,2	31,6	26,5	24,0
250	34,8	32,4	39,0	36,6	32,7	30,3
500	38,0	36,1	41,4	39,4	36,1	34,2
1000	40,9	39	44,2	42,2	39,1	37,2
2000	44,8	42,3	48,5	46,0	42,8	40,3
$D_{2m,nT,W}$	42	39	45	43	40	38
C	-1	-1	-1	-1	-1	-2
Ctr	-4	-3	-3	-3	-4	-4

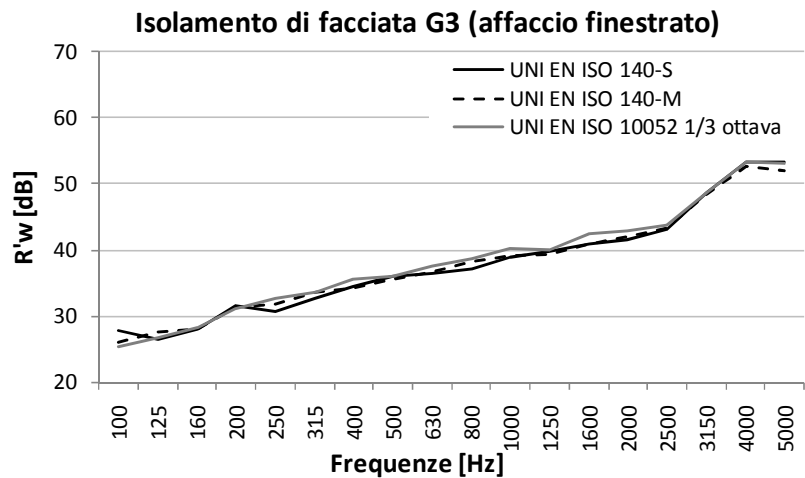
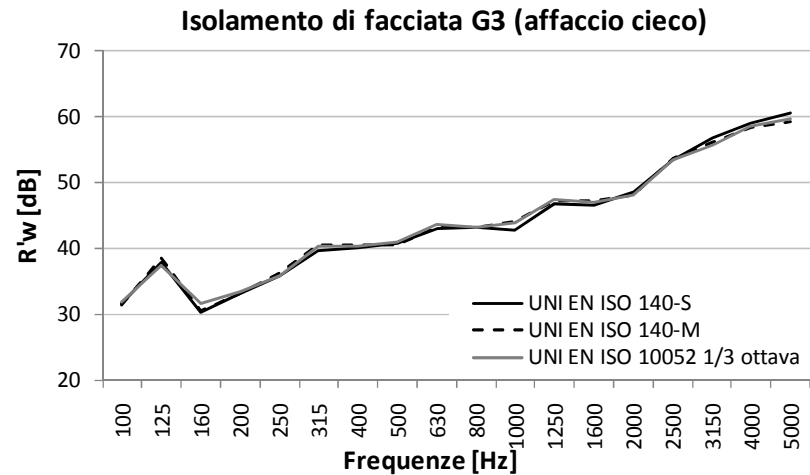
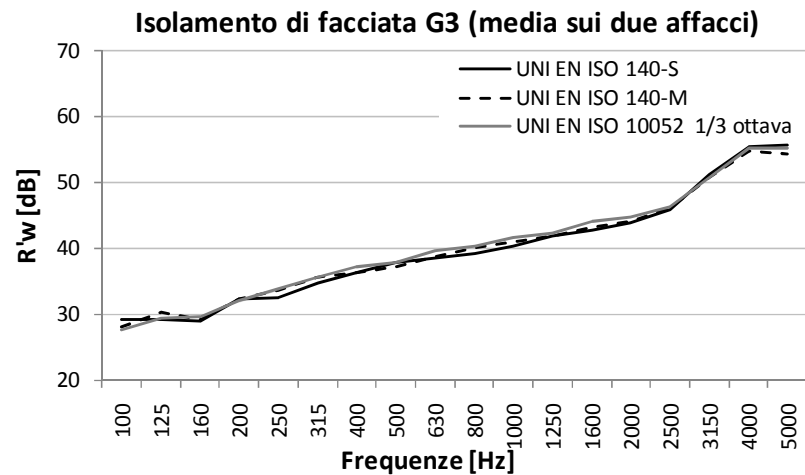


Figura 173– Isolamento di facciata, con diversi metodi di misura, per l'ambiente G3: misura sull'affaccio finestrato, su quello cieco e media energetica

B.4 Confronto tra i valori medi delle misure su gruppi di ambienti simili, con i diversi metodi di misura

VALORI MEDI, SU AMBIENTI DELLO STESSO TIPO, PER L'ISOLAMENTO DI FACCIATA, VALUTATO CON I DIVERSI METODI

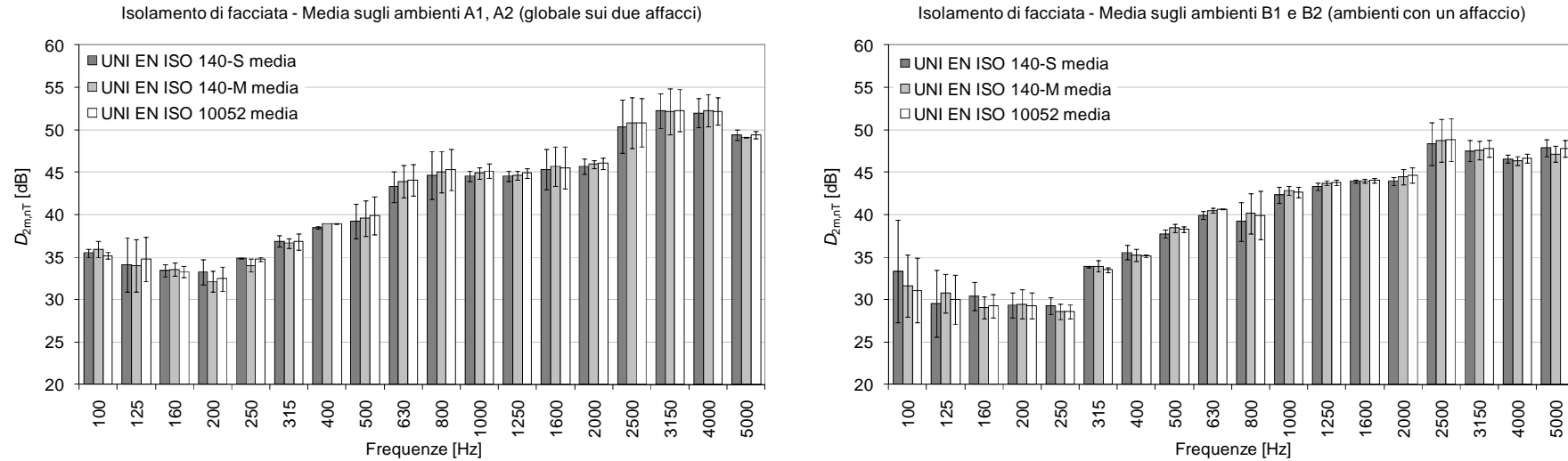


Figura 174 – Valori medi di isolamento di facciata (su ambienti simili) per i tre metodi. Sono riportate le barre di dispersione dei valori.

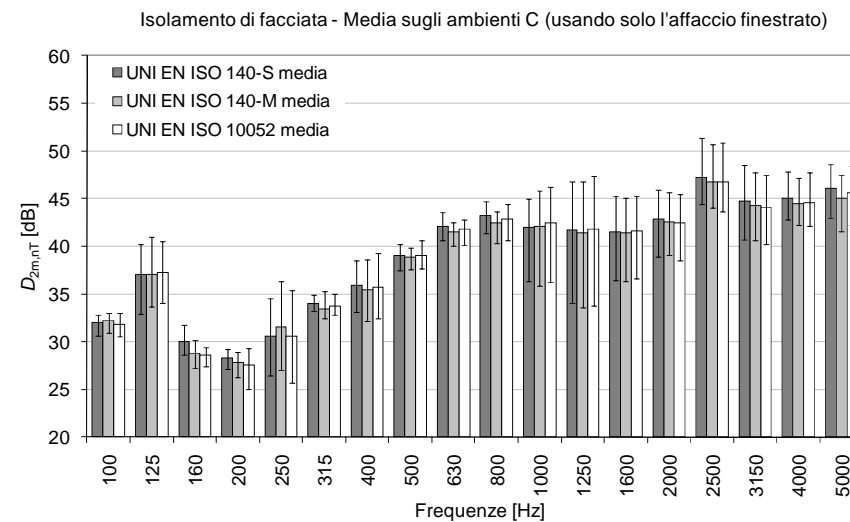
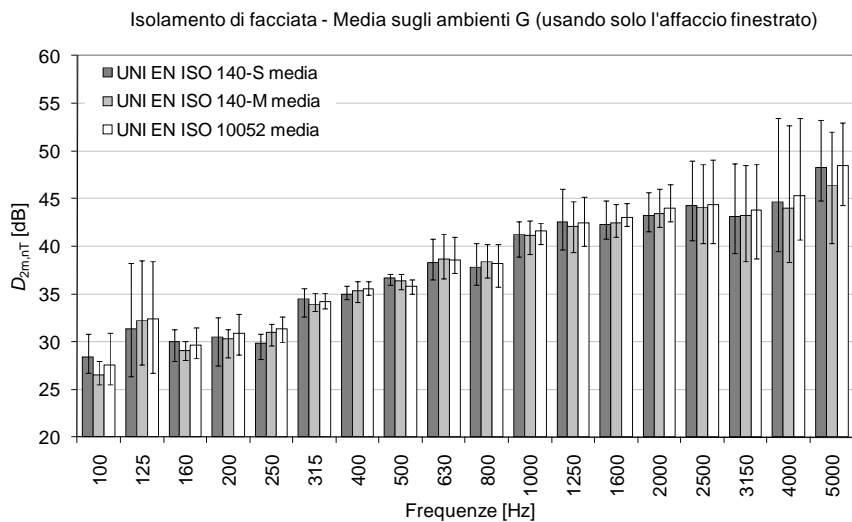
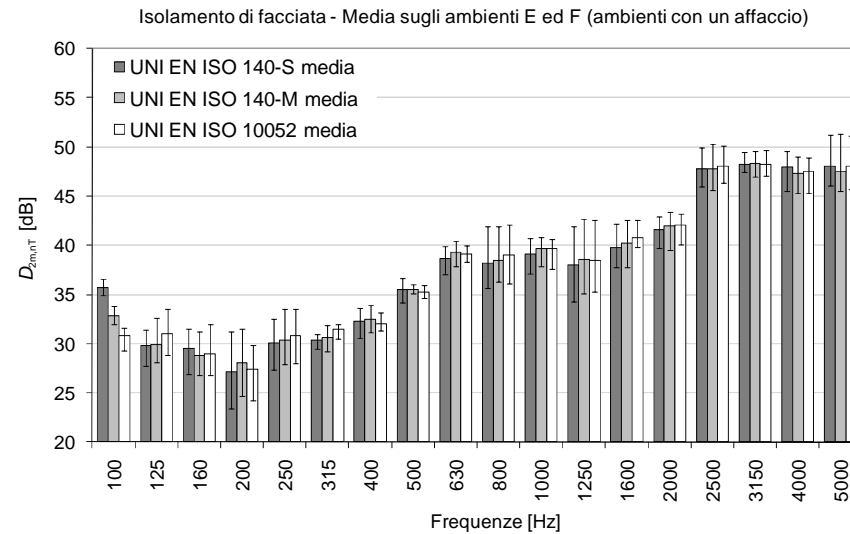
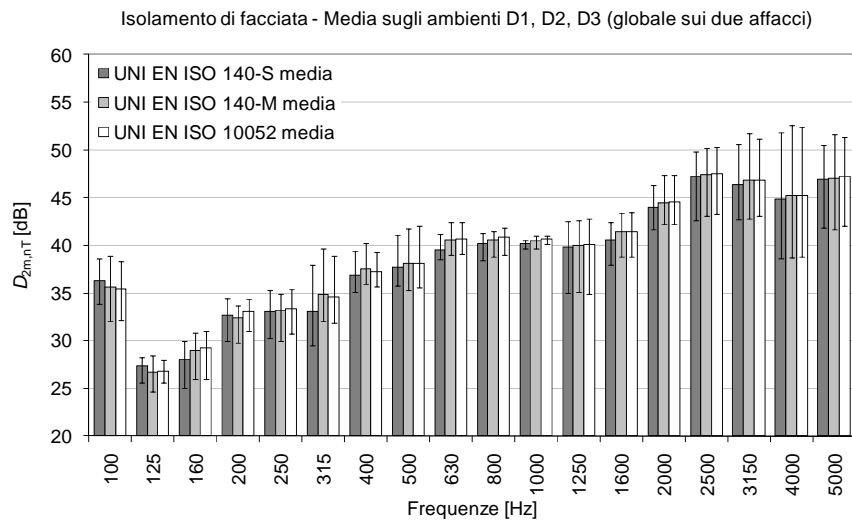


Figura 175– Valori medi di isolamento di facciata (su ambienti simili) per i tre metodi. Sono riportate le barre di dispersione dei valori.

Nel caso dell'isolamento di facciata, le barre di scostamento risultano molto simili per tutti e tre i metodi eseguiti per bande di terzo d'ottava.

VALORI MEDI PER IL LIVELLO DI CALPESTIO VALUTATO DAL BASSO ALL'ALTO, CON I DIVERSI METODI (TUTTI I CASI)

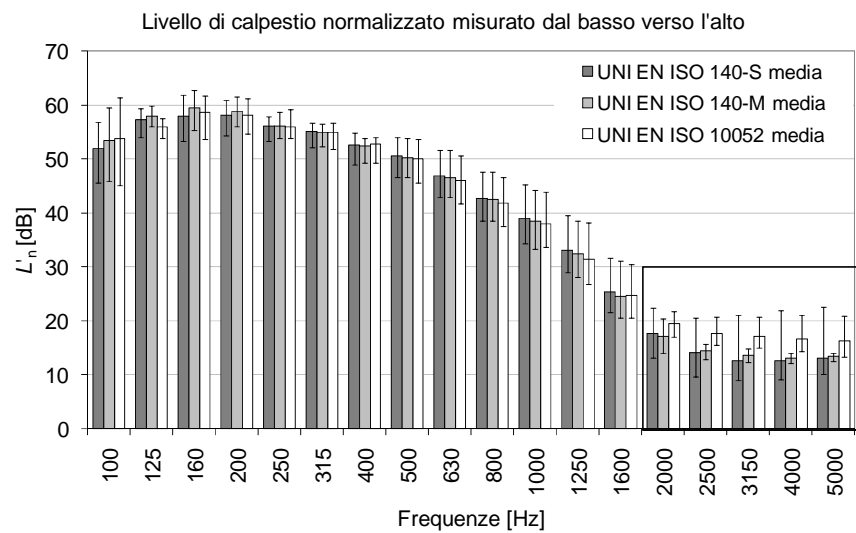


Figura 176 - Livello di calpestio, valutato dal basso verso l'alto, con diversi metodi. Valori medi sulle 7 misure eseguite. Sono riportate le barre di dispersione dei valori.

VALORI MEDI, SU AMBIENTI DELLO STESSO TIPO, PER IL LIVELLO DI CALPESTIO VALUTATO DALL'ALTO AL BASSO, CON I DIVERSI METODI

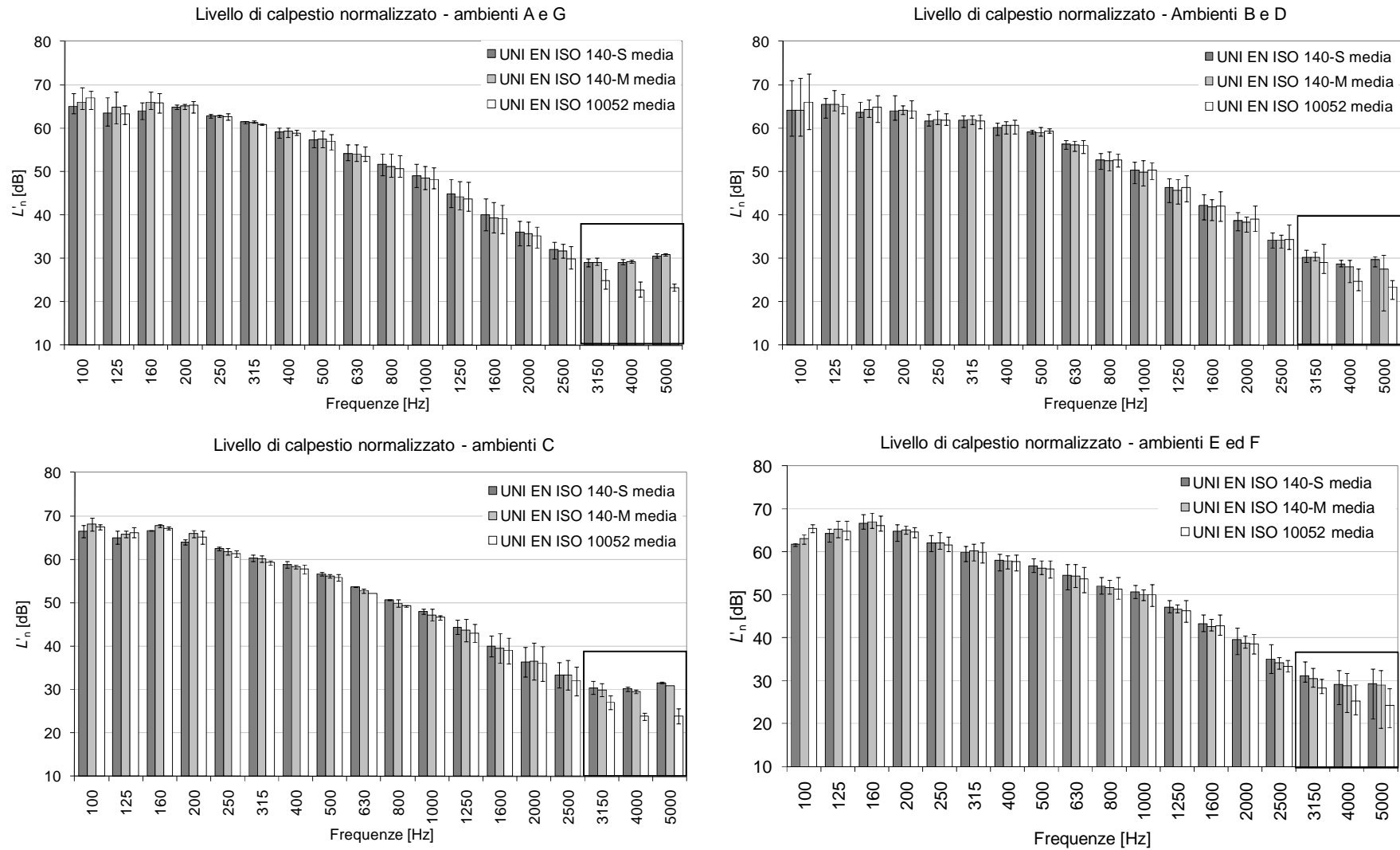


Figura 177- Livello di calpestio, valutato dall'alto verso il basso, con diversi metodi. Valori medi su ambienti simili. Sono riportate le barre di dispersione dei valori.

VALORI MEDI, SU AMBIENTI DELLO STESSO TIPO, PER IL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE DEI SOLAI, CON I DIVERSI METODI

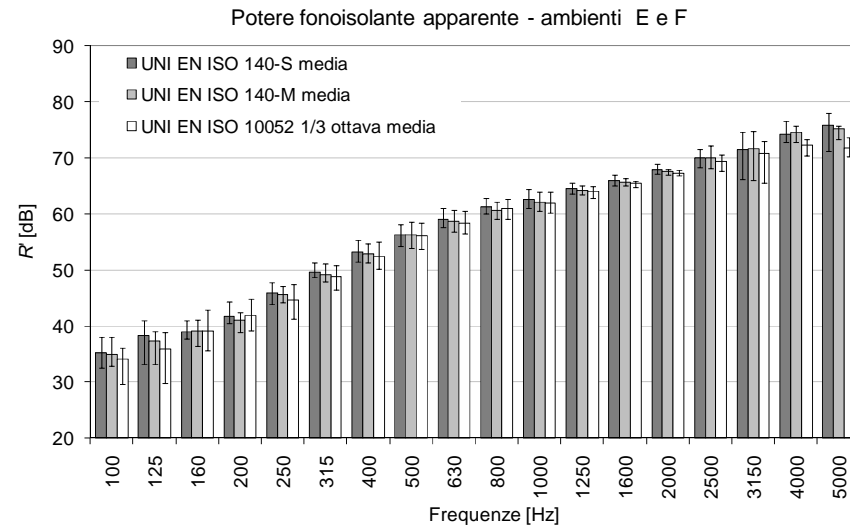
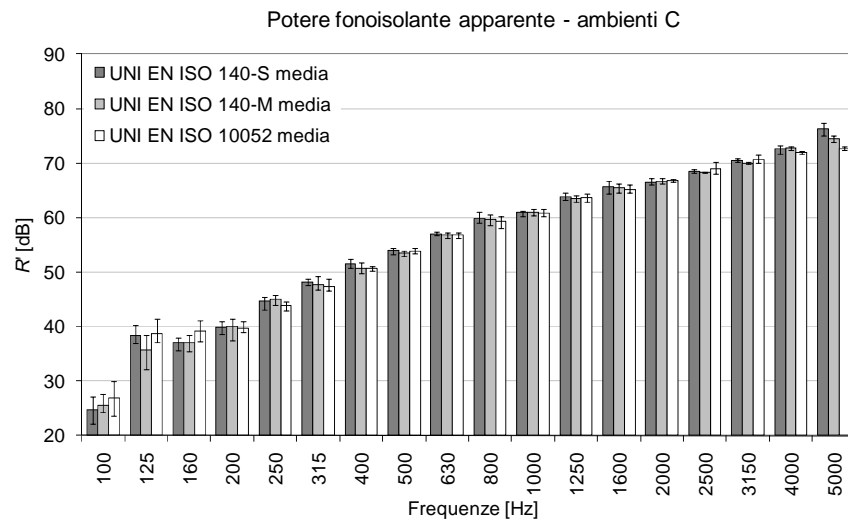
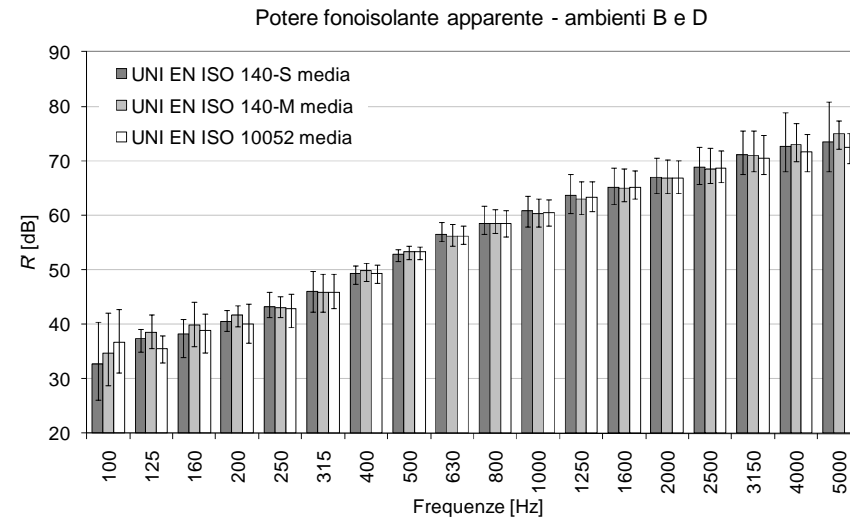
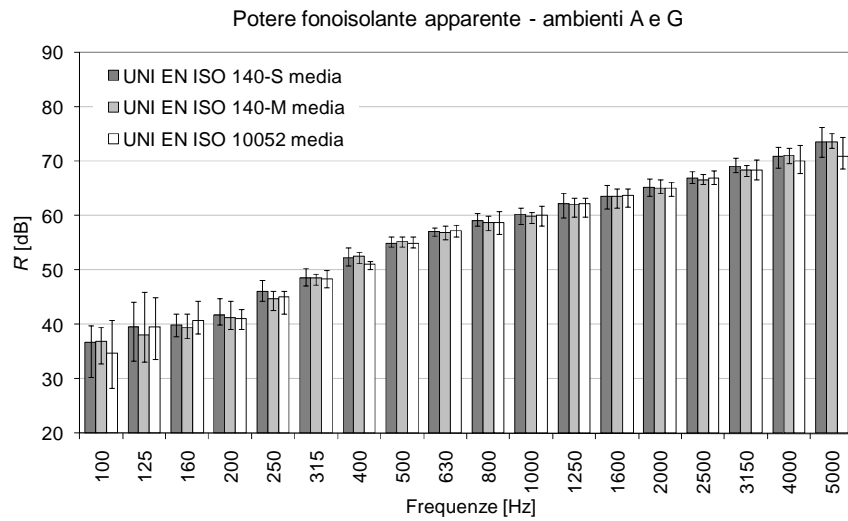


Figura 178- Potere fonoisolante apparente dei solai, valutato con diversi metodi. Valori medi su ambienti simili. Sono riportate le barre di dispersione dei valori.

VALORI MEDI, SU AMBIENTI DELLO STESSO TIPO, PER IL POTERE FONISOLOANTE APPARENTE DELLE PARETI, CON I DIVERSI METODI

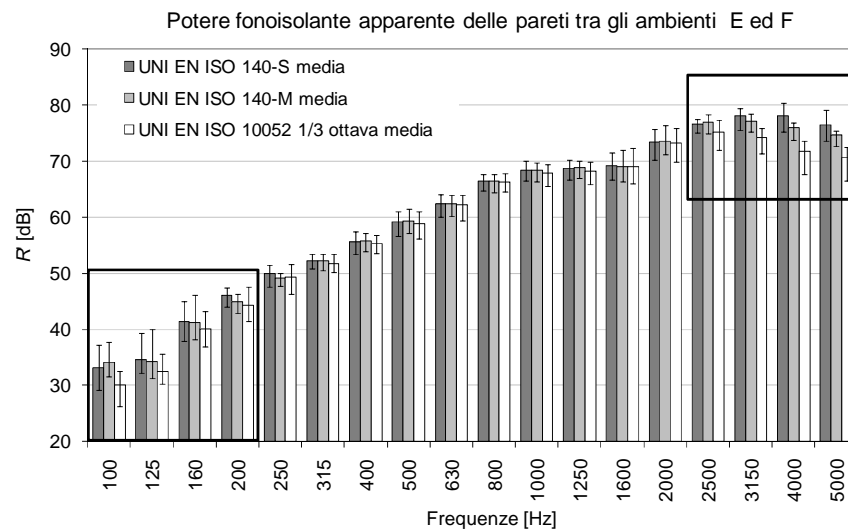


Figura 179- Potere fonoisolante apparente delle pareti, valutato con diversi metodi. Valori medi su ambienti simili (in questo caso coincidenti con la totalità delle 6 misure effettuate). Sono riportate le barre di dispersione dei valori.

C Norma UNI 11367 sulla classificazione acustica

C.1 Parte generale

Il principio che alla base di questa norma è che la classificazione acustica di un unità immobiliare (U.I.) deve essere basata su misure effettuate in opera, sull'immobile completato. Lo scopo è quello di informare gli acquirenti sulle caratteristiche acustiche dell'unità immobiliare.

I requisiti presi in esame ed i relativi descrittori sono i seguenti:

- **Isolamento di facciata**, descritto dall'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$.
- **Isolamento ai rumori aerei di partizioni**, descritto da:
 - indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w ;
 - indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{nT,w}$;
- **Livello di rumore da calpestio**, definito dall'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, $L'_{n,w}$;
- **Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo**, definito dal livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A del rumore indotto dall'impianto, corretto per tener conto sia della differenza tra il livello del rumore ambientale indotto dall'impianto ed il livello del rumore residuo, sia del tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente, (L_{ic});
- **Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo**, descritto dal livello massimo di pressione sonora ponderato A rilevato con costante di tempo "slow" (S) del rumore indotto dall'impianto, corretto per tenere conto del tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente, (L_{id}).

I requisiti sono gli stessi considerati dal DPCM 5/12/97 anche i descrittori rimangono invariati, ad eccezione dei quelli per il rumore degli impianti. I due parametri introdotti L_{ic} e L_{id} , vanno determinati secondo il metodo descritto nell'appendice D della norma stessa.

Per l'isolamento aereo, in aggiunta al consueto parametro R'_w , viene introdotto, in alcuni casi, l'utilizzo dell'isolamento acustico normalizzato $D_{nT,w}$.

È stata effettuata la scelta di mantenere il più possibile una continuità con i descrittori attualmente utilizzati per definire i limiti di legge.

In generale la classificazione viene effettuata sulla base delle misure su tutti gli elementi tecnici che compongono e delimitano l'unità immobiliare in esame; in appendice G alla norma viene però introdotto il campionamento, procedura che, nel caso di edifici seriali, consente di ridurre il numero di prove da eseguire.

C.1.1 Definizione dei requisiti e delle classi acustiche

Le destinazioni d'uso, rimangono quelle definite nel DPCM 5/12/97:

- residenziale;
- direzionale ed ufficio;
- ricettiva (alberghi, pensioni e simili);
- ricreativa;
- di culto,
- commerciale.

Le classi acustiche sono definite in base ai valori dei seguenti cinque indici:

- a) $D_{2m,nT,w}$, degli ambienti abitativi;
- b) R'_w , di partizioni verticali e orizzontali, valutato tra ambienti di differenti unità immobiliari;
- c) $L'_{n,w}$, misurato tra ambienti sovrapposti e/o adiacenti, di differenti U.I.;
- d) L_{ic} , rilevato in ambienti abitativi di un U.I., per impianti continui non a servizio della stessa;
- e) L_{id} , rilevato in ambienti abitativi di un U.I., per impianti discontinui non a servizio della stessa;

Si riporta la tabella che definisce le classi acustiche per i vari parametri.

Tabella 167 – Definizione delle classi, in funzione dei requisiti

Classe	Indici di valutazione				
	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	R'_w [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	L_{ic} [dB(A)]	L_{id} [dB(A)]
I	≥43	≥56	≤53	≤25	≤30
II	≥40	≥53	≤58	≤28	≤33
III	≥37	≥50	≤63	≤32	≤37
IV	≥32	≥45	≤68	≤37	≤42

Se si trovano valori peggiori rispetto alla classe IV, il requisito si considera non classificabile (NC).

Se un requisito non è applicabile all'U.I. in esame, esso viene indicato come non pertinente (NP).

La sigla NV indica invece che una prova, relativa ad uno specifico requisito, non è verificabile.

Per le unità immobiliari a destinazione d'uso ricettiva, vanno considerati che i seguenti requisiti, che non vengono invece valutati nel DPCM 5/12/97:

- f) $D_{nT,w}$, delle partizioni verticali e orizzontali fra ambienti della stessa unità immobiliare (diverse camere d'albergo);
- g) $L'_{n,w}$, fra ambienti sovrapposti o affiancati della stessa U.I. (diverse camere d'albergo);

Tabella 168 – Classi per i requisiti aggiuntivi per le unità immobiliari a destinazione d'uso ricettiva

classe	Indici di valutazione	
	$D_{nT,w}$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]
I	≥56	≤53
II	≥53	≤58
III	≥50	≤63
IV	≥45	≤68

Vengono inoltre presi in considerazione degli ulteriori requisiti, che però non sono oggetto di classificazione.

- h) Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti accessori di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante porte o aperture ad ambienti abitativi di una U.I.; dei valori di riferimento per tale parametro sono dati nell'appendice B.
- i) Descrittori delle caratteristiche acustiche interne degli ambienti nei quali il controllo di tale aspetto è essenziale per garantire il comfort acustico: per scuole e aule da conferenza, etc., in appendice C alla norma vengono dati dei valori di riferimento dei parametri C50 e STI. Inoltre, in funzione del volume e della tipologia degli ambienti (adibiti al parlato o ad attività sportive), viene definito un tempo di riverberazione ottimale.

Sono esclusi dalla classificazione gli ambienti come le sale da concerto o le chiese, che richiedono una specifica progettazione acustica, e gli edifici a destinazione esclusivamente commerciale; se però questi fanno parte di edifici polifunzionali, andranno classificati tutti i requisiti, ad eccezione dell'isolamento di facciata.

Rispetto al DPCM 5/12/97, vengono quindi presi in considerazione anche gli edifici misti. Inoltre una differenza rilevante è che requisiti non vengono più legati alla destinazione d'uso e risultano uguali per tutte le tipologie di unità immobiliari. Tale fatto è positivo, in quanto consente l'eventuale cambio d'uso senza che vi sia la necessità di adeguamento delle caratteristiche acustiche delle strutture.

Per ospedali e scuole, non si applica la classificazione, tuttavia in Appendice A alla norma, sono riportati dei valori di riferimento, di base e superiori). Per queste tipologie di edifici si introduce la misura dell'isolamento acustico normalizzato tra le diverse camere di degenza o le diverse aule scolastiche.

Sono esclusi dalla valutazione gli elementi tecnici costituiti da facciate e partizioni interne che delimitano ambienti accessori o di servizio dell'unità immobiliare.

È inoltre esclusa la valutazione del rumore immesso dagli impianti a servizio esclusivo di un'UI e/o dell'intero edificio, eseguita considerando come ambienti riceventi gli ambienti accessori o di servizio ad uso esclusivo della stessa o di altre UI. Tali ambienti possono invece essere considerati come ambienti emittenti e il rumore in essi generato può essere valutato negli ambienti abitativi acusticamente verificabili delle unità immobiliari.

È inoltre esclusa la valutazione del rumore immesso dagli impianti nella stessa unità cui essi sono asserviti e in ambienti accessori o di servizio di unità immobiliari diverse (considerati come ambienti riceventi)

C.1.2 Valore utile

Uno delle principali aspetti innovativi introdotto dalla norma UNI 11367, è la correzione dei valori misurati con l'incertezza di misura. Ciò è stato deciso sulla base delle direttive europee che prevedono che in tutte le nuove normative, si tenga conto dell'incertezza.

Quindi, ad ogni misura di un requisito è associato un valore utile, mediante la correzione con l'incertezza estesa di misura, U_m , indicata nella seguente tabella (l'incertezza di misura è trattata nella norma UNI 11367 in appendice F).

Tabella 169 – Valori dell'incertezza di misura

	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	R'_{w} [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	L_{ic} [dB(A)]	L_{id} [dB(A)]
U_m	1	1	1	1,1	2,4

Si utilizzano i seguenti simboli:

X_m valore misurato di un indice di isolamento (isolamento acustico di facciata, potere fonoisolante apparente, isolamento acustico rispetto a parti comuni);

X è il corrispondente valore utile;

Y_m valore misurato dell'indice di un livello (di calpestio o dovuto agli impianti);

Y è il corrispondente valore utile;

U_m incertezza estesa di misura

I valori utili si determinano come segue:

$$X = X_m - U_m$$

$$Y = Y_m - U_m$$

C.1.3 Modalità di valutazione dei requisiti oggetto di classificazione

Le verifiche riguardano gli elementi tecnici degli ambienti verificabili acusticamente, cioè nei quali è possibile allestire una misura in conformità con le pertinenti parti della serie di norme UNI EN ISO 140.

Vengono date alcune specificazioni su come valutare i requisiti da a) ad e).

- a) Vanno valutate le facciate solo degli ambienti abitativi, nel caso di sottotetti abitabili vanno valutate anche le falde del tetto. Si precisa che le misure vanno eseguite a sistemi oscuranti aperti e nel caso di aperture di aerazione, queste devono essere considerate nelle normali condizioni d'utilizzo. Nel caso di ambienti a più affacci, il requisito di isolamento, va mediato, in frequenza, tra i valori ottenuti con le diverse posizioni esterne delle sorgente sonora.
- b) Va misurato il potere fonoisolante, oltre che delle partizioni tra diverse U.I., anche di quelle tra gli ambienti abitativi e le parti comuni (a condizione che la partizione non sia dotata di accessi o aperture).
- c) Per il calpestio si dà un ordine di priorità alla direzione di misura:
 - quando possibile le misure vanno eseguite dall'ambiente superiore verso quello inferiore;
 - in alternativa la misura va fatta tra ambienti affiancati;
 - o ancora dall'ambiente inferiore al superiore;

Dato l'ordine preferenziale indicato, viene lasciata al tecnico la possibilità valutare l'effettiva prevalenza dei vari percorsi di trasmissione sonora, scegliendo la direzione di misura più gravosa. Inoltre si lascia la possibilità di eseguire prove aggiuntive qualora siano significative.

- d, e) Per il rumore dovuto agli impianti, si fa riferimento alle indicazioni riportate in Appendice D.

I valori degli indici di valutazione dell'isolamento acustico, del potere fonoisolante e del livello di calpestio sono arrotondati all'intero; i valori dei livelli sonori immessi da impianti a funzionamento continuo e discontinuo sono arrotondati alla prima cifra decimale. I valori ottenuti dalle medie e i valori ottenuti applicando le procedure di valutazione della classe per unità immobiliare e di valutazione dell'incertezza di campionamento sono arrotondati alla prima cifra decimale.

C.1.4 Classificazione acustica per requisito e per unità immobiliare

Al fine di classificare per requisito una singola unità immobiliare, si procede nel modo seguente:

- 1) si identificano e si misurano tutti gli elementi tecnici verificabili dell'unità immobiliare;
- 2) si determina, per ogni misura eseguita, il valore utile;
- 3) per ogni requisito considerato, si determina il valore complessivo e conseguentemente la classe dell'unità abitativa, mediando, energeticamente i valori utili, secondo le indicazioni di seguenti.

Per i requisiti r espressi con un indice di isolamento (isolamento acustico di facciata, potere fonoisolante apparente, isolamento acustico rispetto a parti comuni), si utilizza la seguente formula, per il calcolo del valore complessivo del requisito per l'intera U.I., X_r , a partire dai singoli valori utili pertinenti, X_i :

$$X_r = -10 \lg \frac{\sum_{i=1}^n 10^{-X_i/10}}{n}$$

Nel caso di requisiti espressi con l'indice di un livello (livello di calpestio o livello dovuto agli impianti), con analogia di simboli, il valore complessivo del requisito per l'U.I., Y_r , si calcola con la seguente relazione:

$$Y_r = 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^n 10^{Y_i/10}}{n}$$

Nel caso del potere fonoisolante apparente e dell'isolamento normalizzato, le misure sui solai e sulle pareti vanno prima mediate, con criterio energetico, separatamente a trovare i valori $X_{r, \text{orizz}}$ e $X_{r, \text{vert}}$ quindi questi due valori vanno mediati allo stesso modo tra loro.

Ciò è stato fatto perché, almeno nelle tipologie edilizie con piani tipo sovrapposti, il numero dei solai tra diverse U.I. è generalmente molto più grande del numero di pareti e vi era il timore che gli indici del potere fonoisolante dei solai, generalmente maggiori di quelli delle pareti, potessero spostare verso valori alti, il valore rappresentativo dell'U.I.

Se un requisito è non pertinente o non verificabile, esso va ignorato nei calcoli.

I valori X_r e Y_r , vanno confrontati con i valori riportati nella tabella che definisce le classi acustiche (Tabella 167) a determinare la classe del requisito; nel caso degli immobili con destinazione d'uso ricettiva, vanno determinate anche le classi dei requisiti aggiuntivi (Tabella 168).

C.1.5 Classificazione acustica dell'unità immobiliare

I dati di classificazione per requisito, vengono riassunti in un unico indice, che caratterizza globalmente l'unità immobiliare: ad ogni requisito pertinente va assegnato un coefficiente Z_r , secondo il prospetto seguente, e il coefficiente globale dell'unità immobiliare, Z_{UI} , deriva dalla media aritmetica dei valori Z_r , arrotondata all'intero più prossimo

Tabella 170 - Corrispondenza fra classe acustica per requisito e per unità immobiliare e coefficiente di peso Z

Classe	I	II	III	IV	Prestazioni fino a 5 dB (o dB(A)) peggiori rispetto alla classe IV	Prestazioni più di 5 dB (o dB(A)) peggiori rispetto alla classe IV
Z	1	2	3	4	5	10

$$Z_{UI} = \frac{\sum_{r=1}^P Z_r}{P}$$

Dove:

P è il numero di requisiti r considerati per l'unità immobiliare;

Z_r è il valore del coefficiente di peso relativo all' r -esimo requisito, con $r = 1, \dots, P$.

Infine la classe acustica globale dell'U.I., C_{UI} , viene assegnata confrontando il valore del parametro Z_{UI} con il prospetto riportato in Tabella 170. Se Z_{UI} risulta maggiore di 4, l'unità immobiliare non è classificata (NC).

La classe dell'unità immobiliare si esprime attraverso una tabella contenente il valore globale C_{UI} , seguito, dai valori C_r cinque requisiti per cui sono definite le classi acustiche (sette requisiti nel caso delle unità immobiliari a destinazione d'uso ricettiva). Nel caso in cui la classe dell'unità immobiliare sia determinata, invece che con misure su tutti gli elementi, con l'utilizzo del campionamento, nella tabella riepilogativa, va indicato anche il livello di fiducia utilizzato (L%).

Un esempio della tabella per l'espressione delle classi, è riportata a seguito.

Tabella 171 – Tabella riepilogativa della classificazione acustica dell'unità immobiliare

Unità immobiliare UI <i>nn</i>					
Classe C_{UI}	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$	L_{ic}	L_{id}
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Calcolo della classe derivante dalla misurazione di tutti gli elementi tecnici pertinenti, per ciascun requisito, per l'unità immobiliare in esame o Calcolo della classe utilizzando tecniche di campionamento con livello di fiducia L%					

C.1.6 Appendici

Si riporta la lista delle appendici della norma

- A. Valori di riferimento per i requisiti acustici di ospedali e scuole
- B. Criteri di misurazione e di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti accessori di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi di una unità immobiliare
- C. Indicazioni per la valutazione delle caratteristiche acustiche interne degli ambienti
- D. Valutazione del rumore indotto da impianti a funzionamento continuo e discontinuo
- E. Criteri di misurazione e di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea fra ambienti nelle situazioni in cui non è possibile valutare il potere fonoisolante apparente o non è chiaramente definito l'elemento di separazione
- F. Incertezza del metodo di misura
- G. Campionamento di elementi tecnici nominalmente identici di edifici con tipologia seriale a fini della effettuazione delle prove
- H. Metodo per l'elaborazione dei dati derivanti da campionamento e per il calcolo dell'incertezza di campionamento
- I. Esempi di determinazione della classe acustica
- L. Relazione tra classificazione acustica e qualità acustica attesa all'interno degli edifici

Nel seguito vengono descritte e commentate l'appendice D, sul rumore d'impianto, e le appendici H ed I relative all'individuazione dei gruppi omogenei e alla classificazione mediante campionamento .

C.2 Rumore d'impianto secondo la norma UNI 11367

Nell'appendice D della norma UNI EN ISO 11367, viene descritto il metodo di misura da utilizzare per rilevare il rumore d'impianto, ai fini della classificazione acustica; tale metodo è stato mutuato dalle norme UNI EN ISO 10052 e UNI EN ISO 16032.

Il procedimento proposto combina la semplicità di esecuzione delle prove, propria della norma UNI EN ISO 10052 (metodo di controllo), con l'aggiunta di alcune precisazioni derivate dalla norma UNI EN ISO 16032, riguardanti ad esempio le posizioni di misura. Inoltre, introduce numerose considerazioni sulla scelta degli impianti da valutare e sugli ambienti dove effettuare le verifiche.

In questo paragrafo verranno descritti e commentati i contenuti dell'appendice D della norma UNI 11367, evidenziando le novità introdotte e le differenze rispetto alle due norme da cui il metodo di misura è stato derivato.

C.2.1 Descrittori del rumore d'impianto e parametri da rilevare

Nella norma per la classificazione acustica delle unità immobiliari, i descrittori del rumore d'impianto cambiano rispetto al DPCM 5/12/97, e diventano i seguenti:

- livello di rumore corretto degli impianti a funzionamento continuo, L_{ic} ;
- livello di rumore corretto degli impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} .

Tuttavia i parametri da rilevare nelle misure fonometriche sono di fatto gli stessi previsti dal decreto sui requisiti acustici passivi e cioè:

- il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, L_{Aeq} , per il rumore stazionario prodotto dagli impianti a funzionamento continuo;
- il livello massimo di pressione sonora ponderato "A", rilevato con caratteristica dinamica "slow" (S), L_{ASmax} , per il rumore prodotto dagli impianti a funzionamento discontinuo e per le fasi non stazionarie del rumore prodotto dagli impianti a funzionamento continuo.

A tali parametri vanno poi sommati dei termini correttivi; e da ciò deriva la differenza rispetto alle grandezze attualmente utilizzate per definire i limiti di legge per gli impianti. Si sottintende che i due parametri indicati siano rilevati come valore globale e non in frequenza.

Le norme UNI EN ISO 10052 e UNI EN ISO 16032, essendo norme di carattere generale, prevedono una vasta gamma di possibili parametri misurabili; il metodo dell'appendice D, è invece limitato ai descrittori attualmente in uso in Italia, con l'introduzione però di alcune correzioni, che come già detto, non sono previste dal DPCM 5/12/97.

Infatti per gli impianti a funzionamento continuo è prevista sia una correzione che tiene conto del rumore residuo che una relativa al tempo di riverbero dell'ambiente ricevente. Per gli impianti discontinui, invece, è prevista solamente la correzione per il tempo di riverbero.

C.2.2 Definizione degli impianti da rilevare

Come prima cosa, nell'appendice D della norma UNI 11367, viene specificato quali impianti debbano essere valutati, ai fini della classificazione acustica.

L'oggetto di valutazione è il rumore immesso negli ambienti abitativi di un'unità immobiliare da un impianto a servizio di una differente U.I. o a servizio dell'intero edificio. La seguente Tabella 172 riassume quali impianti sono valutabili, e quali non lo sono, con il metodo in esame.

Le definizioni di impianti a funzionamento continuo e discontinuo, nonché alcuni esempi di ciascuna di queste due tipologie di impianti, sono riportati in Tabella 173.

Al fine di limitare il numero di misure necessarie alla classificazione acustica, la norma indica di prendere in considerazione solo gli impianti, a funzionamento continuo e discontinuo, con le maggiori potenzialità di generazione e propagazione di rumore all'interno del sistema edilizio. Ad esempio, relativamente alla valutazione degli impianti discontinui di adduzione e scarico, si suggerisce di prendere in considerazione, per ciascun bagno, almeno i due impianti idraulici di portata maggiore (generalmente il WC e lo scarico vasca/doccia).

Tabella 172 - Impianti continui e discontinui a cui è applicabile il metodo proposto

<i>Metodo applicabile a:</i>	<i>Metodo NON applicabile a:</i>
Rumore generato da impianti a servizio dell'intero sistema edilizio (centralizzati condominiali o d'uso collettivo) che viene immesso dagli ambienti accessori o di servizio di utilizzo comune o collettivo del sistema edilizio all'interno delle unità abitative (*)	Rumore generato all'interno di una unità immobiliare dagli impianti a servizio della stessa (nel caso di impianti aeraulici è utilizzabile norma UNI 8199)
Rumore generato da impianti di singole unità immobiliari (impianti individuali o autonomi) che viene indotto in unità immobiliari diverse da quelle servite.	Rumore generato da installazioni non permanenti e rumore prodotto da elettrodomestici, sistemi di avviso e segnalazione, sicurezza o allarme
(*) Gli "ambienti accessori o di servizio, di utilizzo comune o collettivo del sistema edilizio", sono da intendersi come locali di possibile installazione (locali trasmettenti) degli impianti condominiali; gli ambienti abitativi delle U.I. sono i locali riceventi.	

Tabella 173 - Distinzioni tra impianti continui e discontinui

<i>Tipo d'impianto</i>	<i>A FUNZIONAMENTO CONTINUO</i>	<i>A FUNZIONAMENTO DISCONTINUO</i>
<i>Tipo di emissione</i>	Emissione sonora stazionaria	Livello sonoro non costante nel tempo, con variazioni fluttuanti o intermittenti e caratterizzato da brevi periodi di funzionamento rispetto al tempo di inattività durante l'arco di una giornata
	Il livello di pressione sonora rilevato con caratteristica dinamica "fast" (F) subisce oscillazioni non maggiori di 5 dB per tutta la durata del ciclo operativo o del tempo di funzionamento	Il livello di pressione sonora rilevato con caratteristica dinamica "fast" (F) varia in modo aleatorio con oscillazioni maggiori di 5 dB o presenta un'alternanza di rumori stazionari e fluttuanti di varia durata e livello sonoro
<i>Esempi</i>	Impianti di riscaldamento, raffrescamento, climatizzazione, ventilazione meccanica, aspirazione centralizzata	Impianti sanitari, di scarico, ascensori, montacarichi, chiusure automatiche
<i>Casi particolari che rientrano nella tipologia indicata</i>		Le fasi non stazionarie del rumore prodotto dagli impianti a funzionamento continuo, quali la fase di avviamento e le fasi associabili a rumori di breve durata (durata minore di 60 s), a condizione che i livelli di pressione sonora sono più elevati rispetto a quelli di regime.

C.2.3 Definizione degli ambienti in cui effettuare le misure

Un punto importante, sul quale sia il DPCM 5/12/97, sia le norme UNI EN ISO 10052 e UNI EN ISO 16032, non danno indicazioni precise, è l'individuazione degli ambienti dove rilevare il rumore degli impianti. Nella norma UNI 11367 viene specificato che gli ambienti riceventi, nei confronti del rumore d'impianto, devono

essere degli ambienti abitativi, con dimensioni sufficienti per l'effettuazione delle misure. Le distanze minime per le misure dei livelli, sono indicate nella stessa appendice D della norma UNI 11367, mentre quelle per la misura dei tempi di riverbero, nella norma UNI EN ISO 3382.

Si esclude la valutazione del rumore d'impianto utilizzando, come ambienti riceventi, locali accessori o di servizio quali sgabuzzini o altri bagni. Questi vani possono, invece, essere ambienti trasmettenti e cioè luoghi d'installazione di impianti da valutare: ad esempio questo potrebbe essere il caso di una centrale termica con installata una caldaia.

Per la corretta scelta dell'ambiente ricevente, in cui misurare il rumore d'impianto, vanno considerate la posizione dei passaggi impiantistici e delle componenti principali degli impianti stessi.

In generale, nella valutazione del rumore indotto dagli impianti, sono da preferire gli ambienti acusticamente verificabili di un'unità immobiliare in cui vi sia la presenza di un elemento di partizione orizzontale o verticale che contenga o supporti elementi impiantistici.

Alcune ulteriori specificazioni sull'ambiente ricevente da utilizzare, per la valutazione di impianti di adduzione e scarico e per impianti meccanici, sono riassunte in Tabella 174.

Comunque, se si riscontrano situazioni anomale nell'emissione sonora delle sorgenti impiantistiche o nelle condizioni di esercizio degli impianti, viene lasciata la possibilità di eseguire prove supplementari al fine di classificare l'unità immobiliare.

Tabella 174 - Criteri per la scelta dell'ambiente ricevente per alcune tipologie di impianti discontinui.

<i>Tipo di impianto</i>	<i>Impianti idraulici di adduzione e scarico</i>	<i>Impianti meccanici</i>
<i>Ambiente (acusticamente verificabile) da preferire per l'esecuzione delle misure (ambiente ricevente)</i>	Ambiente <u>posto al livello immediatamente inferiore</u> rispetto a quello dell'unità immobiliare servita dall'impianto in esame	Ambiente <u>posto allo stesso livello</u> dell'ambiente accessorio o di servizio o dell'U.I. servita dall'impianto in esame
	Nell'ambiente da sottoporre a verifica deve essere presente almeno un elemento tecnico caratterizzato dal <u>transito o dalla prossimità di componenti della rete impiantistica</u> a servizio dell'unità immobiliare soprastante	Nell'ambiente da sottoporre a verifica deve essere presente almeno un elemento tecnico caratterizzato <u>dall'adiacenza o dalla prossimità con componenti d'impianto</u> a servizio di una unità immobiliare adiacente o dell'intero sistema edilizio
<i>Altri ambienti possibili</i>	Se questo non è possibile o non è rappresentativo delle condizioni di propagazione del rumore dell'impianto, è possibile individuare gli ambienti di misura in unità immobiliari che si trovano allo stesso livello dell'unità immobiliare servita dall'impianto in esame.	Se questo non è possibile o non è rappresentativo delle condizioni di propagazione del rumore dell'impianto, è possibile individuare gli ambienti di misura in U.I. che si trovano a livelli diversi rispetto all'U.I. servita dall'impianto in esame

C.2.4 Posizioni di misura

Il livello sonoro ambientale si misura in almeno tre posizioni:

- una posizione vicina all'angolo apparente formato dalle superfici dell'ambiente più prossimo alla posizione o al percorso dell'installazione impiantistica in esame, ovvero in cui risulta massimo l'effetto del rumore indotto nell'ambiente ricevente, preferibilmente ad un'altezza compresa tra 1 m e 1,5 m ed una distanza di 0,5 m dalle pareti;
- almeno due posizioni nel campo acustico riverberante dell'ambiente. La distanza minima tra ciascuna posizione e tra queste e la posizione d'angolo deve essere di almeno 1,5 m, mentre l'altezza rispetto al pavimento non deve eccedere 1,5 m. La distanza tra le posizioni microfoniche in campo diffuso e qualsiasi superficie dell'ambiente deve essere di almeno 0,75 m (in ambienti molto piccoli tale distanza può essere ridotta a 0,50 m).

Il microfono deve essere posizionato ad almeno 0,2 m da qualsiasi ostacolo.

La distanza di ciascuna posizione microfonica da qualsiasi altra sorgente sonora presente in ambiente (per esempio, prese di ventilazione) deve essere di almeno 1,5 m.

Non devono essere presenti arredi in prossimità della posizione d'angolo o schermi ed altri ostacoli tra questa e le superfici verticali ed orizzontali che delimitano l'ambiente.

In ciascuna delle tre posizioni vanno effettuate almeno due misurazioni distinte relative a cicli operativi dell'impianto in condizioni d'uso normali; quindi in totale sono necessarie almeno sei rilevazioni.

Le sei misure effettuate (due in posizione d'angolo e due in ciascuna posizione in campo diffuso) vanno mediate energeticamente tra loro.

C.2.5 Tempo di misura e cicli operativi

Il livello del rumore ambientale indotto dagli impianti deve essere rilevato in periodi di tempo nei quali il rumore residuo è il più basso possibile.

Le misure devono essere condotte in un intervallo di tempo sufficientemente lungo da fornire un valore rappresentativo della massima rumorosità. Per i cicli operativi dei diversi tipi di impianti, si fa riferimento alle indicazioni riportate in entrambe le norme UNI EN ISO 10052 e UNI EN ISO 16032.

C.2.6 Correzione per il rumore residuo (solo per gli impianti continui)

Ai fini della correzione per il rumore residuo, da effettuarsi solo per gli impianti continui, va misurato il livello di pressione sonora del rumore residuo immediatamente prima o immediatamente dopo la rilevazione del livello di pressione sonora ambientale indotto dagli impianti a funzionamento continuo in esame. Il rumore residuo è determinato come livello di pressione sonora equivalente, ponderato A, rilevato come valore globale e misurato su un intervallo di tempo pari alla durata di un ciclo operativo di riferimento e comunque non minore di 30 s.

Vanno fatte almeno tre misure del rumore residuo, utilizzando ognuna delle tre posizioni microfoniche impiegate per la rilevazione del rumore indotto dall'impianto continuo in esame, e di queste va calcolata la media energetica.

Le relazioni da utilizzare per il calcolo del fattore correttivo K_1 , sono le seguenti:

$$\Delta L = L_a - L_r$$

dove:

L_a è il livello di pressione sonora ambientale, misurato con l'impianto attivo, [dB(A)];

L_r è il livello di pressione sonora del rumore residuo, in assenza dell'impianto, [dB(A)].

$$\text{Se } \Delta L > 10 \text{ dB,} \quad K_1 = 0$$

$$\text{Se } 4 \leq \Delta L \leq 10 \text{ dB,} \quad K_1 = -10 \log (1 - 10^{-\Delta L/10})$$

$$\text{Se } \Delta L < 4 \text{ dB,} \quad K_1 = -2,2 \text{ dB}$$

Per gli impianti a funzionamento discontinuo, si è scelto di non effettuare la correzione per il rumore residuo. Infatti una delle problematiche che avrebbe posto tale operazione, sarebbe stata la correzione di un livello massimo (L_{ASmax}) con un livello equivalente (L_{Aeq}), cosa che peraltro è prevista nella norma UNI EN ISO 16032, ma che non è metrologicamente corretta. D'altra parte non sarebbe stato significativo, neppure

valutare il rumore residuo mediante un livello massimo. Quindi, date le problematiche di misura riscontrate, per gli impianti discontinui è stato deciso di trascurare tale correzione.

C.2.7 Correzione per il tempo di riverbero (sia per impianti continui che per quelli discontinui)

I tempi di riverberazione dell'ambiente ricevente devono essere misurati, per bande di 1/3 d'ottava, in conformità alle norme della serie UNI EN ISO 3382.

Il termine di normalizzazione rispetto al tempo di riverberazione: è il seguente:

$$K_2 = -10 \lg (T/T_0)$$

dove:

- T è la media aritmetica tra i dati dei tempi di riverberazione misurati nelle bande di terzi d'ottava comprese tra 100 Hz e 3 150 Hz, misurati nell'ambiente nelle condizioni in cui viene effettuata la verifica;
- T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento variabile in funzione del volume, V , dell'ambiente, secondo i valori della seguente tabella.

Tabella 175 - Tempi di riverberazione di riferimento in funzione del volume dell'ambiente

$V \leq 100 \text{ m}^3$	$T_0 = 0,5 \text{ s}$
$100 < V < 2 500 \text{ m}^3$	$T_0 = 0,05(V)^{0,5}$
$V \geq 2 500 \text{ m}^3$	$T_0 = 2,5 \text{ s}$

Il fatto di correlare il tempo di riverberazione di riferimento al volume è un interessante innovazione introdotta dall'appendice D, che permette di valutare correttamente il livello di impianto, anche nel caso di misure eseguite in ambienti di grandi dimensioni, che di fatto, avranno un tempo di riverbero molto maggiore di 0,5 s. Tale valore è infatti coerente solo per stanze con volume paragonabile a quello degli ambienti abitativi.

C.2.8 Calcolo dei parametri per la valutazione della classe per il rumore degli impianti.

Il livello di rumore corretto indotto dagli impianti a funzionamento continuo, si calcola applicando, al livello equivalente, ponderato A, derivante dalla media energetica sulle diverse posizioni, sia la correzione per il rumore residuo che quella per il tempo di riverbero, secondo la seguente relazione:

$$L_{ic} = L_{Aeq} + K_1 + K_2$$

Il livello di rumore corretto indotto dagli impianti a funzionamento discontinuo, si calcola applicando al livello massimo, rilevato con ponderazione A e con costante di tempo Slow, derivante dalla media energetica sulle diverse posizioni, la correzione per il tempo di riverbero:

$$L_{id} = L_{ASmax} + K_2$$

Va ricordato che, ai fini della classificazione acustica, ai valori finali così calcolati, va sommata l'incertezza estesa di misurazione, per determinare il valore utile del livello corretto indotto dagli impianti (continui e discontinui).

L'incertezza di misura, è trattata nell'appendice F della norma UNI 11367: i valori dell'incertezza estesa di misura, per le misure di impianti, sono riportati in Tabella 5.

Tabella 176 – Valori dell’incertezza estesa di misura per i parametri di rumore d’impianto

	L_{ic} dB(A)	L_{id} dB(A)
U_m	1,1	2,4

C.2.9 Confronto tra i diversi metodi di misura del rumore d’impianto

Nelle due tabelle seguenti vengono confrontati tra loro il procedimento per la misura del rumore d’impianto dell’appendice D della norma UNI 11367 con quelli descritti delle norme UNI EN ISO 10052 (metodo di controllo) e UNI EN ISO 16032 (metodo tecnico-progettuale).

Tabella 177 –Confronto tra i diversi metodi per la misura del rumore d’impianto (1a parte)

	UNI 11367, App.D	UNI EN ISO 10052	UNI EN ISO 16032
<i>N° posizioni di misura</i>	3: 1 in angolo e 2 in campo diffuso	3: 1 in angolo e 2 in campo diffuso	3: 1 in angolo e 2 in campo diffuso
<i>N° di ripetizioni in ogni posizione</i>	Almeno 2	1	Determinato dalla differenza tra i risultati (espressi come valori globali) di due misure consecutive effettuate nella posizione d’angolo scelta
<i>Necessità di misure preliminari</i>	No	No	Misura del livello ponderato C per la scelta della posizione d’angolo da considerare
<i>Scelta della posizione d’angolo</i>	Angolo più vicino al passaggio impiantistico (o dove è massimo il rumore indotto)	Angolo apparente formato dalle superfici acustiche più rigide	Angolo della stanza con il più elevato livello (globale) ponderato C
<i>Altezze e distanze del microfono nella posizione d’angolo</i>	A 0,5 m dalle pareti e ad altezza compresa tra 1 m e 1,5 m	A 0,5 m dalle pareti (altezza non specificata)	A 0,5 m dalle pareti e dal pavimento (l’altezza può essere incrementata a 1 m o a 1,5 m in caso di presenza di ostacoli)
<i>Distanza da eventuali ostacoli</i>	> 0,2 m	Non specificata	> 0,2 m
<i>Distanza da eventuali sorgenti sonore</i>	>1,5 m	>1,5 m	Se il livello sonoro, in un angolo, è dominato da suono diretto di una sorgente nella stanza, questo non va preso in considerazione nella scelta della posizione d’angolo
<i>Posizioni in campo riverberato</i>	<ul style="list-style-type: none"> Distanza tra le due posizioni in campo riverberato > 1,5 m Distanza delle posizioni in campo diffuso da ogni superficie > 0,75 m (eventualmente riducibile a 0,5 m in piccoli ambienti) $h < 1,5$ m 	Nessuna indicazione	<ul style="list-style-type: none"> Distanza tra le due posizioni in campo riverberato > 1,5 m Distanza delle posizioni in campo diffuso da ogni superficie > 0,75 m (eventualmente riducibile a 0,5 m in piccoli ambienti) $0,5 < h < 1,5$ m
<i>Parametro da misurare per gli impianti continui</i>	L_{Aeq} , misurato come valore globale	L_{Aeq} o L_{Ceq} , misurato come valore globale	L_{Aeq} o L_{Ceq} , misurato per bande d’ottava, registrando i valori lineari nell’intervallo di frequenza da 63 a 8000 Hz, se si utilizza la ponderazione A, da 31,5 a 8000 Hz se si usa la ponderazione C

Tabella 178–Confronto tra i diversi metodi per la misura del rumore d’impianto(2a parte)

	UNI 11367, App.D	UNI EN ISO 10052	UNI EN ISO 16032
<i>Parametro da misurare per gli impianti discontinui</i>	L_{ASmax} , misurato come valore globale	Livello massimo misurato con costante di tempo Slow o Fast e con ponderazione A o C, misurato come valore globale	Livello massimo misurato con costante di tempo Slow o Fast e con ponderazione A o C, misurato per bande d’ottava, registrando i valori lineari da 63 a 8000 Hz, se si utilizza la ponderazione A, da 31,5 a 8000 Hz se si usa la ponderazione C
<i>Correzione per il rumore residuo</i>	Prevista solo per gli impianti a funzionamento continuo (va misurato il livello L_{Aq} del rumore residuo, rilevato come valore globale)	Nessuna	Sia per gli impianti continui che per quelli discontinui. Il rumore residuo va rilevato come livello equivalente lineare, misurato per bande d’ottava. La correzione viene eseguita in frequenza
<i>Misura del rumore residuo</i>	La durata della misura dev’essere di almeno 30 s. Va fatta almeno 1 misura in ciascuna delle 3 posizioni utilizzate per rilevare i livelli dell’impianto. Le misure vanno mediate energeticamente	Non prevista	La durata della misura dev’essere di almeno 30 s. Va fatta almeno 1 misura in ciascuna delle 3 posizioni utilizzate per rilevare i livelli dell’impianto. Le misure vanno mediate energeticamente
<i>Intervalli di ΔL (differenza tra il livello d’impianto e di rumore residuo) per cui è prevista la correzione</i>	Correzione solo per gli impianti continui, se ΔL è compreso tra 4 e 10 dB. Per $\Delta L < 4$ dB, la correzione massima è di 2,2 dB	Correzione non prevista	Correzione da eseguire se ΔL è compreso tra 4 e 10 dB. Per $\Delta L < 4$ dB, la correzione massima è di 2,2 dB
<i>Correzioni per il tempo di riverbero</i>	$K_2 = -10 \cdot \log(T/T_0)$ con T_0 dato in funzione del volume dell’ambiente ricevente	Correzione con il tempo di riverbero $L_{nT} = L - k$ Correzione con l’area di assorbimento equivalente $L_n = L - k - 10 \log(A_0 T_0 / (0,16V))$ con $k = 10 \log(T/T_0)$ ($T_0 = 0,5$ s, $A_0 = 10$ m ²)	Correzione con il tempo di riverbero $L_{nT} = L - 10 \log(T/T_0)$ Correzione con l’area di assorbimento equivalente $L_n = L - 10 \log((A_0 T) / (0,16V))$ ($T_0 = 0,5$ s, $A_0 = 10$ m ²)
<i>Modalità di determinazione del tempo di riverbero</i>	Il tempo di riverbero T da usare per la correzione è la media aritmetica dei valori misurati nelle bande di 1/3 d’ottava da 100 a 3150	Il tempo di riverbero T da usare per la correzione è la media aritmetica dei valori misurati per le bande di ottava di 500 Hz, 1 kHz e 2 kHz. In alternativa si possono utilizzare i valori del fattore di correzione k, tabulati in funzione del tipo di ambiente e del suo volume.	Il tempo di riverbero è misurato in ottave, da 63 a 8000 Hz. La correzione è eseguita frequenza per frequenza. Nella banda dei 31,5 Hz non si effettua la correzione per il tempo di riverbero.

C.3 Gruppi omogenei e campionamento

La norma UNI 11367 introduce, anche se solo in un'appendice informativa, la possibilità di ricorrere al campionamento degli elementi tecnici: su gruppi uguali di strutture o impianti, è possibile misurarne un numero ridotto (pari al 10%, con un minimo di 3 elementi). I risultati delle misure sui campioni scelti vanno mediati (algebricamente) e corretti con un termine di incertezza.

Le potenzialità di questo metodo sono notevoli: nel caso di edifici seriali, esso permette di ridurre sensibilmente il numero di misure necessarie per la classificazione acustica.

Il metodo di campionamento adottato si basa sulla necessità di garantire un procedimento quanto più possibile scientifico ed esente da discrezionalità; proprio per tale motivo è stato utilizzato un approccio statistico al problema.

L'applicazione della statistica all'acustica edilizia presenta notevoli ostacoli, primo tra tutti la presenza di popolazioni di elementi non solo finite ma anche scarsamente numerose, cosa che rende difficoltosa l'applicazione del campionamento per edifici medio-piccoli.

C.3.1 Definizione di gruppo omogeneo di elementi tecnici

Il campionamento è utilizzabile per edifici con caratteristiche seriali, cioè caratterizzati da un numero di elementi tecnici che si ripetono uguali.

All'interno dell'edificio, considerato ora nel suo complesso, vanno identificati, per i diversi requisiti, gli elementi simili, raggruppabili in gruppi omogenei, e quelli singolari.

La corretta definizione dei gruppi omogenei di elementi tecnici è il primo passo per poter arrivare ad un loro corretto campionamento. Innanzitutto va ricordato che con il termine "elemento tecnico" si comprendono non solo le partizioni verticali ed orizzontali e le chiusure esterne che delimitano le unità immobiliari, ma anche tutti gli attraversamenti impiantistici, di impianti sia continui che discontinui, purché non a servizio dell'unità immobiliare stessa. Nel caso degli edifici a destinazione d'uso ricettiva, vengono considerate anche le partizioni tra le diverse camere e gli impianti che le attraversano, sempre con la condizione che non siano a servizio della camera stessa.

Se gli elementi tecnici in esame sono delle partizioni, i più importanti requisiti da soddisfare per poterli considerare un gruppo omogeneo sono i seguenti:

- le superfici e volumi devono essere uguali; possono differire per non più del 20%, facendo attenzione che anche le proporzioni tra i lati non siano eccessivamente diverse;
- Le connessioni perimetrali devono essere dello stesso tipo; si deve almeno distinguere tra partizioni pesanti e leggere;
- Nel caso del rumore da calpestio, è importante che, tra i diversi elementi del gruppo omogeneo, siano uguali non solo le stratigrafie del solaio, ma anche il materiale utilizzato per la finitura superficiale.

Per la determinazione di gruppi omogenei di facciate va osservata la morfologia della facciata (n° di affacci, presenza di balconi, etc.), le finestre devono essere dello stesso tipo e di uguali dimensioni e un fattore discriminante può essere l'eventuale presenza di fori di aerazione.

Infine gli impianti, oltre ad essere della stessa tipologia (es. scarichi dei WC, scarichi delle docce, ascensori,...), devono avere una rete di sviluppo quanto più simile: le partizioni attraversate devono essere dello stesso tipo ed anche le connessioni a tali strutture devono essere uguali.

Anche la manodopera è un fattore di cui tener conto per la definizione di un gruppo omogeneo: gli elementi di uno stesso gruppo dovrebbero preferibilmente essere realizzati dalla stessa squadra, ciò per limitare la variabilità della posa in opera, che è un fattore di incertezza purtroppo non eliminabile.

C.3.1.1 Osservazioni sulla scelta dei gruppi omogenei

È importante sottolineare che un gruppo omogeneo, per potersi considerare tale, non dovrebbe presentare al suo interno valori delle prestazioni in esame che si discostino tra loro eccessivamente (un limite indicativo potrebbe essere di 3 o 4 dB). Già con una tale differenza è possibile ipotizzare la presenza o di un errore di posa o di un qualche elemento di singolarità non considerato. Inoltre valori così dispersi all'interno dello stesso gruppo, portano inevitabilmente a scarti tipo di campionamento e quindi a valori dell'incertezza estesa di campionamento eccessivamente elevati e penalizzanti.

Nel caso si riscontri una prestazione di un elemento nettamente diversa rispetto agli altri dello stesso gruppo, si suggerisce di aumentare il numero di campioni considerati per il gruppo omogeneo ed eventualmente di trattare come singolo l'elemento difforme. Tale precauzione consente di non penalizzare tutti gli elementi del gruppo; inoltre, se si utilizza l'elemento anomalo per il campionamento, la relativa incertezza risulterà molto elevata e di conseguenza il risultato finale rischia di essere peggiore che non trattandolo l'elemento difforme singolarmente.

Un altro punto su cui prestare attenzione è il conteggio degli elementi che compongono un gruppo omogeneo: questo va fatto computando le volte che l'elemento si ripete all'interno dell'intero complesso edilizio. Diverso è invece il calcolo del numero di elementi tecnici che competono ad ogni unità immobiliare (o ad ogni camera nel caso degli edifici con destinazione d'uso ricettiva): si deve ricordare che uno stesso elemento tecnico può essere pertinente per più unità immobiliari, come succede per i solai e le pareti di confine tra appartamenti diversi. La direzione di misura di solai e partizioni risulta univocamente definita nella norma; un caso particolare è quello del calpestio. Per la valutazione del livello di isolamento dai rumori di tipo impattivo, la direzione di misura è dall'alto al basso per la caratterizzazione delle unità immobiliari al piano terra ad ai piani intermedi; mentre è dal basso all'alto o in orizzontale per la descrizione delle unità all'ultimo piano; ciò comporta che le prove sui solai dell'ultimo piano dovranno essere effettuate sia dall'alto che dal basso o in orizzontale, in questi ultimi due casi tali prove devono essere considerate o come prove singolari o come un gruppo omogeneo a parte.

C.3.2 Calcolo delle classi dei requisiti con l'utilizzo del campionamento

C.3.2.1 Simboli

r	requisito in esame
G_h	gruppo omogeneo h -esimo con $h = 1, \dots, g$, dove g è il numero totale di gruppi omogenei
N	numero di elementi tecnici misurabili, relativi all'intero sistema edilizio
Q	numero di elementi tecnici misurabili singoli (conteggiati sull'intero edificio)
M_h	numero totale di elementi tecnici misurabili per ogni gruppo omogeneo G_h
J	numero di unità immobiliari
m_{hj}	numero di elementi tecnici, di un gruppo omogeneo G_h , appartenenti alla j -esima UI (con $j = 1, \dots, J$)
q_j	numero di elementi tecnici misurabili singolarmente appartenenti alla j -esima UI
C_h	numero di campioni considerati per il gruppo omogeneo G_h (come minimo si devono considerare un numero di campioni pari al 10% di M_h , con un minimo di 3 elementi)

X_{hc}	valore utile del parametro che esprime un livello di isolamento acustico per il gruppo omogeneo G_h con $c = 1, \dots, C_h$;
Y_{hc}	valore utile del parametro che esprime un livello di rumore per il gruppo omogeneo G_h con $c = 1, \dots, C_h$;
X_S	valore utile del parametro che esprime un livello di isolamento acustico per la prova singola S , con $S = 1, \dots, Q$;
Y_S	valore utile del parametro che esprime un livello di rumore per la prova singola S , con $S = 1, \dots, Q$.
X_{he}	media aritmetica dei valori gruppo omogeneo G_h , che esprimono un livello di isolamento acustico
Y_{he}	media aritmetica dei valori gruppo omogeneo G_h , che esprimono un livello di rumore
s_{shX}	scarto tipo di campionamento per parametri che esprimono un livello di isolamento acustico
s_{shY}	scarto tipo di campionamento per parametri che esprimono un livello di rumore
U_{sh}	incertezza estesa di campionamento
K	fattore di copertura
X_h	valore rappresentativo del gruppo omogeneo G_h , nel caso si consideri un livello di isolamento acustico
Y_h	rappresentativo del gruppo omogeneo G_h , nel caso si consideri un livello di rumore

C.3.2.2 Determinazione dell'incertezza di campionamento

Per un dato requisito r , all'interno dell'edificio si individuano N elementi tecnici misurabili: tra questi si potranno identificare un numero g di gruppi omogenei (composti ciascuno da M_h elementi) e Q prove singole: $N = \sum_{h=1}^g M_h + Q$

Tra gli M_h elementi tecnici di un gruppo omogeneo, si effettueranno le verifiche solo su un numero C_h di elementi tecnici, pari almeno al 10% della numerosità totale del gruppo e comunque non minore di 3. Le misure vanno eseguite anche per tutte le Q prove singole.

Per ognuno dei gruppi omogenei relativi ad un requisito r , si calcola la media aritmetica dei C_h valori utili; a seconda che si stia considerando un requisito r che esprime un livello di isolamento acustico o un livello di rumore, le relazioni sono le seguenti, dove i valori X_{hc} e Y_{hc} sono i valori utili dei campioni misurati:

$$X_{he} = \frac{\sum_{c=1}^{C_h} X_{hc}}{C_h} \quad Y_{he} = \frac{\sum_{c=1}^{C_h} Y_{hc}}{C_h}$$

I risultati delle medie vanno arrotondati alla prima cifra decimale.

Quindi vanno determinati gli scarti tipo di campionamento, arrotondati alla seconda cifra decimale:

$$s_{shX} = \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^{C_h} (X_{he} - X_{hc})^2}{C_h - 1} \frac{(M_h - C_h)}{(M_h - 1)}} \quad s_{shY} = \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^{C_h} (Y_{he} - Y_{hc})^2}{C_h - 1} \frac{(M_h - C_h)}{(M_h - 1)}}$$

L'incertezza estesa di campionamento si calcola moltiplicando lo scarto tipo per un fattore di copertura k (il calcolo va arrotondato al primo decimale): $U_{sh} = s_{sh} \cdot k$

Il fattore di copertura k dipende dal numero C_h di prove effettuate e dal livello di fiducia scelto, secondo la seguente Tabella 179.

Tabella 179 – valore del fattore di copertura k , in funzione del numero di prove e del livello di fiducia

C_h	Livello di fiducia		
	70%	75%	80%
3	0,62	0,82	1,06
4	0,58	0,76	0,98
5	0,57	0,74	0,94
6	0,56	0,73	0,92
7	0,55	0,72	0,91
8	0,55	0,71	0,90
9	0,55	0,71	0,89
10	0,54	0,70	0,88
11	0,54	0,70	0,88
12	0,54	0,70	0,88
13	0,54	0,70	0,87
14	0,54	0,69	0,87
15	0,54	0,69	0,87
16	0,54	0,69	0,87
17	0,54	0,69	0,86
18	0,53	0,69	0,86
19	0,53	0,69	0,86
20	0,53	0,69	0,86

C.3.2.3 Valore rappresentativo del gruppo omogeneo

Per ogni requisito r si calcola il valore rappresentativo da assegnare ad ogni suo gruppo omogeneo G_h , corretto per tener conto dell'incertezza di campionamento secondo le seguenti formule, valide rispettivamente nel caso si consideri un livello di isolamento o un livello di rumore:

$$X_h = X_{he} - U_{sh} \quad Y_h = Y_{he} + U_{sh}$$

I valori di X_h e Y_h , vanno arrotondati al primo decimale.

C.3.2.4 Valore rappresentativo dell'unità immobiliare

Per ogni requisito r , si esegue una media energetica ponderata, dei valori di gruppi omogenei e delle prove singole, tenendo conto del numero effettivo di elementi tecnici, sia singoli che di gruppi omogenei, pertinenti per la j -esima UI in esame. Per le prove singole si utilizzano i valori utili delle misure effettuate.

A seconda che si consideri un livello di isolamento o un livello di rumore, il valore rappresentativo dell'U.I. si calcola con le seguenti relazioni:

$$X_{rj} = -10 \log \frac{\sum_{h=1}^{g_j} (10^{-X_h/10} \cdot m_{hj}) + \sum_{S=1}^{q_j} 10^{-X_S/10}}{N_j}$$

$$Y_{rj} = 10 \log \frac{\sum_{h=1}^{g_j} (10^{Y_h/10} \cdot m_{hj}) + \sum_{S=1}^{q_j} 10^{Y_S/10}}{N_j}$$

$$N_j = \sum_{h=1}^{g_j} m_{hj} + q_j$$

Nel caso del potere fonoisolante apparente e dell'isolamento acustico normalizzato, la formula per il calcolo del valore rappresentativo dell'unità immobiliare va applicata prima separatamente per le misure effettuate in direzione orizzontale e per quelle effettuate in direzione verticale, a trovare i due parametri $X_{r,orizz}$ e $X_{r,vert}$ che solo successivamente vanno mediati con criterio energetico tra loro.

D Tabelle per la classificazione degli edifici AGEc senza campionamento

D.1 Classificazione per l'edificio E1 (civico 177). Caso con fori di aerazione in facciata chiusi

Tabella 180 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 1 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata chiusi)

APPARTAMENTO 1 - PALAZZINA E1											
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A1	B1	D1	E1	X_r 39,9	classe III	Z_r 3			
	Valore utile	43	40	38	NV						
R'_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A1	B2-B1	D2-D1	E2-E1	$X_{r,vert}$ 54,2	X_r 55,4	classe II	Z_r 2		
	Valore utile	56	53	53	56						
R'_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F1-E1				$X_{r,orizz}$ 57,0					
	Valore utile	57									
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A1	B2-B1	D2-D1	E2-E1	Y_r 58,5	classe III	Z_r 3			
	Valore utile	58	59	58	59						
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	B1				Y_r 35,2	classe III	Z_r 3			
	Valore utile	35,2									
$Z_{UI} = 2,75$											

Tabella 181 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 2 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata chiusi)

APPARTAMENTO 2 - PALAZZINA E1											
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F1	G1	C1			X_r 41,2	classe II	Z_r 2		
	Valore utile	40	41	43							
R'_w (verticale) [dB]	Valore misurato	F2-F1	G2-G1	C2-C1	$X_{r,vert}$ 54,9	X_r 55,40	classe II	Z_r 2			
	Valore utile	58	55	53							
R'_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	E1-F1				$X_{r,orizz}$ 56,0					
	Valore utile	56									
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	C2-C1	F2-F1	G2-G1			Y_r 58,1	classe III	Z_r 3		
	Valore utile	59	57	58							
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	C1				Y_r 35,6	classe III	Z_r 3			
	Valore utile	35,6									
$Z_{UI} = 2,5$											

Tabella 182 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 3 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata chiusi)

APPARTAMENTO 3 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A2	B2	D2	E2	X_r 39,5	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	44	41	41	38				
		43	40	40	37				
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A1-A2	B1-B2	D1-D2	E1-E2	$X_{r,vert}$ 54,6	X_r 56,3	classe I	Z_r 1
	Valore utile	57	54	55	57				
		56	53	54	56				
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	A3-A2	B3-B2	D3-D2	E3-E2	$X_{r,orizz}$ 59,0			
	Valore utile	56	54	56	57				
		55	53	55	56				
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	F2-E2							
	Valore utile	60							
		59							
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	A3- A2	B3-B2	D3-D2	E3-E2	Y_r 58,5	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	58	58	57	57				
		59	59	58	58				
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	B2				Y_r 29,8	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	27,4							
		29,8							
$Z_{U1} = 2$									

Tabella 183 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 4 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata chiusi)

APPARTAMENTO 4 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F2	G2	C2	X_r 39,2	classe III	Z_r 3		
	Valore utile	39	41	41					
		38	40	40					
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	F1-F2	G1-G2	C1-C2	$X_{r,vert}$ 55,0	X_r 56,8	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	58	57	54					
		57	56	53					
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F3-F2	G3-G2	C3-C2	$X_{r,orizz}$ 60,0				
	Valore utile	56	57	55					
		55	56	54					
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	E2-F2							
	Valore utile	61							
		60							
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	C3-C2	F3-F2	G3-G2	Y_r 57,7	classe II	Z_r 2		
	Valore utile	57	56	57					
		58	57	58					
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	C2				Y_r 28,5	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	26,1							
		28,5							
$Z_{U1} = 1,75$									

Tabella 184 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 5 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata chiusi)

APPARTAMENTO 5 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A3	B3	D3	E3	X_r 37,6	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	NV	NV	41	37				
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A3	B2-B3	D2-D3	E2-E3	$X_{r,vert}$ 54,9	X_r 55,44	classe II	Z_r 2
	Valore utile	57	55	56	56				
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F3-E3				$X_{r,orizz}$ 56,0			
	Valore utile	57							
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A3	B2-B3	D2-D3	E2-E3	Y_r 51,1	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	50	49	51	50				
L_{id} [dB(A)]						Y_r NP	classe NP	Z_r -	
$Z_{UI} = 2,0$									

Tabella 185 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 6 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata chiusi)

APPARTAMENTO 6 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F3	G3	C3	X_r 38,2	classe III	Z_r 3		
	Valore utile	38	41	39					
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	F2-F3	G2-G3	C2-C3	$X_{r,vert}$ 54,9	X_r 56,19	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	56	57	55					
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	E3-F3				$X_{r,orizz}$ 58,0			
	Valore utile	59							
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	C2-C3	F2-F3	G2-G3	Y_r 51,1	classe I	Z_r 1		
	Valore utile	50	49	51					
L_{id} [dB(A)]					Y_r NP	classe NP	Z_r -		
$Z_{UI} = 1,7$									

D.2 Classificazione per l'edificio E1 (civico 177). Caso con fori di aerazione in facciata aperti

Tabella 186 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 1 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata aperti)

APPARTAMENTO 1 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A1	B1	D1	E1	X_r 39,9	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	44	41	39	NV				
		43	40	38	NV				
R'_W (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A1	B2-B1	D2-D1	E2-E1	$X_{r,vert}$ 54,2	X_r 55,4	classe II	Z_r 2
	Valore utile	57	54	54	57				
		56	53	53	56				
R'_W (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F1-E1				$X_{r,orizz}$ 57,0			
	Valore utile	58							
		57							
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A1	B2-B1	D2-D1	E2-E1	Y_r 58,5	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	57	58	57	58				
		58	59	58	59				
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	B1				Y_r 35,2	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	32,8							
		35,2							
$Z_{U1} = 2,75$									

Tabella 187 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 2 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata aperti)

APPARTAMENTO 2 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F1	G1	C1	X_r 40,2	classe II	Z_r 2		
	Valore utile	39	42	44					
		38	41	43					
R'_W (verticale) [dB]	Valore misurato	F2-F1	G2-G1	C2-C1	$X_{r,vert}$ 54,9	X_r 55,40	classe II	Z_r 2	
	Valore utile	59	56	54					
		58	55	53					
R'_W (orizzontale) [dB]	Valore misurato	E1-F1				$X_{r,orizz}$ 56,0			
	Valore utile	57							
		56							
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	C2-C1	F2-F1	G2-G1	Y_r 58,1	classe III	Z_r 3		
	Valore utile	58	56	57					
		59	57	58					
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	C1				Y_r 35,6	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	33,2							
		35,6							
$Z_{U1} = 2,5$									

Tabella 188 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 3 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata aperti)

APPARTAMENTO 3 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A2	B2	D2	E2		X_r 35,8	classe IV	Z_r 4
	Valore utile	44	41	41	32				
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A1-A2	B1-B2	D1-D2	E1-E2	$X_{r,vert}$ 54,6	X_r 56,3	classe I	Z_r 1
	Valore utile	57	54	55	57				
	Valore misurato	A3-A2	B3-B2	D3-D2	E3-E2				
	Valore utile	56	54	56	57				
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F2-E2				$X_{r,orizz}$ 59,0			
	Valore utile	60							
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	A3-A2	B3-B2	D3-D2	E3-E2	Y_r 58,5	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	58	58	57	57				
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	B2				Y_r 29,8	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	27,4							
$Z_{U1} = 2,25$									

Tabella 189 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 4 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata aperti)

APPARTAMENTO 4 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F2	G2	C2		X_r 34,0	classe IV	Z_r 4	
	Valore utile	31	41	41					
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	F1-F2	G1-G2	C1-C2	$X_{r,vert}$ 55,0	X_r 56,8	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	58	57	54					
	Valore misurato	F3-F2	G3-G2	C3-C2					
	Valore utile	57	56	53					
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	E2-F2				$X_{r,orizz}$ 60,0			
	Valore utile	61							
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	C3-C2	F3-F2	G3-G2	Y_r 57,7	classe II	Z_r 2		
	Valore utile	57	56	57					
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	C2				Y_r 28,5	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	26,1							
$Z_{U1} = 2$									

Tabella 190 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 5 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata aperti)

APPARTAMENTO 5 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A3	B3	D3	E3		X_r 32,6	classe IV	Z_r 4
	Valore utile	NV	NV	41	31	30			
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A3	B2-B3	D2-D3	E2-E3	$X_{r,vert}$ 54,9	X_r 55,44	classe II	Z_r 2
	Valore utile	57	55	56	56					55
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F3-E3				$X_{r,orizz}$ 56,0			
	Valore utile	57	56						
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A3	B2-B3	D2-D3	E2-E3	Y_r 51,1	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	50	49	51	50				51
L_{id} [dB(A)]						Y_r NP	classe NP	Z_r -	
$Z_{UI} = 2,3$									

Tabella 191 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 6 della palazzina E1 (caso con fori di aerazione in facciata aperti)

APPARTAMENTO 6 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F3	G3	C3		X_r 33,8	classe IV	Z_r 4	
	Valore utile	31	41	39	38				
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	F2-F3	G2-G3	C2-C3	$X_{r,vert}$ 54,9	X_r 56,19	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	56	57	55					54
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	E3-F3							$X_{r,orizz}$ 58,0
	Valore utile	59	58						
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	C2-C3	F2-F3	G2-G3	Y_r 51,1	classe I	Z_r 1		
	Valore utile	50	49	51				52	
L_{id} [dB(A)]					Y_r NP	classe NP	Z_r -		
$Z_{UI} = 2,0$									

D.3 Classificazione per l'edificio D (civico 176).

Tabella 192 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 1 della palazzina D

APPARTAMENTO 1 - PALAZZINA D						
$D_{2m,nT,W}$ [dB]		A1	B1	X_r 37,6	classe III	Z_r 3
	Valore misurato	41	37			
	Valore utile	40	36			
R_w (verticale) [dB]		A2-A1	B2-B1	X_r 50,9	classe III	Z_r 3
	Valore misurato	51	53			
	Valore utile	50	52			
L'_{nW} (verticale) [dB]		A2-A1	B2-B1	Y_r 63,0	classe III	Z_r 3
	Valore misurato	62	62			
	Valore utile	63	63			
L_{id} [dB(A)]		B1		Y_r 27,3	classe I	Z_r 1
	Valore misurato	24,9				
	Valore utile	27,3				
$Z_{UI} = 2,5$						

Tabella 193 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 2 della palazzina D

APPARTAMENTO 2 - PALAZZINA D						
$D_{2m,nT,W}$ [dB]		C1	D1	X_r 39,0	classe III	Z_r 3
	Valore misurato	40	40			
	Valore utile	39	39			
R_w (verticale) [dB]		C2-C1	D2-D1	X_r 52,0	classe III	Z_r 3
	Valore misurato	53	53			
	Valore utile	52	52			
L'_{nW} (verticale) [dB]		C2-C1	D2-D1	Y_r 63,0	classe III	Z_r 3
	Valore misurato	62	62			
	Valore utile	63	63			
L_{id} [dB(A)]		C1		Y_r 28,5	classe I	Z_r 1
	Valore misurato	26,1				
	Valore utile	28,5				
$Z_{UI} = 2,5$						

Tabella 194 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 3 della palazzina D

APPARTAMENTO 3 - PALAZZINA D								
$D_{2m,nT,W}$ [dB]		A2	B2	X_r 40,0	classe II	Z_r 2		
	Valore misurato	41	NV					
	Valore utile	40	NV					
R_w (verticale) [dB]		A3-A2	B3-B2	A1-A2	B1-B2	X_r 50,7	classe III	Z_r 3
	Valore misurato	51	53	51	52			
	Valore utile	50	52	50	51			
L'_{nW} (verticale) [dB]		A3-A2	B3-B2	Y_r 63,0	classe III	Z_r 3		
	Valore misurato	62	62					
	Valore utile	63	63					
L_{id} [dB(A)]		B2		Y_r 26,8	classe I	Z_r 1		
	Valore misurato	24,4						
	Valore utile	26,8						
$Z_{UI} = 2,25$								

Tabella 195 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 4 della palazzina D

APPARTAMENTO 4 - PALAZZINA D								
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	C2	D2		X_r 41,0	classe II	Z_r 2	
	Valore utile	NV	42					
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	C3-C2	D3-D2	C1-C2	D1-D2	X_r 51,9	classe III	Z_r 3
	Valore utile	54	52	53	51			
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	C3-C2	D3-D2			Y_r 62,5	classe III	Z_r 3
	Valore utile	61	62					
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	C2			Y_r NV	classe NV	Z_r -	
	Valore utile	NV						
$Z_{UI} = 2,67$								

Tabella 196 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 5 della palazzina D

APPARTAMENTO 5 - PALAZZINA D							
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A3	B3		X_r 38,0	classe III	Z_r 3
	Valore utile	39	NV				
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A3	B2-B3		X_r 50,5	classe III	Z_r 3
	Valore utile	52	51				
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A3	B2-B3		Y_r 55,0	classe II	Z_r 2
	Valore utile	54	54				
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato				Y_r NP	classe NP	Z_r -
	Valore utile						
$Z_{UI} = 2,67$							

Tabella 197 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 6 della palazzina D

APPARTAMENTO 6 - PALAZZINA D							
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	C3	D3		X_r 40,0	classe II	Z_r 2
	Valore utile	NV	41				
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	C2-C3	D2-D3		X_r 52,47	classe III	Z_r 3
	Valore utile	54	53				
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	C2-C3	D2-D3		Y_r 53,1	classe II	Z_r 2
	Valore utile	53	51				
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato				Y_r NP	classe NP	Z_r -
	Valore utile						
$Z_{UI} = 2,33$							

E Tabelle per la classificazione AGEC con campionamento e con variazione del livello di fiducia

E.1 Edificio E1, potere fonoisolante apparente verticale, campionamento (gruppi omogenei)

Tabella 198 – Prove di potere fonoisolante apparente verticale appartenenti al gruppo omogeneo 1: valore misurato e valore utile

Gruppo omogeneo 1	R'_w [dB]	Valore utile	M_h	C_h
A1-A2	57	56	8	3
A2-A3	57	56		
G1-G2	57	56		
G2-G3	57	56		
B1-B2	54	53		
B2-B3	55	54		
D1-D2	55	54		
D2-D3	56	55		

Tabella 199 – Combinazioni di 3 campioni estraibili dal gruppo 1 (per il potere fonoisolante apparente) e relativo valore rappresentativo al variare del livello di fiducia: sono evidenziati i casi migliori (in grigio scuro) e quelli peggiori (in grigio chiaro)

Combinazioni		53,54,54	53,54,55	53,54,56	53,55,56	53,56,56	54,54,55	54,55,56	54,56,56	55,56,56	56,56,56
Media		53,7	54	54,3	54,7	55	54,3	55	55,3	55,7	56
s_{sh}		0,49	0,85	1,29	1,29	1,46	0,49	0,85	0,98	0,49	0
L %	k	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	0	53,7	54	54,3	54,7	55	54,3	55	55,3	55,7	56
55	0,14	53,6	53,9	54,1	54,5	54,8	54,2	54,9	55,2	55,6	56
60	0,29	53,6	53,8	53,9	54,3	54,6	54,2	54,8	55	55,6	56
65	0,44	53,5	53,6	53,7	54,1	54,4	54,1	54,6	54,9	55,5	56
70	0,62	53,4	53,5	53,5	53,9	54,1	54	54,5	54,7	55,4	56
75	0,82	53,3	53,3	53,2	53,6	53,8	53,9	54,3	54,5	55,3	56
80	1,06	53,2	53,1	52,9	53,3	53,5	53,8	54,1	54,3	55,2	56
85	1,39	53	52,8	52,5	52,9	53	53,6	53,8	53,9	55	56
90	1,89	52,8	52,4	51,9	52,3	52,2	53,4	53,4	53,4	54,8	56
95	2,92	52,3	51,5	50,5	50,9	50,7	52,9	52,5	52,4	54,3	56

Tabella 200 – Prove di potere fonoisolante apparente verticale appartenenti al gruppo omogeneo 2: valore misurato e valore utile

Gruppo omogeneo 2	R ^w [dB]	Valore utile	M _h	Ch
E1-E2	57	56	6	3
E2-E3	56	55		
F1-F2	58	57		
F2-F3	56	55		
C1-C2	54	53		
C2-C3	55	54		

Tabella 201 – Combinazioni di 3 campioni estraibili dal gruppo 2 (per il potere fonoisolante apparente) e relativo valore rappresentativo al variare del livello di fiducia: sono evidenziati icasi migliori (in grigio scuro) e quelli peggiori (in grigio chiaro)

Combinazioni	53,54,55	53,54,56	53,54,57	53,55,55	53,55,56	53,55,57	53,56,57	54,55,55	54,55,56	54,56,57	55,55,56	55,56,57	
Media	54	54,3	54,7	54,3	54,7	55	55,3	54,7	55	55,7	55,3	56	
s_{sh}	0,77	1,18	1,61	0,89	1,18	1,55	1,61	0,45	0,77	1,18	0,45	0,77	
L %	k	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	
50	0	54	54,3	54,7	54,3	54,7	55	55,3	54,7	55	55,7	55,3	56
55	0,14	53,9	54,1	54,5	54,2	54,5	54,8	55,1	54,6	54,9	55,5	55,2	55,9
60	0,29	53,8	54	54,2	54	54,4	54,6	54,8	54,6	54,8	55,4	55,2	55,8
65	0,44	53,7	53,8	54	53,9	54,2	54,3	54,6	54,5	54,7	55,2	55,1	55,7
70	0,62	53,5	53,6	53,7	53,7	54	54	54,3	54,4	54,5	55	55	55,5
75	0,82	53,4	53,3	53,4	53,6	53,7	53,7	54	54,3	54,4	54,7	54,9	55,4
80	1,06	53,2	53	53	53,4	53,4	53,4	53,6	54,2	54,2	54,4	54,8	55,2
85	1,39	52,9	52,7	52,5	53,1	53,1	52,8	53,1	54,1	53,9	54,1	54,7	54,9
90	1,89	52,5	52,1	51,7	52,6	52,5	52,1	52,3	53,8	53,5	53,5	54,4	54,5
95	2,92	51,8	50,9	50	51,7	51,3	50,5	50,6	53,4	52,8	52,3	54	53,8

E.2 Edificio E1, potere fonoisolante apparente verticale, campionamento (tutte le misure)

Tabella 202 – Prove di potere fonoisolante apparente verticale eseguite sulla palazzina E1 (considerate tutte insieme: valore misurato e valore utile)

Palazzina E1, considerando in un unico gruppo tutte le misure di potere fonoisolante apparente misurato in direzione verticale (dall'ambiente inferiore a quello superiore)				
Misura	R'w [dB]	Valore utile	Mh	Ch
A1-A2	57	56	14	3
A2-A3	57	56		
G1-G2	57	56		
G2-G3	57	56		
B1-B2	54	53		
B2-B3	55	54		
D1-D2	55	54		
D2-D3	56	55		
E1-E2	57	56		
E2-E3	56	55		
F1-F2	58	57		
F2-F3	56	55		
C1-C2	54	53		
C2-C3	55	54		

Tabella 203– Combinazioni di 3 campioni estraibili dall'insieme di tutte le misure di potere fonoisolante apparente della palazzina E1, e valore rappresentativo di ogni combinazione al variare del livello di fiducia: sono evidenziati i casi migliori (in grigio scuro) e quelli peggiori (in grigio chiaro)

Combinazioni	53,53,54	53,53,55	53,53,56	53,53,57	53,54,54	53,54,55	53,54,56	53,54,57	53,55,55	53,55,56	53,55,57	53,56,56	53,56,57	54,54,54
Media	53,3	53,7	54	54,3	53,7	54	54,3	54,7	54,3	54,7	55	55	55,3	54
s_{sh}	0,53	1,06	1,59	2,12	0,53	0,92	1,41	1,92	1,06	1,41	1,84	1,59	1,92	0
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	53,3	53,7	54	54,3	53,7	54	54,3	54,7	54,3	54,7	55	55	55,3	54
55	53,2	53,6	53,8	54	53,6	53,9	54,1	54,4	54,2	54,5	54,7	54,8	55	54
60	53,1	53,4	53,5	53,7	53,5	53,7	53,9	54,1	54	54,3	54,5	54,5	54,7	54
65	53,1	53,2	53,3	53,4	53,5	53,6	53,7	53,9	53,8	54,1	54,2	54,3	54,5	54
70	53	53	53	53	53,4	53,4	53,4	53,5	53,6	53,8	53,9	54	54,1	54
75	52,9	52,8	52,7	52,6	53,3	53,2	53,1	53,1	53,4	53,5	53,5	53,7	53,7	54
80	52,7	52,6	52,3	52,1	53,1	53	52,8	52,7	53,2	53,2	53	53,3	53,3	54
85	52,6	52,2	51,8	51,4	53	52,7	52,3	52	52,8	52,7	52,4	52,8	52,6	54
90	52,3	51,7	51	50,3	52,7	52,3	51,6	51,1	52,3	52	51,5	52	51,7	54
95	51,8	50,6	49,4	48,1	52,2	51,3	50,2	49,1	51,2	50,6	49,6	50,4	49,7	54

Combinazioni	54,54,55	54,54,56	54,54,57	54,55,55	54,55,56	54,55,57	54,56,56	54,56,57	55,55,55	55,55,56	55,55,57	55,56,57	56,56,56	56,56,57
Media	54,3	54,7	55	54,7	55	55,3	55,3	55,7	55	55,3	55,7	56	56	56,3
s_{sh}	0,53	1,06	1,59	0,53	0,92	1,41	1,06	1,41	0	0,53	1,06	0,92	0	0,53
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	54,3	54,7	55	54,7	55	55,3	55,3	55,7	55	55,3	55,7	56	56	56,3
55	54,2	54,6	54,8	54,6	54,9	55,1	55,2	55,5	55	55,2	55,6	55,9	56	56,2
60	54,1	54,4	54,5	54,5	54,7	54,9	55	55,3	55	55,1	55,4	55,7	56	56,1
65	54,1	54,2	54,3	54,5	54,6	54,7	54,8	55,1	55	55,1	55,2	55,6	56	56,1
70	54	54	54	54,4	54,4	54,4	54,6	54,8	55	55	55	55,4	56	56
75	53,9	53,8	53,7	54,3	54,2	54,1	54,4	54,5	55	54,9	54,8	55,2	56	55,9
80	53,7	53,6	53,3	54,1	54	53,8	54,2	54,2	55	54,7	54,6	55	56	55,7
85	53,6	53,2	52,8	54	53,7	53,3	53,8	53,7	55	54,6	54,2	54,7	56	55,6
90	53,3	52,7	52	53,7	53,3	52,6	53,3	53	55	54,3	53,7	54,3	56	55,3
95	52,8	51,6	50,4	53,2	52,3	51,2	52,2	51,6	55	53,8	52,6	53,3	56	54,8

E.3 Edificio E1, livello di calpestio, campionamento (gruppi omogenei)

Tabella 204– Prove di livello di calpestio appartenenti al gruppo omogeneo 1: valore misurato e valore utile

Gruppo omogeneo 1	L'_{nw} [dB]	Valore utile	M_h	C_h
A2-A1	57	58	8	3
A3-A2	58	59		
G2-G1	57	58		
G3-G2	57	58		
B2-B1	58	59		
B3-B2	58	59		
D2-D1	57	58		
D3-D2	57	58		

Tabella 205– Combinazioni di 3 campioni estraibili dall'insieme delle misure di calpestio del gruppo omogeneo 1 della palazzina E1, e valore rappresentativo di ogni combinazione al variare del livello di fiducia: sono evidenziati i casi migliori (in grigio scuro) e quelli peggiori (in grigio chiaro)

Combinazioni	58,58,58	58,58,59	58,59,59	59,59,59
Media	58	58,3	58,7	59
s_{sh}	0	0,49	0,49	0
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	58	58,3	58,7	59
55	58	58,4	58,8	59
60	58	58,4	58,8	59
65	58	58,5	58,9	59
70	58	58,6	59	59
75	58	58,7	59,1	59
80	58	58,8	59,2	59
85	58	59	59,4	59
90	58	59,2	59,6	59
95	58	59,7	60,1	59

Tabella 206– Prove di livello di calpestio appartenenti al gruppo omogeneo 2: valore misurato e valore utile

Gruppo omogeneo 2	L'nw [dB]	Valore utile	Mh	Ch
C2-C1	58	59	6	3
C3-C2	57	58		
E2-E1	58	59		
E3-E2	57	58		
F2-F1	56	57		
F3-F2	56	57		

Tabella 207– Combinazioni di 3 campioni estraibili dall'insieme delle misure di calpestio del gruppo omogeneo 2 della palazzina E1, e valore rappresentativo di ogni combinazione al variare del livello di fiducia: sono evidenziati i casi migliori (in grigio scuro) e quelli peggiori (in grigio chiaro)

Combinazioni	57,57,58	57,57,59	57,58,58	57,58,59	57,59,59	58,58,59	58,59,59
Media	57,3	57,7	57,7	58	58,3	58,3	58,7
s_{sh}	0,45	0,89	0,45	0,77	0,89	0,45	0,45
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	57,3	57,7	57,7	58	58,3	58,3	58,7
55	57,4	57,8	57,8	58,1	58,4	58,4	58,8
60	57,4	58	57,8	58,2	58,6	58,4	58,8
65	57,5	58,1	57,9	58,3	58,7	58,5	58,9
70	57,6	58,3	58	58,5	58,9	58,6	59
75	57,7	58,4	58,1	58,6	59	58,7	59,1
80	57,8	58,6	58,2	58,8	59,2	58,8	59,2
85	57,9	58,9	58,3	59,1	59,5	58,9	59,3
90	58,2	59,4	58,6	59,5	60	59,2	59,6
95	58,6	60,3	59	60,2	60,9	59,6	60

Tabella 208– Prove di livello di calpestio appartenenti al gruppo omogeneo 2 (misure dal basso verso l'alto): valore misurato e valore utile

Gruppo omogeneo 3	L'nw [dB]	Valore utile	Mh	Ch
A2-A3	50	51	4	3
B2-B3	49	50		
D2-D3	51	52		
G2-G3	51	52		

Tabella 209– Combinazioni di 3 campioni estraibili dall'insieme delle misure di calpestio del gruppo omogeneo 3 della palazzina E1, e valore rappresentativo di ogni combinazione al variare del livello di fiducia: sono evidenziati i casi migliori (in grigio scuro) e quelli peggiori (in grigio chiaro)

Combinazioni	50,51,52	50,52,52	51,52,52
Media	51	51,3	51,7
s_{sh}	0,58	0,67	0,33
livello fiducia %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	51	51,3	51,7
55	51,1	51,4	51,7
60	51,2	51,5	51,8
65	51,3	51,6	51,8
70	51,4	51,7	51,9
75	51,5	51,8	52
80	51,6	52	52
85	51,8	52,2	52,2
90	52,1	52,6	52,3
95	52,7	53,3	52,7

E.4 Edificio E1, livello di calpestio, campionamento (tutte le misure)

Tabella 210– Insieme di tutte le misure di calpestio (dall’alto verso il basso) dell’edificio E1: valore misurato e valore utile

Misure dall’alto al basso	L'_{nw} [dB]	Valore utile	M_h	C_h
A2-A1	57	58	14	3
A3-A2	58	59		
G2-G1	57	58		
G3-G2	57	58		
B2-B1	58	59		
B3-B2	58	59		
D2-D1	57	58		
D3-D2	57	58		
C2-C1	58	59		
C3-C2	57	58		
E2-E1	58	59		
E3-E2	57	58		
F2-F1	56	57		
F3-F2	56	57		

Tabella 211– Casi migliori e peggiori per il campionamento sull’insieme di tutte le misure di calpestio (dall’alto verso il basso) della palazzina E1

Combinazioni	57,57,58	57,57,59	57,58,58	57,58,59	57,59,59	58,58,58	58,58,59	58,59,59	59,59,59
Media	57,3	57,7	57,7	58	58,3	58	58,3	58,7	59
s_{sh}	0,53	1,06	0,53	0,92	1,06	0	0,53	0,53	0
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	57,3	57,7	57,7	58	58,3	58	58,3	58,7	59
55	57,4	57,8	57,8	58,1	58,4	58	58,4	58,8	59
60	57,5	58	57,9	58,3	58,6	58	58,5	58,9	59
65	57,5	58,2	57,9	58,4	58,8	58	58,5	58,9	59
70	57,6	58,4	58	58,6	59	58	58,6	59	59
75	57,7	58,6	58,1	58,8	59,2	58	58,7	59,1	59
80	57,9	58,8	58,3	59	59,4	58	58,9	59,3	59
85	58	59,2	58,4	59,3	59,8	58	59	59,4	59
90	58,3	59,7	58,7	59,7	60,3	58	59,3	59,7	59
95	58,8	60,8	59,2	60,7	61,4	58	59,8	60,2	59

Tabella 212– Insieme di tutte le misure di calpestio (dal basso verso l'alto) dell'edificio E1: valore misurato e valore utile

Misure dal basso verso l'alto	L'_{nw} [dB]	Valore utile	M_h	C_h
A2-A3	50	51	7	3
B2-B3	49	50		
D2-D3	51	52		
G2-G3	51	52		
C2-C3	50	51		
E2-E3	50	51		
F2-F3	49	50		

Tabella 213– Casi migliori e peggiori per il campionamento sull'insieme di tutte le misure di calpestio (dal basso verso l'alto) della palazzina E1

Combinazioni	50,50,51	50,50,52	50,51,51	50,51,52	50,52,52	51,51,51	51,51,52	51,52,52
Media	50,3	50,7	50,7	51	51,3	51	51,3	51,7
s_{sh}	0,47	0,94	0,47	0,82	0,94	0	0,47	0,47
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	50,3	50,7	50,7	51	51,3	51	51,3	51,7
55	50,4	50,8	50,8	51,1	51,4	51	51,4	51,8
60	50,4	51	50,8	51,2	51,6	51	51,4	51,8
65	50,5	51,1	50,9	51,4	51,7	51	51,5	51,9
70	50,6	51,3	51	51,5	51,9	51	51,6	52
75	50,7	51,5	51,1	51,7	52,1	51	51,7	52,1
80	50,8	51,7	51,2	51,9	52,3	51	51,8	52,2
85	51	52	51,4	52,1	52,6	51	52	52,4
90	51,2	52,5	51,6	52,5	53,1	51	52,2	52,6
95	51,7	53,4	52,1	53,4	54	51	52,7	53,1

E.5 Edificio E1, isolamento di facciata, campionamento (gruppi omogenei)

Tabella 214–Gruppo omogeneo per le misure di isolamento di facciata: valore misurato e valore utile

(fori chiusi)	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Valore utile	M_h	C_h
E2	38	37	4	3
E3	37	36		
F2	39	38		
F3	38	37		

Tabella 215– Casi migliori e peggiori per il campionamento sul gruppo omogeneo delle misure di isolamento di facciata, per l'edificio E1

Combinazioni	36,37,37	36,37,38	37,37,38
Media	36,7	37	37,3
s_{sh}	0,33	0,58	0,33
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	36,7	37	37,3
55	36,7	36,9	37,3
60	36,6	36,8	37,2
65	36,6	36,7	37,2
70	36,5	36,6	37,1
75	36,4	36,5	37
80	36,4	36,4	37
85	36,2	36,2	36,8
90	36,1	35,9	36,7
95	35,7	35,3	36,3

E.6 Edificio E1, isolamento di facciata, campionamento (intero edificio)

Tabella 216– Insieme di tutte le misure di isolamento di facciata dell'edificio E1: valore misurato e valore utile

D_{2mnT} [dB]	A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E2	E3	F2	F3	F1	G1	G2	G3	M_h	C_h
Valore misurato	44	44	41	41	44	41	39	39	41	41	38	37	39	38	41	42	41	41	18	3
Valore utile X	43	43	40	40	43	40	38	38	40	40	37	36	38	37	40	41	40	40		

Tabella 217– Casi migliori e peggiori per il campionamento sull'insieme di tutte le misure di isolamento di facciata della palazzina E1 (I parte)

Combinazioni	36,37,37	36,37,38	36,37,40	36,37,41	36,37,43	36,38,38	36,38,40	36,38,41	36,38,43	36,40,40	36,40,41	36,40,43
Media	36,7	37	37,7	38	38,7	37,3	38	38,3	39	38,7	39	39,7
s_{sh}	0,54	0,94	1,96	2,49	3,56	1,09	1,88	2,36	3,39	2,17	2,49	3,3
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	36,7	37	37,7	38	38,7	37,3	38	38,3	39	38,7	39	39,7
55	36,6	36,9	37,4	37,7	38,2	37,1	37,7	38	38,5	38,4	38,7	39,2
60	36,5	36,7	37,1	37,3	37,7	37	37,5	37,6	38	38,1	38,3	38,7
65	36,5	36,6	36,8	36,9	37,1	36,8	37,2	37,3	37,5	37,7	37,9	38,2
70	36,4	36,4	36,5	36,5	36,5	36,6	36,8	36,8	36,9	37,4	37,5	37,7
75	36,3	36,2	36,1	36	35,8	36,4	36,5	36,4	36,2	36,9	37	37
80	36,1	36	35,6	35,4	34,9	36,1	36	35,8	35,4	36,4	36,4	36,2
85	35,9	35,7	35	34,5	33,8	35,8	35,4	35	34,3	35,7	35,5	35,1
90	35,7	35,2	34	33,3	32	35,2	34,4	33,8	32,6	34,6	34,3	33,5
95	35,1	34,3	32	30,7	28,3	34,1	32,5	31,4	29,1	32,4	31,7	30,1

Tabella 218– Casi migliori e peggiori per il campionamento sull'insieme di tutte le misure di isolamento di facciata della palazzina E1 (II parte)

Combinazioni	36,41,43	36,43,43	37,37,38	37,37,40	37,37,41	37,37,43	37,38,38	37,38,40	37,38,41	37,38,43	37,40,40	37,40,41
Media	40	40,7	37,3	38	38,3	39	37,7	38,3	38,7	39,3	39	39,3
s_{sh}	3,39	3,8	0,54	1,63	2,17	3,25	0,54	1,44	1,96	3,02	1,63	1,96
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	40	40,7	37,3	38	38,3	39	37,7	38,3	38,7	39,3	39	39,3
55	39,5	40,2	37,2	37,8	38	38,5	37,6	38,1	38,4	38,9	38,8	39
60	39	39,6	37,1	37,5	37,7	38,1	37,5	37,9	38,1	38,4	38,5	38,7
65	38,5	39	37,1	37,3	37,3	37,6	37,5	37,7	37,8	38	38,3	38,4
70	37,9	38,3	37	37	37	37	37,4	37,4	37,5	37,4	38	38,1
75	37,2	37,6	36,9	36,7	36,5	36,3	37,3	37,1	37,1	36,8	37,7	37,7
80	36,4	36,7	36,7	36,3	36	35,6	37,1	36,8	36,6	36,1	37,3	37,2
85	35,3	35,4	36,5	35,7	35,3	34,5	36,9	36,3	36	35,1	36,7	36,6
90	33,6	33,5	36,3	34,9	34,2	32,9	36,7	35,6	35	33,6	35,9	35,6
95	30,1	29,6	35,7	33,2	32	29,5	36,1	34,1	33	30,5	34,2	33,6

Tabella 219– Casi migliori e peggiori per il campionamento sull'insieme di tutte le misure di isolamento di facciata della palazzina E1 (III parte)

Combinazioni	37,40,41	37,40,43	37,41,43	37,43,43	38,38,38	38,38,40	38,38,41	38,38,43	38,40,40	38,40,41
Media	39,3	40	40,3	41	38	38,7	39	39,7	39,3	39,7
s_{sh}	1,96	2,82	2,87	3,25	0	1,09	1,63	2,71	1,09	1,44
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	39,3	40	40,3	41	38	38,7	39	39,7	39,3	39,7
55	39	39,6	39,9	40,5	38	38,5	38,8	39,3	39,1	39,5
60	38,7	39,2	39,5	40,1	38	38,4	38,5	38,9	39	39,3
65	38,4	38,8	39	39,6	38	38,2	38,3	38,5	38,8	39,1
70	38,1	38,3	38,5	39	38	38	38	38	38,6	38,8
75	37,7	37,7	37,9	38,3	38	37,8	37,7	37,5	38,4	38,5
80	37,2	37	37,3	37,6	38	37,5	37,3	36,8	38,1	38,2
85	36,6	36,1	36,3	36,5	38	37,2	36,7	35,9	37,8	37,7
90	35,6	34,7	34,9	34,9	38	36,6	35,9	34,6	37,2	37
95	33,6	31,8	31,9	31,5	38	35,5	34,2	31,8	36,1	35,5

Tabella 220– Casi migliori e peggiori per il campionamento sull'insieme di tutte le misure di isolamento di facciata della palazzina E1 (IV parte)

Combinazioni	38,40,43	38,41,43	38,43,43	40,40,40	40,40,41	40,40,43	40,41,43	40,43,43	41,43,43	43,43,43
Media	40,3	40,7	41,3	40	40,3	41	41,3	42	42,3	43
s_{sh}	2,36	2,36	2,71	0	0,54	1,63	1,44	1,63	1,09	0
L %	X_n [dB]	X_n [dB]	X_n [dB]	X_n [dB]	X_n [dB]	X_n [dB]	X_n [dB]	X_n [dB]	X_n [dB]	X_n [dB]
50	40,3	40,7	41,3	40	40,3	41	41,3	42	42,3	43
55	40	40,4	40,9	40	40,2	40,8	41,1	41,8	42,1	43
60	39,6	40	40,5	40	40,1	40,5	40,9	41,5	42	43
65	39,3	39,7	40,1	40	40,1	40,3	40,7	41,3	41,8	43
70	38,8	39,2	39,6	40	40	40	40,4	41	41,6	43
75	38,4	38,8	39,1	40	39,9	39,7	40,1	40,7	41,4	43
80	37,8	38,2	38,4	40	39,7	39,3	39,8	40,3	41,1	43
85	37	37,4	37,5	40	39,5	38,7	39,3	39,7	40,8	43
90	35,8	36,2	36,2	40	39,3	37,9	38,6	38,9	40,2	43
95	33,4	33,8	33,4	40	38,7	36,2	37,1	37,2	39,1	43

E.7 Edificio D, potere fonoisolante apparente verticale, campionamento (un unico gruppo omogeneo coincidente con tutti i solai dell'edificio)

Tabella 221 – Prove di potere fonoisolante apparente verticale appartenenti al gruppo omogeneo 1 (coincidente in questo caso con l'insieme di tutte le misure possibili per l'edificio D): valore misurato e valore utile

Gruppo omogeneo 1	R_w [dB]	Valore utile	M_h	C_h
A1-A2	51	50	8	3
A2-A3	52	51		
B1-B2	52	51		
B2-B3	51	50		
C1-C2	53	52		
C2-C3	54	53		
D1-D2	51	50		
D2-D3	53	52		

Tabella 222– Casi migliori e peggiori per il campionamento delle misure di potere fonoisolante apparente sull'edificio D

Combinazioni	50,50,50	50,50,51	50,50,52	50,50,53	50,51,51	50,51,52	50,51,53	50,52,52	50,52,53	51,51,52	51,51,53	51,52,52	51,52,53	52,52,53
Media	50	50,3	50,7	51	50,7	51	51,3	51,3	51,7	51,3	51,7	51,7	52	52,3
s_{sh}	0	0,49	0,98	1,46	0,49	0,85	1,29	0,98	1,29	0,49	0,98	0,49	0,85	0,49
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	50	50,3	50,7	51	50,7	51	51,3	51,3	51,7	51,3	51,7	51,7	52	52,3
55	50	50,2	50,6	50,8	50,6	50,9	51,1	51,2	51,5	51,2	51,6	51,6	51,9	52,2
60	50	50,2	50,4	50,6	50,6	50,8	50,9	51	51,3	51,2	51,4	51,6	51,8	52,2
65	50	50,1	50,3	50,4	50,5	50,6	50,7	50,9	51,1	51,1	51,3	51,5	51,6	52,1
70	50	50	50,1	50,1	50,4	50,5	50,5	50,7	50,9	51	51,1	51,4	51,5	52
75	50	49,9	49,9	49,8	50,3	50,3	50,2	50,5	50,6	50,9	50,9	51,3	51,3	51,9
80	50	49,8	49,7	49,5	50,2	50,1	49,9	50,3	50,3	50,8	50,7	51,2	51,1	51,8
85	50	49,6	49,3	49	50	49,8	49,5	49,9	49,9	50,6	50,3	51	50,8	51,6
90	50	49,4	48,8	48,2	49,8	49,4	48,9	49,4	49,3	50,4	49,8	50,8	50,4	51,4
95	50	48,9	47,8	46,7	49,3	48,5	47,5	48,4	47,9	49,9	48,8	50,3	49,5	50,9

E.8 Edificio D, livello di calpestio, campionamento (tutti i solai dell'edificio, con due gruppi omogenei a seconda del verso della prova)

Tabella 223– Prove di livello di calpestio appartenenti al gruppo omogeneo 1 (tutti i solai dell'edificio D, con misure effettuate dall'alto verso il basso): valore misurato e valore utile

Gruppo omogeneo 1	L'_{nW} [dB]	Valore utile	M_h	C_h
A2-A1	62	63	8	3
A3-A2	62	63		
B2-B1	62	63		
B3-B2	62	63		
C2-C1	62	63		
C3-C2	61	62		
D2-D1	62	63		
D3-D2	62	63		

Tabella 224– Casi migliori e peggiori per il campionamento delle misure di calpestio (eseguite dall'alto verso il basso) sull'edificio D

Combinazioni	62,63,63	63,63,63
Media	62,7	63
s_{sh}	0,49	0
livello fiducia %	X_h [dB]	X_h [dB]
50	62,7	63
55	62,8	63
60	62,8	63
65	62,9	63
70	63	63
75	63,1	63
80	63,2	63
85	63,4	63
90	63,6	63
95	64,1	63

Tabella 225– Prove di livello di calpestio appartenenti al gruppo omogeneo 2 (tutti i solai dell’edificio D, con misure effettuate dal basso verso l’alto): valore misurato e valore utile

Gruppo omogeneo 1	L'_{nW} [dB]	Valore utile	M_h	C_h
A2-A3	54	55	4	3
B2-B3	54	55		
C2-C3	53	54		
D2-D3	51	52		

Tabella 226– Casi migliori e peggiori per il campionamento delle misure di calpestio (eseguite dal basso verso l’alto) sull’edificio D

Combinazioni	52,54,55	52,55,55	54,55,55
Media	53,7	54	54,7
s_{sh}	0,88	1	0,33
Livello fiducia %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	53,7	54	54,7
55	53,8	54,1	54,7
60	54	54,3	54,8
65	54,1	54,4	54,8
70	54,2	54,6	54,9
75	54,4	54,8	55
80	54,6	55,1	55
85	54,9	55,4	55,2
90	55,4	55,9	55,3
95	56,3	56,9	55,7

E.9 Edificio D, isolamento di facciata, campionamento (gruppi omogenei)

Tabella 227– Prove di isolamento di facciata appartenenti al gruppo omogeneo 1 (ambienti A e D): valore misurato e valore utile

Gruppo omogeneo 1	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Valore utile	M_h	C_h
A1	41	40	6	3
A2	41	40		
A3	39	38		
D1	40	39		
D2	42	41		
D3	41	40		

Tabella 228– Casi migliori e peggiori per il campionamento sulle misure di isolamento di facciata del gruppo omogeneo 1 dell'edificio D

Combinazioni	38,39,40	38,39,41	38,40,40	38,40,41	39,40,40	39,40,41	40,40,40	40,40,41
Media	39	39,3	39,3	39,7	39,7	40	40	40,3
s_{sh}	0,77	1,18	0,89	1,18	0,45	0,77	0	0,45
livello fiducia %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	39	39,3	39,3	39,7	39,7	40	40	40,3
55	38,9	39,1	39,2	39,5	39,6	39,9	40	40,2
60	38,8	39	39	39,4	39,6	39,8	40	40,2
65	38,7	38,8	38,9	39,2	39,5	39,7	40	40,1
70	38,5	38,6	38,7	39	39,4	39,5	40	40
75	38,4	38,3	38,6	38,7	39,3	39,4	40	39,9
80	38,2	38	38,4	38,4	39,2	39,2	40	39,8
85	37,9	37,7	38,1	38,1	39,1	38,9	40	39,7
90	37,5	37,1	37,6	37,5	38,8	38,5	40	39,4
95	36,8	35,9	36,7	36,3	38,4	37,8	40	39

E.10 Edificio D, isolamento di facciata, campionamento (intero edificio)

Tabella 229– Insieme di tutte le prove di isolamento di facciata appartenenti dell'edificio D: valore misurato e valore utile

<i>Misure di isolamento di facciata sull'edificio D (considerando insieme tutti gli ambienti)</i>				
Misure	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Valore utile	M_h	C_h
A1	41	40	8	3
A2	41	40		
A3	39	38		
B1	37	36		
C1	40	39		
D1	40	39		
D2	42	41		
D3	41	40		

Tabella 230– Casi migliori e peggiori per il campionamento su tutte le misure di isolamento di facciata dell'edificio D (parte I)

Combinazioni	36,38,39	36,38,40	36,38,41	36,39,39	36,39,40	36,39,41	36,40,40	36,40,41	38,39,39	38,39,40
Media	37,7	38	38,3	38	38,3	38,7	38,7	39	38,7	39
s_{sh}	1,29	1,69	2,13	1,46	1,76	2,13	1,95	2,24	0,49	0,85
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	37,7	38	38,3	38	38,3	38,7	38,7	39	38,7	39
55	37,5	37,8	38	37,8	38,1	38,4	38,4	38,7	38,6	38,9
60	37,3	37,5	37,7	37,6	37,8	38,1	38,1	38,4	38,6	38,8
65	37,1	37,3	37,4	37,4	37,5	37,8	37,8	38	38,5	38,6
70	36,9	37	37	37,1	37,2	37,4	37,5	37,6	38,4	38,5
75	36,6	36,6	36,6	36,8	36,9	37	37,1	37,2	38,3	38,3
80	36,3	36,2	36	36,5	36,4	36,4	36,6	36,6	38,2	38,1
85	35,9	35,7	35,3	36	35,9	35,7	36	35,9	38	37,8
90	35,3	34,8	34,3	35,2	35	34,7	35	34,8	37,8	37,4
95	33,9	33,1	32,1	33,7	33,2	32,5	33	32,5	37,3	36,5

Tabella 231– Casi migliori e peggiori per il campionamento su tutte le misure di isolamento di facciata dell'edificio D (parte II)

Combinazioni	38,39,41	38,40,40	38,40,41	39,39,40	39,39,41	39,40,40	39,40,41	40,40,40	40,40,41
Media	39,3	39,3	39,7	39,3	39,7	39,7	40	40	40,3
S_{sh}	1,29	0,98	1,29	0,49	0,98	0,49	0,85	0	0,49
L %	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]	X_h [dB]
50	39,3	39,3	39,7	39,3	39,7	39,7	40	40	40,3
55	39,1	39,2	39,5	39,2	39,6	39,6	39,9	40	40,2
60	38,9	39	39,3	39,2	39,4	39,6	39,8	40	40,2
65	38,7	38,9	39,1	39,1	39,3	39,5	39,6	40	40,1
70	38,5	38,7	38,9	39	39,1	39,4	39,5	40	40
75	38,2	38,5	38,6	38,9	38,9	39,3	39,3	40	39,9
80	37,9	38,3	38,3	38,8	38,7	39,2	39,1	40	39,8
85	37,5	37,9	37,9	38,6	38,3	39	38,8	40	39,6
90	36,9	37,4	37,3	38,4	37,8	38,8	38,4	40	39,4
95	35,5	36,4	35,9	37,9	36,8	38,3	37,5	40	38,9

E.11 Classificazione edificio E1, con campionamento (gruppi omogenei)

E.11.1 Edificio E1, appartamento 1

Tabella 232 – Classificazione dell'appartamento 1 dell'edificio E1, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 1		
senza campionamento		
Facciata	Xr	39,9
	classe	III
R_w	Xr	55,4
	classe	II
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	58,5
	classe	III
L_{id}	Yr	35,2
	classe	III
Z_{U1} lasse globale		2,75
		III

APP1, CON CAMPIONAMENTO										
CASO PEGGIORE										
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata	Xr	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	54,7	54,7	54,7	54,6	54,5	54,4	54,2	53,9	52,3
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	58,9	59,0	59,0	59,0	59,0	59,1	59,2	59,4	60,3
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L_{id}	Yr	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Z_{U1} classe globale		2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	3
		III	III	III	III	III	III	III	III	III

APP1, CON CAMPIONAMENTO										
CASO MIGLIORE										
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata	Xr	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	56	56,0	56,0	56,0	55,9	55,9	55,9	55,8	55,7
	classe	I	II	II	II	II	II	II	II	II
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	57,8	57,9	57,9	57,9	57,9	57,9	58,0	58,0	58,2
	classe	II	II	II	II	II	II	II	III	III
L_{id}	Yr	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Z_{U1} classe globale		2,25	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,75	2,75
		II	III	III	III	III	III	III	III	III

E.11.2 Edificio E1, appartamento 2

Tabella 233 – Classificazione dell'appartamento 2 dell'edificio E1, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 2		
senza campionamento		
Facciata	Xr	41,2
	classe	II
R_w	Xr	55,4
	classe	II
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	58,1
	classe	III
L_{id}	Yr	35,6
	classe	III
Z_{U1} lasse globale		2,5 III

APP2, CON CAMPIONAMENTO										
CASO PEGGIORE										
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata	Xr	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II
R_w	Xr	54,8	54,8	54,7	54,7	54,6	54,4	54,2	53,9	52,2
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	58,8	58,9	58,9	58,9	59,0	59,1	59,2	59,5	60,6
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L_{id}	Yr	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Z_{U1} classe globale		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,75
		III	III	III	III	III	III	III	III	III

APP2, CON CAMPIONAMENTO										
CASO MIGLIORE										
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata	Xr	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II
R_w	Xr	56	56,0	55,9	55,9	55,8	55,8	55,7	55,6	55,2
	classe	I	II	II	II	II	II	II	II	II
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	57,5	57,6	57,6	57,7	57,7	57,8	57,9	57,9	58,4
	classe	II	II	II	II	II	II	II	III	III
L_{id}	Yr	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Z_{U1} classe globale		2	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,5
		II	II	II	II	II	II	II	III	III

E.11.3 Edificio E1, classificazione per gli appartamenti 1 e 2, con campionamento sull'intero edificio

Tabella 234– Classificazione degli appartamenti al primo piano dell'edificio E1, con applicazione del campionamento sull'intero edificio (caso migliore e caso peggiore)

CON CAMPIONAMENTO SULL'INTERO EDIFICIO (APP1, 2)											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	36,7	36,6	36,5	36,5	36,4	35,8	34,9	33,8	32,0	28,3
	classe	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	NC
R_w	Xr	54,8	54,7	54,6	54,6	54,6	54,3	53,9	53,4	52,5	50,6
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	III	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	59	59	59	59	59	59,2	59,4	59,8	60,3	61,4
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L_{id}	Yr	33,5	33,8	34	34,3	34,7	35	35,5	36,3	37,4	39,8
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	IV	IV
Z_{U1} classe globale		3	3	3	3	3	3	3	3,5	3,75	
		III	III	III	III	III	III	III	III	IV	IV

CON CAMPIONAMENTO SULL'INTERO EDIFICIO (APP1, 2)											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
R_w	Xr	56,6	56,6	57	57	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	57,3	57,4	57,5	57,5	57,6	57,7	57,9	58	58	58
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
L_{id}	Yr	31,3	31,6	31,9	32,3	32,7	33,1	33,6	34,3	35,4	37,7
	classe	II	II	II	II	II	III	III	III	III	IV
Z_{U1} classe globale		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,75	1,75	1,75	1,75	2
		II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

Tra gli appartamenti 1, 2 e 3, 4, risulta diversa la prova di potere fonoisolante apparente della parete: anche considerando l'intero edificio, le pareti non risultano campionabili perché sono solo 3.

La prova di potere fonoisolante orizzontale è stata considerata nel verso che va dall'ambiente E (più grade) all'ambiente F.

E.11.4 Edificio E1, appartamento 3

Tabella 235 – Classificazione dell'appartamento 3 dell'edificio E1, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 3		
senza campionamento		
Facciata	Xr	39,5
	classe	III
R_w	Xr	56,3
	classe	I
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	58,5
	classe	III
L_{id}	Yr	29,78
	classe	I
Z_{UI}		2
lasse globale		II

APP3, CON CAMPIONAMENTO											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	39,4	39,4	39,3	39,3	39,3	39,2	39,2	39,1	39,0	38,7
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	55,9	55,8	55,8	55,7	55,6	55,4	55,2	54,8	54,2	52,9
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	58,9	59,0	59,0	59,0	59,0	59,1	59,2	59,4	59,7	60,3
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L_{id}	Yr	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{UI}		2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,5
	classe globale	II	II	II	II	II	II	II	II	II	III

APP3, CON CAMPIONAMENTO											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	39,6	39,6	39,6	39,6	39,5	39,5	39,5	39,4	39,4	39,2
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	57,6	57,5	57,5	57,5	57,5	57,4	57,4	57,3	57,2	57,1
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	57,8	57,9	57,9	57,9	57,9	57,9	58,0	58,0	58,1	58,2
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	III	III
L_{id}	Yr	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{UI}		1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	2	2
	classe globale	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

E.11.5 Edificio E1, appartamento 4

Tabella 236 – Classificazione dell'appartamento 4 dell'edificio E1, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 4		
senza campionamento		
Facciata	Xr	39,2
	classe	III
R_w	Xr	56,8
	classe	I
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	57,7
	classe	II
L_{id}	Yr	28,5
	classe	I
Z_{UI}		1,75
lasse globale		II

APP4, CON CAMPIONAMENTO											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	38,6	38,6	38,6	38,6	38,5	38,4	38,4	38,3	38,2	37,8
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	56,0	55,9	55,8	55,7	55,6	55,4	55,2	54,8	54,2	52,7
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	58,8	58,9	58,9	58,9	59,0	59,1	59,2	59,5	59,9	60,6
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L_{id}	Yr	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{UI}		2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,5
	classe globale	II	II	II	II	II	II	II	II	II	III

APP4, CON CAMPIONAMENTO											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	38,9	38,9	38,9	38,9	38,8	38,8	38,8	38,7	38,6	38,4
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	57,6	57,5	57,5	57,4	57,3	57,3	57,2	57,0	56,8	56,5
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	57,5	57,6	57,6	57,7	57,7	57,8	57,9	57,9	58,1	58,4
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	III	III
L_{id}	Yr	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{UI}		1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	2	2
	classe globale	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

E.11.6 Edificio E1, classificazione per gli appartamenti 3 e 4, con campionamento sull'intero edificio

Tabella 237 – Classificazione degli appartamenti al secondo piano dell'edificio E1, con applicazione del campionamento sull'intero edificio (caso migliore e caso peggiore)

CON CAMPIONAMENTO SULL'INTERO EDIFICIO (APP 3, 4)											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	36,7	36,6	36,5	36,5	36,4	35,8	34,9	33,8	32,0	28,3
	classe	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	NC
R_w	Xr	55,5	55,4	55,3	55,3	55,2	54,9	54,5	53,8	52,9	50,8
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	III	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	59	59	59	59	59	59,2	59,4	59,8	60,3	61,4
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L_{id}	Yr	33,5	33,8	34	34,3	34,7	35	35,5	36,3	37,4	39,8
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	IV	IV
Z_{U1} classe globale		3	3	3	3	3	3	3	3,5	3,75	
		III	III	III	III	III	III	III	III	IV	IV

CON CAMPIONAMENTO SULL'INTERO EDIFICIO (APP 3, 4)											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
R_w	Xr	57,8	57,7	58	58	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	57,3	57,4	57,5	57,5	57,6	57,7	57,9	58	58	58
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
L_{id}	Yr	31,3	31,6	31,9	32,3	32,7	33,1	33,6	34,3	35,4	37,7
	classe	II	II	II	II	II	III	III	III	III	IV
Z_{U1} classe globale		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,75	1,75	1,75	1,75	2
		II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

La prova di potere fonoisolante orizzontale è stata considerata nel verso che va dall'ambiente E (più grade) all'ambiente F.

E.11.7 Edificio E1, appartamento 5

Tabella 238 – Classificazione dell'appartamento 5 dell'edificio E1, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 5		
senza campionamento		
Facciata	Xr	37,6
	classe	III
R_w	Xr	55,4
	classe	II
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	51,1
	classe	I
L_{id}	Yr	NP
	classe	NP
Z_{U1}		2
lasse globale		II

APP5, CON CAMPIONAMENTO											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	38,0	38,0	38,0	38,0	37,9	37,8	37,8	37,7	37,5	37,0
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	55,4	55,3	55,3	55,2	55,1	55,0	54,8	54,4	53,9	52,7
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	51,5	51,5	51,6	51,6	51,7	51,8	51,8	51,9	52,3	52,8
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{U1}		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,3
	classe globale	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

APP5, CON CAMPIONAMENTO											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	38,4	38,4	38,4	38,4	38,3	38,2	38,2	38,1	38,0	37,8
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	56,9	56,9	56,9	56,8	56,8	56,8	56,8	56,7	56,6	56,5
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	51,0	51,1	51,2	51,2	51,3	51,4	51,5	51,6	51,9	52,3
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{U1}		1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
	classe globale	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

E.11.8 Edificio E1, appartamento 6

Tabella 239 – Classificazione dell'appartamento 5 dell'edificio E1, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 6		
senza campionamento		
Facciata	Xr	38,2
	classe	III
R_w	Xr	56,2
	classe	I
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	51,1
	classe	I
L_{id}	Yr	NP
	classe	NP
Z_{U1} lasse globale		1,7 II

APP6, CON CAMPIONAMENTO											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	38,0	38,0	38,0	38,0	37,9	37,9	37,9	37,8	37,6	37,3
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	55,5	55,4	55,4	55,3	55,2	55,0	54,8	54,4	53,8	52,5
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0	51,1	51,1	51,2	51,3	51,7
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{U1} classe globale		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,3
		II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

APP6, CON CAMPIONAMENTO											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	38,3	38,3	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,1	38,0	37,8
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	56,9	56,8	56,8	56,8	56,7	56,6	56,5	56,4	56,2	56,0
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	50,7	50,7	50,8	50,8	50,8	50,9	50,9	51,0	51,1	51,4
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{U1} classe globale		1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2
		II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

E.11.9 Edificio E1, classificazione per gli appartamenti 5 e 6, con campionamento sull'intero edificio

Tabella 240 – Classificazione dell'appartamento 5 dell'edificio E1, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

CON CAMPIONAMENTO SULL'INTERO EDIFICIO (APP5, 6)											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	36,7	36,6	36,5	36,5	36,4	35,8	34,9	33,8	32,0	28,3
	classe	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	NC
R_w	Xr	55,0	55,0	54,9	54,9	54,8	54,5	54,1	53,6	52,6	50,7
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	III	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	51,7	51,8	51,8	51,9	52	52,1	52,3	52,6	53,1	54
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	II	II
Z_{UI} classe globale		2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	3	3,3
		II	II	II	II	II	II	II	II	III	III

CON CAMPIONAMENTO SULL'INTERO EDIFICIO (APP5, 6)											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
R_w	Xr	57,1	57,0	57	57	56,9	56,9	56,9	56,9	56,9	56,9
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	50,3	50,4	50,4	50,5	50,6	50,7	50,8	51	51	51
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{UI} classe globale		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

La prova di potere fonoisolante orizzontale è stata considerata nel verso che va dall'ambiente E (più grade) all'ambiente F.

E.12 Classificazione edificio D, con campionamento (gruppi omogenei)

E.12.1 Edificio D, appartamento 1

Tabella 241 – Classificazione dell'appartamento 1 dell'edificio D, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 1		
senza campionamento		
Facciata	Xr	37,6
	classe	III
R_w	Xr	50,5
	classe	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	63
	classe	III
L_{id}	Yr	27,3
	classe	I
Z_{U1}		2,5
lasse globale		III

APP1, CON CAMPIONAMENTO (*)											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]		50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata	Xr	37,9	37,8	37,8	37,8	37,7	37,6	37,5	37,3	37,0	36,4
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	IV
R_w	Xr	50	50	50	50	50	49,8	49,5	49	48,2	46,7
	classe	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	63	63	63	63	63	63,1	63,2	63,4	63,6	64,1
	classe	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
L_{id}	Yr	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{U1}		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3	3	3	3,25
	classe globale	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

APP1, CON CAMPIONAMENTO (*)											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]		50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata	Xr	38,3	38,3	38,3	38,3	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	52,3	52,2	52,2	52,1	52	51,9	51,8	51,6	51,4	50,9
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	62,7	62,8	62,8	62,9	63	63	63	63	63	63
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L_{id}	Yr	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{U1}		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	classe globale	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

(*) Per gli impianti discontinui è stato possibile fare 3 misure su 4 ed in questo caso sono stati utilizzati per il calcolo i singoli valori L_{id} rilevati in ciascuna U.I. Anche utilizzando il campionamento, e considerando il valore rappresentativo del gruppo omogeneo il requisito di isolamento di facciata resterebbe comunque in classe I

E.12.2 Edificio D, appartamento 2

Tabella 242 – Classificazione dell'appartamento 2 dell'edificio D, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 2		
senza campionamento		
Facciata	Xr	39,0
	classe	III
R_w	Xr	50,9
	classe	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	63
	classe	III
L_{id}	Yr	28,5
	classe	I
Z_{UI} lasse globale		2,5 III

APP2, CON CAMPIONAMENTO (*)											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	39,0	38,9	38,9	38,8	38,7	38,6	38,5	38,3	37,9	37,2
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	50	50	50	50	50	49,8	49,5	49	48,2	46,7
	classe	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	63	63	63	63	63	63,1	63,2	63,4	63,6	64,1
	classe	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
L_{id}	Yr	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{UI} classe globale		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3	3	3	3
		III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

APP2, CON CAMPIONAMENTO (*)											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	39,6	39,6	39,6	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	52,3	52,2	52,2	52,1	52	51,9	51,8	51,6	51,4	50,9
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	62,7	62,8	62,8	62,9	63	63	63	63	63	63
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L_{id}	Yr	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{UI} classe globale		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

(*) Per gli impianti discontinui è stato possibile fare 3 misure su 4 ed in questo caso sono stati utilizzati per il calcolo i singoli valori L_{id} rilevati in ciascuna U.I. Anche utilizzando il campionamento, e considerando il valore rappresentativo del gruppo omogeneo il requisito di isolamento di facciata resterebbe comunque in classe I

E.12.3 Edificio D, appartamento 3

Tabella 243 – Classificazione dell'appartamento 3 dell'edificio D, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 3		
senza campionamento		
Facciata	Xr	40,0
	classe	II
R_w	Xr	50,5
	classe	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	63
	classe	III
L_{id}	Yr	26,8
	classe	I
Z_{UI}		2,25
lasse globale		II

APP3, CON CAMPIONAMENTO (*)											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	39,0	38,9	38,8	38,7	38,5	38,3	38,0	37,7	37,1	35,9
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	IV
R_w	Xr	50	50	50	50	50	49,8	49,5	49	48,2	46,7
	classe	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	63	63	63	63	63	63,1	63,2	63,4	63,6	64,1
	classe	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
L_{id}	Yr	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{UI}		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3	3	3	3,25
	classe globale	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

APP3, CON CAMPIONAMENTO (*)											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	40,3	40,2	40,2	40,1	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
R_w	Xr	52,3	52,2	52,2	52,1	52	51,9	51,8	51,6	51,4	50,9
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	62,7	62,8	62,8	62,9	63	63	63	63	63	63
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L_{id}	Yr	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{UI}		2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
	classe globale	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

(*) Per gli impianti discontinui è stato possibile fare 3 misure su 4 ed in questo caso sono stati utilizzati per il calcolo i singoli valori L_{id} rilevati in ciascuna U.I. Anche utilizzando il campionamento, e considerando il valore rappresentativo del gruppo omogeneo il requisito di isolamento di facciata resterebbe comunque in classe I

E.12.4 Edificio D, appartamento 4

Tabella 244 – Classificazione dell'appartamento 4 dell'edificio D, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 4		
senza campionamento		
Facciata	Xr	41,0
	classe	II
R_w	Xr	51,6
	classe	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	62,5
	classe	III
L_{id}	Yr	NV
	classe	NV
Z_{UI}		2,7
lasse globale		III

APP4, CON CAMPIONAMENTO (**)											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	39,0	38,9	38,8	38,7	38,5	38,3	38,0	37,7	37,1	35,9
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	IV
R_w	Xr	50	50	50	50	50	49,8	49,5	49	48,2	46,7
	classe	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	63	63	63	63	63	63,1	63,2	63,4	63,6	64,1
	classe	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
L_{id}	Yr	26,1	26,2	26,2	26,3	26,4	26,5	26,6	26,8	27	27,6
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{UI}		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3	3	3	3,25
	classe globale	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

APP4, CON CAMPIONAMENTO (**)											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	40,3	40,2	40,2	40,1	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
R_w	Xr	52,3	52,2	52,2	52,1	52	51,9	51,8	51,6	51,4	50,9
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L'_{nw} (dall'alto)	Yr	62,7	62,8	62,8	62,9	63	63	63	63	63	63
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L_{id}	Yr	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1
	classe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{UI}		2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
	classe globale	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

(**) Per gli impianti discontinui è stato utilizzato il valore derivante dal campionamento (utilizzando gli altri tre valori misurati)

Se si fosse considerato non verificabile il rumore d'impianto discontinuo, la classe globale (nel caso migliore e in quello più sfavorevole derivante da campionamento) sarebbe peggiorata. I risultati in tale condizione sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 245– Classificazione dell'appartamento 4 dell'edificio D con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore) e considerando non verificabile il rumore dovuto agli impianti discontinui

APP4, CON CAMPIONAMENTO (considerando il requisito del rumore dovuto agli impianti discontinui non verificabile, NV)										
CASO PEGGIORE										
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
ZUI	3	3	3	3	3	3,7	3,7	3,7	3,7	4
classe globale	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV

CASO MIGLIORE										
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
ZUI	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
classe globale	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

E.12.5 Edificio D, appartamento 5

Tabella 246 – Classificazione dell'appartamento 5 dell'edificio D, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 5		
senza campionamento		
Facciata	Xr	38,0
	classe	III
R_w	Xr	50,5
	classe	III
L'_{nw} (dal basso)	Yr	55
	classe	II
L_{id}	Yr	NP
	classe	NP
Z_{U1} lasse globale		2,7 III

APP5, CON CAMPIONAMENTO											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]		50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata	Xr	37,9	37,8	37,8	37,8	37,7	37,6	37,5	37,3	37,0	36,4
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	IV
R_w	Xr	50	50	50	50	50	49,8	49,5	49	48,2	46,7
	classe	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
L'_{nw} (dal basso)	Yr	54,7	54,7	54,8	54,8	54,9	55	55,1	55,4	55,9	56,9
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Z_{U1} classe globale		2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3	3	3	3	3,3
		III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

APP5, CON CAMPIONAMENTO											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]		50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata	Xr	38,3	38,3	38,3	38,3	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	52,3	52,2	52,2	52,1	52	51,9	51,8	51,6	51,4	50,9
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L'_{nw} (dal basso)	Yr	53,7	53,8	54	54,1	54,2	54,4	54,6	54,9	55,3	55,7
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Z_{U1} classe globale		2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
		III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

E.12.6 Edificio D, appartamento 6

Tabella 247 – Classificazione dell'appartamento 6 dell'edificio D, con misura di tutti gli elementi tecnici, e con applicazione del campionamento (caso migliore e caso peggiore)

APP 6		
senza campionamento		
Facciata	Xr	40,0
	classe	II
R_w	Xr	52,47
	classe	III
L'_{nw} (dal basso)	Yr	53,11413
	classe	II
L_{id}	Yr	NP
	classe	NP
Z_{U1} lasse globale		2,3
		II

APP6, CON CAMPIONAMENTO											
CASO PEGGIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	39,5	39,4	39,4	39,3	39,2	39,1	38,9	38,7	38,3	37,5
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
R_w	Xr	50	50	50	50	50	49,8	49,5	49	48,2	46,7
	classe	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
L'_{nw} (dal basso)	Yr	54,7	54,7	54,8	54,8	54,9	55	55,1	55,4	55,9	56,9
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Z_{U1} classe globale		2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3	3	3	3	3,0
		III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

APP6, CON CAMPIONAMENTO											
CASO MIGLIORE											
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
Facciata	Xr	40,3	40,2	40,2	40,1	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
R_w	Xr	52,3	52,2	52,2	52,1	52	51,9	51,8	51,6	51,4	50,9
	classe	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
L'_{nw} dal basso	Yr	53,7	53,8	54	54,1	54,2	54,4	54,6	54,9	55,3	55,7
	classe	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Z_{U1} classe globale		2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
		II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

E.12.7 Edificio D, classificazione per gli appartamenti 1, 2, 3, 4, con campionamento sull'intero edificio

Utilizzando l'ipotesi alternativa che prevede di considerare in un unico gruppo tutte le facciate, e utilizzando il campionamento anche per il livello immesso dagli impianti discontinui i risultati sono i seguenti (per sinteticità non si riportano le righe corrispondenti al potere fonoisolante apparente e al calpestio, dato che rimangono invariate).

Tabella 248– Classificazione dell'appartamenti 1, 2, 3, 4 dell'edificio D con applicazione del campionamento sull'intero edificio (caso migliore e caso peggiore)

APP1, 2, 3, 4 CON CAMPIONAMENTO SULL'INTERO EDIFICIO										
CASO PEGGIORE										
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata Xr classe	37,7	37,5	37,3	37,1	36,9	36,6	36	35,3	34,3	32,1
	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV	IV
L_{id} Yr classe	26,1	26,2	26,2	26,3	26,4	26,5	26,6	26,8	27	27,6
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{U1} classe globale	2,5	2,5	2,5	2,5	2,75	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25
	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

APP1, 2, 3, 4 CON CAMPIONAMENTO SULL'INTERO EDIFICIO										
CASO MIGLIORE										
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata Xr classe	40,3	40,2	40,2	40,1	40	40	40	40	40	40
	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
L_{id} Yr classe	26,1	26,2	26,2	26,3	26,4	26,5	26,6	26,8	27	27,6
	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Z_{U1} classe globale	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

E.12.8 Edificio D, classificazione per gli appartamenti 5, 6, con campionamento sull'intero edificio

Per i due appartamenti all'ultimo piano, utilizzando il campionamento sull'intero edificio, l'unico parametro che varia è l'isolamento di facciata, i risultati ottenuti per il campionamento, considerando insieme tutte le facciate, sono i seguenti (per sinteticità non si riportano le righe corrispondenti al potere fonoisolante apparente e al calpestio, dato che rimangono invariate).

Tabella 249– Classificazione dell'appartamento 1 dell'edificio D con applicazione del campionamento sull'intero edificio (caso migliore e caso peggiore)

APP1, CON CAMPIONAMENTO, considerando tutte le facciate insieme										
CASO PEGGIORE										
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata Xr classe	37,7 III	37,5 III	37,3 III	37,1 III	36,9 IV	36,6 IV	36 IV	35,3 IV	34,3 IV	32,1 IV
Z_U classe globale	2,7 III	2,7 III	2,7 III	2,7 III	3 III	3,3 III	3,3 III	3,3 III	3,3 III	3,3 III

APP1, CON CAMPIONAMENTO, considerando tutte le facciate insieme										
CASO MIGLIORE										
Livello di fiducia [%]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Facciata Xr classe	40,3 II	40,2 II	40,2 II	40,1 II	40 II	40 II	40 II	40 II	40 II	40 II
Z_U classe globale	2,3 II	2,3 II	2,3 II	2,3 II	2,3 II	2,3 II	2,3 II	2,3 II	2,3 II	2,3 II

F Classificazione per l'edificio E1,utilizzando metodi di misura semplificati

F.1 Classificazione per l'edificio E1 (civico 177), utilizzando le misure eseguite secondo la norma UNI EN ISO 10052, per bande di 1/3 d'ottava

Tabella 250 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 1 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 1/3 ottava")

APPARTAMENTO 1 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A1	B1	D1	E1	X_r 40,4	classe II (III)	Z_r 2	
	Valore utile	44	41	40 (+1)	NV				
R'_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A1	B2-B1	D2-D1	E2-E1	$X_{r,vert}$ 53,7	X_r 54,3	classe II	Z_r 2
	Valore utile	57	53 (-1)	54	56 (-1)				
R'_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F1-E1				$X_{r,orizz}$ 55,0			
	Valore utile	56 (-2)							
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A1	B2-B1	D2-D1	E2-E1	Y_r 59,0	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	58 (+1)	58	58 (+1)	58				
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	B1				Y_r 35,2	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	32,8							
$Z_{U1} = 2,5$ (2,75)									

Tabella 251 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 2 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 1/3 ottava")

APPARTAMENTO 2 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F1	G1	C1		X_r 41,2	classe II	Z_r 2	
	Valore utile	41	42	44					
R'_w (verticale) [dB]	Valore misurato	F2-F1	G2-G1	C2-C1		$X_{r,vert}$ 54,7	X_r 54,9	classe II	Z_r 2
	Valore utile	58 (-1)	56	54					
R'_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	E1-F1				$X_{r,orizz}$ 55,0			
	Valore utile	56 (-1)							
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	C2-C1	F2-F1	G2-G1		Y_r 58,4	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	58	56	58 (+1)					
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	C1				Y_r 35,6	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	33,2							
$Z_{U1} = 2,5$									

Tabella 252 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 3 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 1/3 ottava")

APPARTAMENTO 3 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A2	B2	D2	E2		X_r 40,1	classe II (III)	Z_r 2
	Valore utile	44	41	42 (+1)	39 (+1)				
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A1-A2	B1-B2	D1-D2	E1-E2	$X_{r,vert}$ 54,2	X_r 55,7	classe II (I)	Z_r 2
	Valore utile	56 (-1)	54	56 (+1)	56 (-1)				
	Valore misurato	A3-A2	B3-B2	D3-D2	E3-E2				
	Valore utile	56	53 (-1)	56	56 (-1)				
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F2-E2				$X_{r,orizz}$ 58,0			
	Valore utile	59 (-1)							
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	A3-A2	B3-B2	D3-D2	E3-E2	Y_r 59,1	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	58	59 (+1)	57	58 (+1)				
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	B2				Y_r 29,8	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	27,4							
$Z_{UI} = 2$									

Tabella 253 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 4 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 1/3 ottava")

APPARTAMENTO 4 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F2	G2	C2		X_r 39,5	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	39	42 (+1)	41					
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	F1-F2	G1-G2	C1-C2	$X_{r,vert}$ 54,4	X_r 56,1	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	59 (+1)	55 (-2)	54					
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F3-F2	G3-G2	3C-2C	$X_{r,orizz}$ 59,0				
	Valore utile	55 (-1)	56 (-1)	55					
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	E2-F2							
	Valore utile	60 (-1)							
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	C3-C2	F3-F2	G3-G2	Y_r 58,9	classe II	Z_r 2		
	Valore utile	57	57 (+1)	57					
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	C2			Y_r 28,5	classe I	Z_r 1		
	Valore utile	26,1							
$Z_{UI} = 1,75$									

Tabella 254 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 5 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 1/3 ottava")

APPARTAMENTO 5 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A3 NV	B3 NV	D3 42 (+1)	E3 38 (+1)	X_r 37,6	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	NV	NV	41	37				
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A3 56 (-1)	B2-B3 55	D2-D3 56	E2-E3 55 (-1)	$X_{r,vert}$ 54,5	X_r 54,7	classe II	Z_r 2
	Valore utile	55	54	55	54				
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F3-E3 56 (-1)				$X_{r,orizz}$ 55,0			
	Valore utile	55							
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A3 51 (+1)	B2-B3 50 (+1)	D2-D3 51	E2-E3 50	Y_r 51,5	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	50	51	52	51				
L_{id} [dB(A)]						Y_r NP	classe NP	Z_r -	
$Z_{U1} = 2,0$									

Tabella 255 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 6 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 1/3 ottava")

APPARTAMENTO 6 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F3 39 (+1)	G3 42 (+1)	C3 38 (-1)		X_r 38,4	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	38	41	37					
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	F2-F3 56	G2-G3 58 (+1)	C2-C3 55		$X_{r,vert}$ 55,2	X_r 55,6	classe II (I)	Z_r 2
	Valore utile	55	57	54					
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	E3-F3 57 (-2)				$X_{r,orizz}$ 56,0			
	Valore utile	56							
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	C2-C3 50	F2-F3 49	G2-G3 50 (-1)		Y_r 50,7	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	51	50	49					
L_{id} [dB(A)]						Y_r NP	classe NP	Z_r -	
$Z_{U1} = 2,0$ (1,7)									

F.2 Classificazione per l'edificio E1 (civico 177), utilizzando le misure eseguite secondo la norma UNI EN ISO 10052, per bande d'ottava e con tempi di riverbero tabulari

Tabella 256 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 1 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 T rev tab")

APPARTAMENTO 1 - PALAZZINA E1								
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A1	B1	D1	E1	X_r 39,2	classe III	Z_r 3
	Valore utile	42 (-2) 41	40 (-1) 39	39 38	NV NV			
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A1	B2-B1	D2-D1	E2-E1	$X_{r,vert}$ 51,9	classe III (II)	Z_r 3
	Valore utile	54 (-3) 53	52 (-2) 51	52 (-2) 51	54 (-3) 53			
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F1-E1				$X_{r,orizz}$ 53,0	classe III (II)	Z_r 3
	Valore utile	54 (-4) 53						
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A1	B2-B1	D2-D1	E2-E1	Y_r 60,3	classe III	Z_r 3
	Valore utile	60 (+3) 61	59 (+1) 60	59 (+2) 60	59 (+1) 60			
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	B1				Y_r 35,2	classe III	Z_r 3
	Valore utile	32,8 35,2						
$Z_{U1} = 3,0 \dots (2,75)$								

Tabella 257 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 2 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 T rev tab")

APPARTAMENTO 2 - PALAZZINA E1								
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F1	G1	C1	X_r 39,2	classe III (II)	Z_r 3	
	Valore utile	39 (-2) 38	40 (-2) 39	42 (-2) 41				
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	F2-F1	G2-G1	C2-C1	$X_{r,vert}$ 52,7	classe II	Z_r 2	
	Valore utile	58 (-1) 57	53 (-3) 52	52 (-2) 51				
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	E1-F1				$X_{r,orizz}$ 55,0	classe III	Z_r 3
	Valore utile	56 (-1) 55						
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	C2-C1	F2-F1	G2-G1	Y_r 60,6	classe III	Z_r 3	
	Valore utile	61 (+3) 62	57 (+1) 58	60 (+3) 61				
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	C1				Y_r 35,6	classe III	Z_r 3
	Valore utile	33,2 35,6						
$Z_{U1} = 2,75 \quad (2,5)$								

Tabella 258 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 3 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 T rev tab")

APPARTAMENTO 3 - PALAZZINA E1												
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A2	B2	D2	E2		X_r 38,2	classe III	Z_r 3			
	Valore utile	42 (-2) 41	42 (+1) 41	40 (-1) 39	36 (-2) 35							
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A1-A2	B1-B2	D1-D2	E1-E2	$X_{r,vert}$ 52,1	X_r 53,9	classe II (I)	Z_r 2			
	Valore utile	54 (-3) 53	52 (-2) 51	53 (-2) 52	54 (-3) 53							
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	A3-A2	B3-B2	D3-D2	E3-E2	$X_{r,orizz}$ 57,0						
	Valore utile	53 (-3) 52	52 (-2) 51	53 (-3) 52	54 (-3) 53							
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	F2-E2										
	Valore utile	58 (-2) 57										
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	A3-A2	B3-B2	D3-D2	E3-E2	Y_r 60,5	classe III	Z_r 3				
	Valore utile	60 (+2) 61	59 (+1) 60	60 (+3) 61	59 (+2) 60							
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	B2				Y_r 29,8	classe I	Z_r 1				
	Valore utile	27,4 29,8										
$Z_{UI} = 2,25$ (2,0)												

Tabella 259 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 4 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 T rev tab")

APPARTAMENTO 4 - PALAZZINA E1											
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F2	G2	C2		X_r 37,6	classe III	Z_r 3			
	Valore utile	38 (-1) 37	40 (-1) 39	38 (-3) 37							
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	F1-F2	G1-G2	C1-C2	$X_{r,vert}$ 51,7	X_r 53,6	classe II (I)	Z_r 2			
	Valore utile	57 (-1) 56	53 (-4) 52	50 (-4) 49							
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F3-F2	G3-G2	C3-C2	$X_{r,orizz}$ 57,0						
	Valore utile	53 (-3) 52	54 (-3) 53	52 (-3) 51							
L'_{nW} (verticale) [dB]	Valore misurato	E2-F2									
	Valore utile	58 (-3) 57									
L_{id} [dB(A)]	Valore misurato	C3-C2	F3-F2	G3-G2	Y_r 59,8	classe III (II)	Z_r 3				
	Valore utile	60 (+3) 61	57 (+1) 58	59 (+2) 60							
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	C2			Y_r 28,5	classe I	Z_r 1				
	Valore utile	26,1 28,5									
$Z_{UI} = 2,25$ (1,75)											

Tabella 260 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 5 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 T rev tab")

APPARTAMENTO 5 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	A3 NV	B3 NV	D3 40 (-1)	E3 36 (-1)		X_r 36,6	classe IV (III)	Z_r 4
	Valore utile	NV	NV	39	35				
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A3 54 (-3)	B2-B3 54 (-1)	D2-D3 54 (-2)	E2-E3 54 (-2)	$X_{r,vert}$ 53,0	X_r 53,5	classe II	Z_r 2
	Valore utile	53	53	53	53				
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	F3-E3 55 (-2)				$X_{r,orizz}$ 54,0			
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	A2-A3 52 (+2)	B2-B3 50 (+1)	D2-D3 52 (+1)	E2-E3 52 (+2)	Y_r 52,6	classe I	Z_r 1	
	Valore utile	53	51	53	53				
L_{id} [dB(A)]						Y_r NP	classe NP	Z_r -	
$Z_{UI} = 2,3$ (2,0)									

Tabella 261 - Misure e calcoli per la classificazione dell'U.I. 6 della palazzina E1 (con fori di aerazione in facciata chiusi) (misure con il metodo "UNI EN ISO 10052 T rev tab")

APPARTAMENTO 6 - PALAZZINA E1									
$D_{2m,nT,W}$ [dB]	Valore misurato	F3 37 (-1)	G3 39 (-2)	C3 36 (-3)		X_r 36,2	classe IV (III)	Z_r 4	
	Valore utile	36	38	35					
R_w (verticale) [dB]	Valore misurato	F2-F3 54 (-2)	G2-G3 55 (-2)	C2-C3 52 (-3)		$X_{r,vert}$ 52,5	X_r 53,2	classe II (I)	Z_r 2
	Valore utile	53	54	51					
R_w (orizzontale) [dB]	Valore misurato	E3-F3 55 (-4)				$X_{r,orizz}$ 54,0			
L'_{nw} (verticale) [dB]	Valore misurato	C2-C3 53 (+3)	F2-F3 51 (+2)	G2-G3 53 (+2)		Y_r 53,4	classe II (I)	Z_r 2	
	Valore utile	54	52	54					
L_{id} [dB(A)]						Y_r NP	classe NP	Z_r -	
$Z_{UI} = 2,7$ (1,7)									

G Norma UNI ISO 5725-2 per il calcolo di ripetibilità e riproducibilità

Le due caratteristiche che definiscono l'accuratezza di un metodo di misurazione sono l'esattezza e la precisione. L'esattezza indica la concordanza fra la media aritmetica di un gran numero di risultati di prova ed il valore vero, o quello accettato come riferimento. La precisione indica la concordanza tra i risultati di prova.

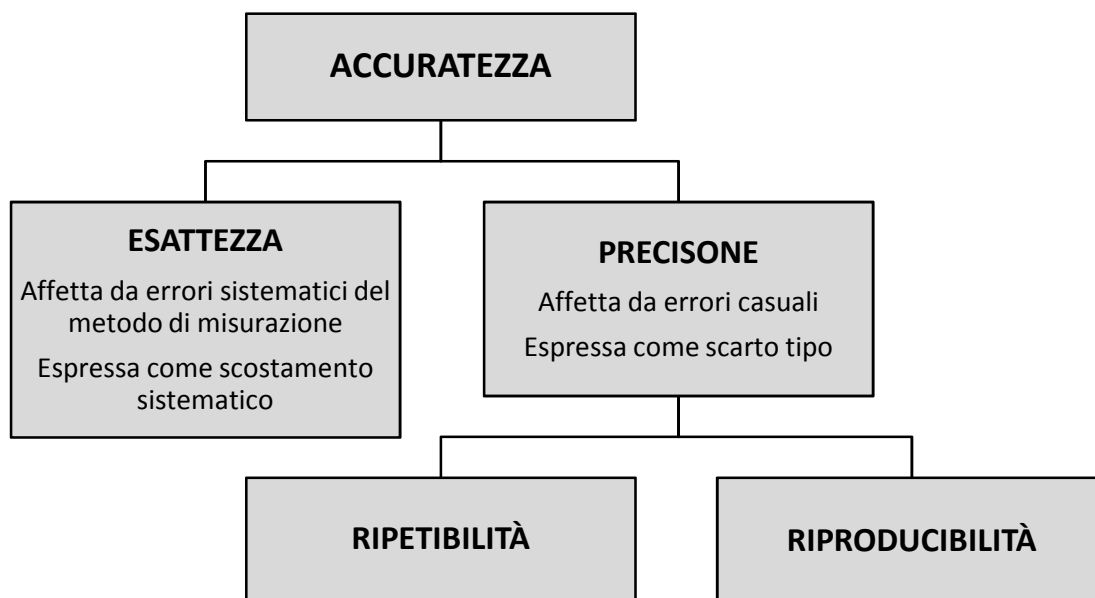


Figura 180 – Schema dei termini che compongono l'accuratezza

Un gran numero di fattori influiscono sul risultato di una misurazione e non è possibile tenerli tutti sotto controllo; nell'analisi dei dati è necessario tener conto di questa variabilità.

I seguenti fattori possono contribuire alla variabilità dei risultati di un metodo di misurazione:

- l'operatore;
- le apparecchiature utilizzate;
- la taratura delle apparecchiature;
- l'ambiente (temperatura, umidità,...);
- il tempo che intercorre tra le misurazioni.

La precisione è un termine generale che esprime la variabilità tra misurazioni ripetute.

Esistono due diverse condizioni di precisione: la ripetibilità e la riproducibilità.

In condizioni di ripetibilità tutti i fattori di variabilità, da a) ad e) restano costanti e non contribuiscono alla variabilità.

In condizioni di riproducibilità tali fattori variano e contribuiscono alla variabilità dei risultati di prova: le prove vengono effettuate in laboratori diversi per cui variano gli operatori, le attrezzature e la loro taratura, le condizioni ambientali ed il tempo; inoltre ci sono anche effetti supplementari dovuti alla diversa gestione e manutenzione dei laboratori, ecc.

Ripetibilità e riproducibilità costituiscono due condizioni estreme di precisione:

- la ripetibilità indica la variabilità minima;
- la riproducibilità indica la variabilità massima dei risultati di prova.

In genere la precisione è espressa in termini di scarto tipo

G.1 Termini e definizioni

Valore osservato. Valore di una caratteristica ottenuto come risultato di una singola osservazione.

Risultato di prova. Valore di una caratteristica ottenuto seguendo un metodo di prova specificato.

Il metodo di prova può richiedere più osservazioni individuali, in tal caso dev'essere specificato anche se il risultato di prova dev'essere essere costituito dalla media aritmetica dei valori osservati o da altre funzioni adeguate (come la mediana o lo scarto tipo); inoltre può anche essere richiesto che vengano apportate delle correzioni al/i valore/i osservato/i. In tal modo il risultato di prova può essere un risultato calcolato a partire da più valori osservati; questo è la condizione che si verifica, nel caso delle misure di acustica edilizia.

Livello della prova in un esperimento di precisione. Media generale dei risultati di prova di tutti i laboratori per un particolare materiale o campione sottoposto a prova.

Nel caso dell'acustica i livelli di prova coincidono con le frequenze ed un livello è generalmente utilizzato per l'indice unico di valutazione.

Classe o cella in un esperimento di precisione. Risultati di prova per uno specifico livello, ottenuti da un laboratorio.

Accuratezza. Grado di concordanza tra un risultato di prova e il valore di riferimento accettato

Il termine accuratezza, applicato ad un insieme di risultati di prova implica una combinazione delle componenti casuali e di un errore sistematico comune.

Va sottolineato che nel caso dell'acustica non è esiste un valore vero; ad esempio nei test interlaboratorio, il valore di riferimento viene fatto coincidere con la media generale.

Esattezza. Grado di concordanza tra il valore medio ottenuto a partire da un gran insieme di risultati di prova e un valore di riferimento accettato.

La misura dell'esattezza è in genere indicata come scostamento sistematico.

Dato che, come già detto, nelle misure acustiche non esiste un valore vero, l'esattezza non viene considerata.

Precisione. Grado di concordanza tra risultati di prova indipendenti ottenuti nelle condizioni stabilite.

La precisione dipende solo dalla distribuzione degli errori casuali e non è in relazione con il valore vero o di riferimento.

La precisione è solitamente espressa in termini di imprecisione mediante lo scarto tipo dei risultati di prova: una precisione minore porta ad uno scarto tipo più grande.

Quando ci si riferisce a risultati di prova indipendenti si intende che i risultati devono essere ottenuti in modo da non essere influenzati da un risultato precedente sullo stesso oggetto di prova o su uno similare.

Ripetibilità. Precisione in condizioni di ripetibilità.

Condizioni di ripetibilità. Condizioni in cui i risultati di prova indipendenti vengono ottenuti con lo stesso metodo, su un identico materiale, nello stesso laboratorio, dallo stesso operatore, usando la stessa apparecchiatura.

Scarto tipo di ripetibilità. Scarto tipo dei risultati di prova in condizioni di ripetibilità.

Limite di ripetibilità, r . Valore al di sotto o in corrispondenza del quale dovrebbe cadere, con una probabilità del 95%, la differenza assoluta tra due risultati di prova ottenuti in condizioni di ripetibilità.

Riproducibilità. Precisione in condizioni di riproducibilità.

Condizioni di riproducibilità. Condizioni in cui i risultati di prova indipendenti vengono ottenuti con lo stesso metodo, su entità di prova identiche, in laboratori differenti, da operatori diversi e usando apparecchiature diverse.

Scarto tipo di riproducibilità. Scarto tipo dei risultati di prova in condizioni di riproducibilità.

Lo scarto tipo di riproducibilità è un parametro di dispersione della distribuzione dei risultati di prova in condizioni di riproducibilità.

Limite di riproducibilità, R . Valore al di sotto o in corrispondenza del quale dovrebbe cadere, con una probabilità del 95%, il valore

Esperimento di valutazione collaborativa. Prova interlaboratorio in cui la prestazione di ciascun laboratorio è valutata utilizzando lo stesso metodo di misurazione normalizzato su un materiale identico.

Va osservato che le definizioni riportate per lo scostamento sistematico e per lo scarto tipo di ripetibilità e riproducibilità, si riferiscono a valori teorici. In realtà, nella determinazione sperimentale di tali parametri, essi vengono calcolati in termini statistici e, in quanto stime delle grandezze teoriche, sono soggetti ad errori. Di solito essi vengono determinati con un'incertezza all'incirca del 95%.

G.2 Requisiti di un esperimento di precisione

In un esperimento collaborativo, la prova viene eseguita a q livelli differenti, da p laboratori, ognuno dei quali effettua n risultati di prova, replicati in condizioni di ripetibilità, per ognuno dei q livelli.

- Ciascun gruppo di n misurazioni deve essere eseguito in condizioni di ripetibilità ed in modo indipendente (come se si trattasse di n prove diverse).
- Un requisito fondamentale alla base della serie di norme UNI ISO 5725 è che, nell'applicazione di un metodo di misurazione normalizzato, la ripetibilità sia approssimativamente la stessa per tutti i laboratori che utilizzano tale metodo, in modo che sia possibile ottenere uno scarto tipo di ripetibilità comune applicabile a qualsiasi laboratorio.
- Perché un esperimento di precisione possa essere attuato, il metodo di misura applicato deve essere normato, deve dare origine a misure su scala continua e deve produrre un unico valore come risultato.
- Si suppone che la distribuzione dei risultati di prova si approssimativamente normale.

G.3 Modello statistico di base

Per stimare l'accuratezza (esattezza e precisione) di un metodo di misurazione, è opportuno assumere che ogni singolo risultato di prova, y , sia la somma di tre termini:

$$y = m + B + e$$

dove, per ogni singolo materiale in prova:

m è la media generale della grandezza da misurare (speranza matematica);

B è la componente di laboratorio dello scostamento sistematico in condizioni di ripetibilità;

e è l'errore casuale che si verifica in ogni misurazione in condizioni di ripetibilità.

Il **termine B** va considerato costante nel caso tutte le prove siano eseguite in condizioni di ripetibilità. Nei casi più generali si considera una distribuzione normale delle componenti di laboratorio dello scostamento sistematico e quest'assunzione sta alla base dei procedimenti indicati nella norma UNI ISO 5725-2.

La varianza di B è detta varianza interlaboratorio (tra i diversi laboratori):

$$\text{var}(B) = \sigma_L^2$$

σ_L^2 comprende la variabilità tra i diversi operatori e la variabilità fra le diverse apparecchiature.

In generale B può considerarsi come la somma di componenti casuali e sistematiche.

Il **termine di errore e** rappresenta l'errore casuale insito in tutte le misure. I procedimenti descritti nella serie di norme UNI ISO 5725 assumono che la distribuzione di questa variabile di errore sia approssimativamente normale.

All'interno di un laboratorio la varianza di ripetibilità viene definita varianza intralaboratorio:

$$\text{var}(e) = \sigma_W^2$$

In questa parte della UNI ISO 5725 si assume che, per un metodo di misura normalizzato, le differenze tra i laboratori siano sufficientemente piccole e tali da ritenere giustificata l'adozione di un valore comune per la varianza intralaboratorio, applicabile a tutti i laboratori che utilizzano questo metodo.

Questo valore comune della varianza interlaboratorio viene denominato varianza di ripetibilità:

$$\sigma_r^2 = \overline{\text{var}(e)} = \overline{\sigma_W^2}$$

Questa media aritmetica è calcolata fra tutti i laboratori che partecipano all'esperimento di accuratezza, dopo aver escluso i valori anormali.

G.4 Calcolo dei valori di precisione, utilizzando il modello statistico di base

La varianza di ripetibilità si calcola direttamente dalla varianza del termine di errore e .

Invece la varianza di riproducibilità, σ_R^2 , dipende dalla somma tra varianza di ripetibilità, σ_r^2 , e la varianza interlaboratorio, σ_L^2 :

$$\sigma_R^2 = \sigma_r^2 + \sigma_L^2$$

Lo scarto tipo di ripetibilità risulta: $\sigma_r = \sqrt{\text{var}(e)}$

Lo scarto tipo di riproducibilità: $\sigma_R = \sqrt{\sigma_L^2 + \sigma_r^2}$

In genere, il valore vero di uno scarto tipo σ non è noto e viene sostituito da una stima, indicata con il simbolo s . Quindi:

s_L^2 è la stima della varianza interlaboratorio;

s_W^2 è la stima della varianza intralaboratorio;

s_r^2 è la media aritmetica di s_W^2 ed è la stima della varianza di ripetibilità; tale media viene aritmetica viene ricavata da tutti i laboratori che partecipano all'esperimento di accuratezza, dopo aver escluso i valori anormali;

s_R^2 è la stima della varianza di riproducibilità;

G.5 Analisi statistica di un esperimento di precisione

Si utilizzano i seguenti simboli:

q = numero dei diversi livelli della prova;

p = numero di laboratori;

n = numero di risultati di prova.

L'analisi dei dati si può dividere in fasi successive:

- 1) Prima va eseguito un esame critico dei dati per identificare e trattare i valori anomali o le altre irregolarità, mediante l'applicazione di test statistici, con l'eventuale esclusione di alcuni dati;
- 2) Quindi vanno calcolati i valori di precisione e le medie, per ciascun livello.

Vanno calcolate le stime dei seguenti valori:

- la stima della varianza di ripetibilità s_r^2 ;
- la stima della varianza interlaboratorio s_L^2 ;
- la stima della varianza di riproducibilità $s_R^2 = s_r^2 + s_L^2$;
- la media m .

G.5.1 Tabulazione dei risultati

Ciascuna combinazione di un laboratorio e di un livello è chiamata cella dell'esperimento di precisione. Nel caso ideale si hanno p laboratori indicati con i ($i = 1, 2, \dots, p$), ognuno dei quali esamina q livelli indicati con j ($j = 1, 2, \dots, q$), con n replicazioni per ciascun livello (cioè per ciascuna combinazione ij). Si dovrebbero avere in totale qpn risultati di prova, raccolti in un prospetto con qp celle, ognuna contenente n risultati di prova. Tuttavia tale situazione ideale non sempre si verifica nella pratica: vi possono essere delle anomalie dovute a dati ridondanti, a dati mancanti o a risultati anormali.

Se un laboratorio effettua un numero di replicazioni delle prove maggiore rispetto a quello previsto (n) (dati ridondanti), si dovrebbero scegliere casualmente dei valori da escludere in modo da ottenere n valori per livello e per laboratorio.

Il metodo di analisi descritto in seguito permette di ignorare le celle completamente vuote e di tener conto di quelle parzialmente vuote (a causa di dati mancanti o per l'eliminazione di dati ritenuti anormali).

Un laboratorio può essere considerato anormale, con conseguente eliminazione di tutti i suoi dati, nei seguenti casi:

- se si hanno parecchi dati anormali, senza una spiegazione;
- se la varianza intralaboratorio dei suoi dati risulta troppo alta;
- se l'errore sistematico dei suoi dati sperimentali è eccessivo, in uno dei livelli.

I dati che risultano evidentemente erronei, vanno o scartati o corretti.

A seguito sono riportati degli esempi di moduli per la raccolta dei dati originali e per la loro elaborazione.

Tabella 262 - Modulo A per la raccolta dei risultati di prova

Modulo A (per la raccolta dei dati originali)									
Laboratorio	Livello								
	1	2	j$	..	..	q-1$	q
1									
2									
...									
...					...				
i					y_{ijk}				
...					...				
...									
p									

Tabella 263 – Modulo B per la raccolta delle medie di cella

Modulo B (per la raccolta delle medie)									
Laboratorio	Livello								
	1	2	<i>j</i>	..	..	<i>q-1</i>	<i>q</i>
1									
2									
...									
<i>i</i>					\bar{y}_{ij}				
...									
<i>p</i>									

Tabella 264 – Modulo C per la raccolta degli scarti tipo infracella

Modulo C (per la raccolta delle misure di dispersione nelle celle)									
Laboratorio	Livello								
	1	2	<i>j</i>	..	..	<i>q-1</i>	<i>q</i>
1									
2									
...									
<i>i</i>					s_{ij}				
...									
<i>p</i>									

Nel **modulo A**, relativo alla raccolta dei dati originali, il significato dei simboli è il seguente:

n_{ij} numero dei risultati di prova nella cella per il laboratorio *i* al livello *j*;

y_{ijk} è uno qualsiasi dei risultati di prova, *k* indica il numero della replicazione ($k = 1, 2, \dots, n$);

p_j numero di laboratori che hanno almeno un risultato di prova al livello *j* (dopo l'eliminazione dei risultati di prova considerati erronei o anormali).

Nel **modulo B**, le medie di cella si calcolano con la relazione:

$$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n_{ij}} y_{ijk}$$

Le medie di cella andrebbero registrate con una cifra significativa in più rispetto ai dati originali (modulo A).

Il **modulo C** riporta le misure di dispersione nelle celle, espresse come scarto tipo infracella, calcolabili come segue:

$$s_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n_{ij} - 1} \sum_{k=1}^{n_{ij}} (y_{ijk} - \bar{y}_{ij})^2} = \sqrt{\frac{1}{n_{ij} - 1} \left[\sum_{k=1}^{n_{ij}} (y_{ijk})^2 - \frac{1}{n_{ij}} \left(\sum_{k=1}^{n_{ij}} y_{ijk} \right)^2 \right]}$$

Nel caso $n = 2$, risulta: $s_{ij} = |y_{ij1} - y_{ij2}| / \sqrt{2}$

Si deve aver cura di mantenere un numero sufficiente di cifre nei calcoli, cioè qualsiasi valore intermedio deve essere calcolato con almeno il doppio delle cifre significative dei dati originali.

Lo scarto tipo dovrebbe essere espresso con una cifra significativa in più rispetto ai valori del modulo A.

Poiché alcuni dati possono essere corretti o eliminati, sulla base dei test statistici in seguito illustrati, i valori di y_{ijk} , n_{ij} , p_j utilizzati per la determinazione finale della precisione e della media, possono essere diversi da

quelli corrispondenti ai dati di prova originali e che compaiono nei moduli A, B, C. Per questo, nel riportare i valori finali, si deve sempre specificare se vi sono stati dati corretti o eliminati.

G.5.2 Ricerca di valori incoerenti

Compilati i tre moduli, sopra illustrati, si deve procedere ad una loro prima analisi per l'individuazione di eventuali valori incoerenti rispetto agli altri. Per far ciò sono possibili due tipi di approccio:

- 1) Tecnica grafica sulla coerenza
- 2) Test sui valori numerici anormali

G.5.2.1 Tecnica grafica sulla coerenza

Questa tecnica prevede il calcolo e la rappresentazione grafica delle grandezze statistiche h e k di Mandel (utili, oltre che per valutare la variabilità del metodo, anche per valutare i singoli laboratori).

h = statistica di coerenza interlaboratorio (va calcolata per ciascun laboratorio e ciascun livello)

$$h = \frac{\text{scarto di cella}}{\text{scarto tipo tra le medie di cella}} = \frac{\text{media celle per un certo livello} - \text{corrispondente media generale}}{\text{scarto tipo tra le medie di cella}}$$

$$h_{ij} = \frac{\bar{y}_{ij} - \bar{y}_j}{\sqrt{\frac{1}{(p_j - 1)} \sum_{i=1}^{p_j} (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_j)^2}}$$

I valori di h_{ij} per ogni cella vanno riportati su un grafico in ordine di laboratorio, raggruppati per livello (oppure vanno riportati in ordine di livello, raggruppati per ogni laboratorio).

k = statistica di coerenza intralaboratorio; va calcolata valutando prima, per ciascun livello, lo scarto tipo raggruppato interno alle celle:

$$\sqrt{\frac{\sum s_{ij}^2}{p_j}}$$

poi, per ciascun laboratorio e per ciascun livello, si calcola il valore del parametro k :

$$k_{ij} = \frac{s_{ij} \sqrt{p_j}}{\sqrt{\sum s_{ij}^2}}$$

I valori di k_{ij} , per ogni cella, vanno riportati su un grafico, in ordine di laboratorio, raggruppati per livello (oppure, separatamente per ciascun livello, raggruppati per laboratorio).

Se, dall'analisi di questi dati risulta che l'insieme dei risultati di alcuni laboratori è marcatamente differente da quello degli altri laboratori, si deve innanzitutto ricercare la causa del comportamento discrepante e stabilire se mantenere o eliminare i dati di tali laboratori.

G.5.2.2 Analisi dei grafici h

Ogni laboratorio può avere valori di h sia positivi che negativi o anche valori tutti dello stesso segno (in genere il numero di laboratori che fornisce valori tutti positivi dovrebbe essere uguale al numero di quelli con risultati tutti negativi). Valori di h anomali per un laboratorio, rispetto agli altri, possono essere indice della presenza di un errore sistematico di laboratorio.

Nei grafici di h vengono tracciate delle linee indicatrici che servono da guida per l'esame di andamenti particolari nei dati (i corrispondenti ad i valori degli indicatori si trovano in Tabella 265 e Tabella 266).

G.5.2.3 Analisi dei grafici k

Se un laboratorio ha valori di k molto elevati, se ne deve ricercare la causa: ciò è infatti indice di una ripetibilità più bassa rispetto a quella degli altri laboratori. Invece valori bassi di k potrebbero derivare, per esempio, da un arrotondamento eccessivo dei dati. Anche in questi grafici si riportano le linee indicatrici per individuare andamenti particolari nei dati (i valori degli indicatori sono in Tabella 265 e Tabella 266).

Quando un grafico di h o k , raggruppato per laboratorio, indica che molti valori di h o k di un laboratorio sono prossimi alla linea del valore critico, è opportuno studiare il grafico corrispondente raggruppato per livello (un valore, alto per un laboratorio, potrebbe risultare coerente se confrontato con quello degli altri laboratori al medesimo livello).

Oltre ad i grafici di h e k si devono analizzare anche gli istogrammi delle medie di cella e delle escursioni di cella (questi potrebbero indicare la presenza di due popolazioni distinte di dati, situazione incompatibile con la presente trattazione che ipotizza un'unica popolazione con distribuzione unimodale).

Tabella 265 - Indicatori per le grandezze statistiche h e k di Mandel al livello di significatività dell'1%

p	h(1%)	k (1%)				
		n				
		2	3	4	5	...
3	1,15	1,71	1,15	1,64	1,58	...
4	1,49	1,91	1,49	1,77	1,67	...
5	1,72	2,05	1,72	1,85	1,73	...
6	1,87	2,14	1,87	1,9	1,77	...
7	1,98	2,2	1,98	1,94	1,79	...
8	2,06	2,25	2,06	1,97	1,81	...
9	2,13	2,29	2,13	1,99	1,82	...
10	2,18	2,32	2,18	2	1,84	...
11	2,22	2,34	2,22	2,01	1,85	...
12	2,25	2,36	2,25	2,02	1,85	...
13	2,27	2,38	2,27	2,03	1,86	...
14	2,3	2,39	2,3	2,04	1,87	...
15	2,32	2,41	2,32	2,05	1,87	...
16	2,33	2,42	2,33	2,05	1,88	...
17	2,35	2,44	2,35	2,06	1,88	...
18	2,36	2,44	2,36	2,06	1,88	...
19	2,37	2,44	2,37	2,07	1,89	...
20	2,39	2,45	2,39	2,07	1,89	...
...

Tabella 266 - Indicatori per le grandezze statistiche h e k di Mandel al livello di significatività del 5%

p	h(5%)	k (5%)				
		n				
		2	3	4	5	...
3	1,15	1,65	1,53	1,45	1,4	...
4	1,42	1,76	1,59	1,5	1,44	...
5	1,57	1,81	1,62	1,53	1,46	...
6	1,66	1,85	1,64	1,54	1,48	...
7	1,71	1,87	1,66	1,55	1,49	...
8	1,75	1,88	1,67	1,56	1,5	...
9	1,78	1,9	1,68	1,57	1,5	...
10	1,8	1,9	1,68	1,57	1,5	...
11	1,82	1,91	1,69	1,58	1,51	...
12	1,83	1,92	1,69	1,58	1,51	...
13	1,84	1,92	1,69	1,58	1,51	...
14	1,85	1,92	1,7	1,59	1,52	...
15	1,86	1,93	1,7	1,59	1,52	...
16	1,86	1,93	1,7	1,59	1,52	...
17	1,87	1,93	1,7	1,59	1,52	...
18	1,88	1,93	1,71	1,59	1,52	...
19	1,88	1,93	1,71	1,59	1,52	...
20	1,89	1,94	1,71	1,59	1,52	...
...

G.5.2.4 Tecnica numerica per valori anormali

I seguenti due test vanno applicati in successione: per primo il test di Cochran e poi quello di Grubbs.

G.5.2.4.1 Test di Cochran (prova della variabilità intralaboratorio)

La UNI ISO 5725-2 presuppone che tra i vari laboratori esistano solo lievi differenze nelle varianze intralaboratorio. Tuttavia, poiché non è sempre così, si deve applicare un test per verificare la validità di quest'ipotesi. A tal scopo è stato scelto il test di Cochran.

Dato un gruppo p di scarti tipo s_i , tutti calcolati con lo stesso numero n di replicazioni, si calcola la grandezza statistica di Cochran C con la seguente formula:

$$C = \frac{s_{\max}^2}{\sum_{i=1}^p s_i^2} \quad \text{dove } s_{\max}^2 \text{ è lo scarto più elevato del gruppo.}$$

Variazioni limitate sul numero di replicazioni si possono trascurare e si assume come quello relativo alla maggior parte delle celle.

$C_{cr}(5\%)$, $C_{cr}(1\%)$ sono i valori critici della grandezza statistica rispettivamente al livello 5% e 1%.

- Se $C \leq C_{cr}(5\%)$ l'elemento/il dato valutato (quello relativo allo scarto massimo) è considerato corretto.
- Se $C_{cr}(5\%) < C \leq C_{cr}(1\%)$ l'elemento valutato è definito disperso ed è contrassegnato da un asterisco (y^*).
- Se $C > C_{cr}(1\%)$ l'elemento è definito statisticamente anormale ed è contrassegnato da un doppio asterisco (y^{**}).

I valori di $C_{cr}(5\%)$ e $C_{cr}(1\%)$ sono riportati nella seguente Tabella 267.

Dopo aver individuato gli eventuali valori anomali e/o dispersi si deve controllare se questi possono essere spiegati da un errore tecnico (errore di trascrizione, analisi del campione sbagliato, ecc.) ed in tal caso si deve procedere alla loro correzione; dopo di che si può ripetere il test per la ricerca di ulteriori valori anomali. Se invece non si trova alcuna spiegazione ai dati evidenziati dal test, i valori dispersi vengono mantenuti e considerati come corretti, mentre quelli anomali vengono eliminati.

Il test di Cochran verifica solo il maggiore di una serie di scarti tipo, quindi è un criterio unilaterale su valori anomali.

Anche valori dello scarto tipo troppo piccoli possono indicare valori anomali ma d'altra parte valori di s^2 piccoli possono derivare da arrotondamenti eccessivi oppure possono semplicemente essere indice di un laboratorio con precisione maggiore rispetto agli altri. Per questo, anche se il test di Cochran è un criterio unilaterale, esso è considerato ugualmente adeguato.

Quando un laboratorio ha, a tutti i livelli, uno scarto tipo minore rispetto agli altri, si deve eseguire un'indagine per capire se tale laboratorio lavora effettivamente con una ripetibilità maggiore degli altri (per l'utilizzo di una metodologia o di un'apparecchiatura migliore) oppure se i valori minori degli scarti derivano da errori.

Dopo l'eliminazione di un valore il test di Cochran va ripetuto ma una sola volta (perché la sua continua iterazione porterebbe all'eliminazione di un numero eccessivo di dati). Se si trovano parecchi valori anomali, sarebbe opportuno individuare un test statistico più adatto per la loro analisi.

La presenza di molti valori dispersi e/o anomali in differenti livelli, nello stesso laboratorio, possono indicare che quest'ultimo ha una varianza intralaboratorio eccessivamente elevata.

Tabella 267 - Valori critici per il test di Cochran

n=	2		3		4		5	
	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%
2	-	-	0,995	0,975	0,979	0,939	0,959	0,906
3	0,993	0,967	0,942	0,871	0,883	0,798	0,834	0,746
4	0,968	0,906	0,864	0,768	0,781	0,684	0,721	0,629
5	0,928	0,841	0,788	0,684	0,696	0,598	0,633	0,544
6	0,883	0,781	0,722	0,616	0,626	0,532	0,564	0,480
7	0,838	0,727	0,664	0,561	0,568	0,480	0,508	0,431
8	0,794	0,680	0,615	0,516	0,521	0,438	0,463	0,391
9	0,754	0,638	0,573	0,478	0,481	0,403	0,425	0,358
10	0,718	0,602	0,536	0,445	0,447	0,373	0,393	0,331
11	0,684	0,570	0,504	0,417	0,418	0,348	0,366	0,308
12	0,653	0,541	0,475	0,392	0,392	0,396	0,343	0,288
13	0,624	0,515	0,450	0,371	0,369	0,307	0,322	0,271
14	0,599	0,492	0,427	0,352	0,349	0,291	0,304	0,255
15	0,575	0,471	0,407	0,335	0,332	0,276	0,288	0,242
16	0,553	0,452	0,388	0,319	0,316	0,262	0,274	0,230
17	0,532	0,434	0,372	0,305	0,301	0,250	0,261	0,219
18	0,514	0,418	0,356	0,293	0,288	0,240	0,249	0,209
19	0,496	0,403	0,313	0,281	0,276	0,230	0,238	0,280
20	0,480	0,389	0,330	0,270	0,256	0,220	0,229	0,192
...

G.5.2.4.2 Test di Grubbs (prova di variabilità interlaboratorio)

Test di Grubbs per un'osservazione anormale.

- Per valutare se il valore maggiore è anormale.

Data una serie di dati x_i ($i = 1, 2, \dots, p$), ordinati per valore crescente, si determina se l'osservazione maggiore è un valore anormale mediante il test di Grubbs, calcolando la grandezza statistica G_p (relativa al p -esimo dato, cioè all'ultimo, a quello maggiore):

$$G_p = (x_p - \bar{x}) / s$$

dove:

$$\bar{x} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_i \quad \text{e} \quad s = \sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2}$$

- Per valutare se il valore minore è anormale.

Data la stessa serie di dati x_i ($i = 1, 2, \dots, p$), ordinati per valore crescente, si calcola la grandezza statistica G_1 (relativa al primo dato, cioè quello più piccolo):

$$G_1 = (\bar{x} - x_1) / s$$

Nel test di Grubbs per un'osservazione anomala, i valori anormali e dispersi forniscono valori che sono rispettivamente maggiori dei valori critici all'1% e al 5%.

- $(G_p \text{ o } G_1) \leq G_{cr}(5\%)$ l'elemento valutato è considerato corretto;
- $G_{cr}(5\%) < (G_p \text{ o } G_1) \leq G_{cr}(1\%)$ l'elemento valutato è definito disperso ed è contrassegnato da un asterisco;
- $(G_p \text{ o } G_1) > G_{cr}(1\%)$ l'elemento è definito statisticamente anormale ed è contrassegnato da un doppio asterisco.

Test di Grubbs per due osservazioni anormali.

- Per valutare se le due osservazioni maggiori sono anormali.

Si deve valutare la grandezza statistica G :

$$G = s_{p-1,p}^2 / s_0^2$$

$$\text{dove: } s_0^2 = \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2, \quad s_{p-1,p}^2 = \sum_{i=1}^{p-2} (x_i - \bar{x}_{p-1,p})^2 \quad \text{e} \quad \bar{x}_{p-1,p} = \frac{1}{p-2} \sum_{i=1}^{p-2} x_i$$

- Per valutare se le due osservazioni minori sono anormali.

Si deve valutare la grandezza statistica G :

$$G = s_{1,2}^2 / s_0^2$$

$$\text{dove: } s_{1,2}^2 = \sum_{i=3}^p (x_i - \bar{x}_{1,2})^2 \quad \text{e} \quad \bar{x}_{1,2} = \frac{1}{p-2} \sum_{i=3}^p x_i$$

Nel test di Grubbs per due osservazioni anomali, i valori anormali e dispersi forniscono valori che sono rispettivamente minori dei valori critici all'1% e al 5%.

I valori critici per il test di Grubbs sono riportati nella seguente Tabella 268.

Applicazione del test di Grubbs.

Nell'ambito di un esperimento di precisione, il test di Grubbs può essere applicato:

- alle medie di cella (modulo B) per un dato livello j , in tal caso:

$$x_i = \bar{y}_{ij} \quad \text{e} \quad p = p_j \quad (\text{con } j \text{ fisso}).$$

Prima applicare il test di Grubbs per un'osservazione anormale: inizialmente lo si applica ad un estremo (osservazione maggiore o osservazione minore); se questo risulta un valore anormale va escluso ed si applica il test all'altro estremo.

Solo se dal test per un'osservazione anormale non risultano medie di cella anormali, si applica il test di Grubbs doppio.

b) ad un singolo risultato di cella, quando dal Test di Cochran lo scarto tipo della cella risulta sospetto.

Tabella 268 – Valori critici per il test di Grubbs, singolo e doppio

p	un valore molto più grande o più piccolo		due valori molto più grandi o più piccoli	
	maggiore 1%	maggiore 5%	minore 1%	minore 5%
3	1,155	1,155	-	-
4	1,496	1,481	-	0,0002
5	1,764	1,715	0,0018	0,009
6	1,973	1,887	0,0116	0,0349
7	2,139	2,02	0,0308	0,0708
8	2,274	2,126	0,0563	0,1101
9	2,387	2,215	0,0851	0,1492
10	2,482	2,29	0,115	0,1864
11	2,564	2,355	0,1448	0,2213
12	2,636	2,412	0,1738	0,2537
13	2,699	2,462	0,2016	0,2836
14	2,755	2,507	0,228	0,3112
15	2,806	2,549	0,253	0,3367
16	2,852	2,585	0,2767	0,3603
17	2,894	2,62	0,299	0,3822
18	2,932	2,651	0,32	0,4025
19	2,968	2,681	0,3398	0,4214
20	3,001	2,709	0,3585	0,4391
...

G.5.3 Calcolo della media generale e delle varianze

Il procedimento descritto nella UNI ISO 5725-2 prevede il calcolo della media generale e della precisione separatamente per ciascun livello j ed i risultati vengono presentati con un diagramma che raccoglie i valori relativi a ciascun livello.

I dati di partenza sono quelli contenuti nei moduli A (risultati di prova originali), B (medie di cella), C (scarti tipo di cella).

Nei moduli B e C possono essere presenti delle celle vuote (per dati mancanti o eliminati perché anormali).

Il numero di celle non vuote può risultare diverso ai differenti livelli, per questo si utilizza l'indice j in p_j .

Calcolo della media generale \hat{m}

Per il livello j la media generale è:

$$\hat{m}_j = y_j = \frac{\sum_{i=1}^p n_{ij} \bar{y}_{ij}}{\sum_{i=1}^p n_{ij}}$$

Calcolo delle varianze

Per ogni livello sono calcolate 3 varianze:

- 1) varianza di ripetibilità;
- 2) varianza interlaboratorio;
- 3) varianza di riproducibilità.

$$1) \text{ varianza di ripetibilità: } s_{rj}^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (n_{ij} - 1) s_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p (n_{ij} - 1)}$$

$$2) \text{ varianza interlaboratorio: } s_{Lj}^2 = \frac{s_{dj}^2 - s_{rj}^2}{n_j}$$

$$\text{dove: } s_{dj}^2 = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p n_{ij} (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_j)^2 = \frac{1}{p-1} \left[\sum_{i=1}^p n_{ij} (\bar{y}_{ij})^2 - (\bar{y}_j)^2 \sum_{i=1}^p n_{ij} \right]$$

$$\text{e } \bar{n}_j = \frac{1}{p-1} \left[\sum_{i=1}^p n_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^p n_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p n_{ij}} \right]$$

Nel caso particolare in cui $n_{ij} = n = 2$ le formule precedenti si semplificano:

$$s_{rj}^2 = \frac{1}{2p} \sum_{i=1}^p (y_{ij1} - y_{ij2})^2 \quad \text{e} \quad s_{Lj}^2 = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_j)^2 - \frac{s_{rj}^2}{2}$$

Se si dovesse ottenere un valore negativo per s_{Lj}^2 , sostituirlo con il valore zero.

$$3) \text{ varianza di riproducibilità: } s_{Rj}^2 = s_{rj}^2 + s_{Lj}^2$$

Nota: viene omessa la parte della norma UNI EN ISO 5725-2 relativa alla ricerca della relazione tra i valori di precisione e il livello medio m , in quanto non è stata utilizzata nel presente lavoro.

G.6 Esposizione passo-passo dell'analisi statistica

- 1) Compilare il modulo A con tutti i risultati di prova; il modulo deve avere p righe indicate con l'indice $i = 1, 2, \dots, p$ e q colonne indicate con $j = 1, 2, \dots, q$ (dove p è il numero dei laboratori partecipanti e q è il numero dei livelli dell'esperimento). In un'indagine a livello uniforme i risultati della prova possono essere inseriti all'interno delle celle con ordine qualsiasi.
- 2) Esaminare il modulo A per individuare eventuali anomalie, ricercare se vi sono dati che appaiono evidentemente erronei e valutare se scartarli o meno.
- 3) Partendo dai dati corretti del modulo A, compilare il modulo B con le medie di cella e il modulo C con le misure di dispersione.
- 4) Preparare i grafici h e k di Mandel ed esaminarli per valutare la coerenza dei dati (in questa fase non va escluso alcun elemento).
- 5) Esaminare i dati dei moduli B e C, livello per livello, per ricercare eventuali valori dispersi e/o anormali. Applicare i test statistici di Cochran e di Grubbs a tutti gli elementi sospetti, contrassegnando con un asterisco i valori dispersi e con due asterischi i valori anormali. Cercare una possibile spiegazione alla

presenza dei valori dispersi e/o statisticamente anormali e, a seconda dei casi, correggere o eliminare tali valori e modificare di conseguenza gli altri moduli derivati.

La presenza di un gran numero di valori dispersi e/o statisticamente anormali può indicare una marcata mancanza di omogeneità nella varianza o grandi differenze tra i laboratori, e ciò può mettere in dubbio l'adeguatezza del metodo di misurazione.

- 6) Se si sospetta che vi siano dei laboratori anomali, può essere giustificata l'eliminazione di alcuni o di tutti i dati di tali laboratori.
- 7) Se esistono ancora valori dispersi e/o statisticamente anormali non spiegati o non attribuiti ad un laboratorio anormale, scartare i valori anormali e conservare i valori dispersi.
Ricordare che quando si elimina un dato dal modulo B, dev'essere eliminato anche il dato corrispondente dal modulo C, e viceversa.
- 8) Partendo dai dati accettati come corretti nei moduli B e C, calcolare, separatamente per ciascun livello: il livello medio \hat{m}_j , lo scarto tipo di ripetibilità e di riproducibilità.
- 9) Portare su un grafico i valori di s_{rj} e s_{Rj} in funzione di \hat{m}_j :
 - se si valuta che i valori di s e di m sono indipendenti, calcolare, sia per lo scarto tipo di ripetibilità che per quello di riproducibilità, il valore medio tra tutti i livelli $s = 1/q \cdot \sum s_j$;
 - se invece si sospetta che s e m siano dipendenti, procedere con l'analisi di regressione per individuare la relazione che li lega.
- 10) Decidere, in base ai grafici di s_{rj} e s_{Rj} in funzione di \hat{m}_j , se la relazione tra queste grandezze può essere rappresentata da una linea retta, passante per l'origine (equazione I: $s = b m$) o con intercetta positiva (equazione II: $s = a + b m$). In caso affermativo calcolare i relativi parametri b , o a e b .
- 11) Se l'approssimazione ad una retta non è soddisfacente, tracciare i grafici di $\log(s_{rj})$ e $\log(s_{Rj})$ in funzione di $\log(\hat{m}_j)$ e valutare se in questo caso la rappresentazione con una retta è adeguata. In tal caso utilizzare l'equazione III ($\log s = c + d \log m$) per l'analisi di regressione e calcolare i parametri c e d .
- 12) Se si è trovata una relazione soddisfacente, i valori finali di s_r e s_R per un dato valore di m , sono quelli arrotondati che si ricavano da tale relazione.
Se non è stato possibile adattare al caso in esame nessuna delle tre equazioni proposte, si deve decidere se vi può essere un altro tipo di relazione tra s e m , o se i risultati sono talmente irregolari da rendere impossibile la determinazione di una relazione funzionale adeguata.
- 13) Preparare un rapporto che contenga i dati di partenza, i risultati e le conclusioni dell'analisi statistica.

H Norma UNI EN ISO 20140-2 sulla determinazione, verifica e applicazione della precisione dei dati in acustica edilizia

Nella norma UNI EN 20140 si fa riferimento a misure eseguite utilizzando le norme UNI EN ISO 140. In queste norme, alcuni particolari degli impianti e delle procedure di prova sono lasciati alla scelta dell'operatore; ciò, unitamente al carattere statistico dei campi acustici all'interno delle camere, comporta incertezze nei risultati, dovute a delle influenze sia casuali che sistematiche.

Le influenze casuali possono essere determinate mediante prove eseguite in condizioni di ripetibilità.

Invece, le influenze sistematiche (come dimensione e forma delle camere, condizioni di montaggio del provino, taratura degli strumenti, ecc.), vanno valutate mediante misurazioni comparative in laboratori diversi (in condizioni di riproducibilità), e di queste misurazioni deve essere nota la varianza di ripetibilità.

La EN 20140 fornisce le linee guida per:

- determinare il valore di ripetibilità r e il valore di riproducibilità R ;
- verificare i valori di ripetibilità r e di riproducibilità R per diverse configurazioni delle misurazioni in un laboratorio e per il confronto tra diversi laboratori;
- applicare i valori di ripetibilità e di riproducibilità nella pratica.

Inoltre sono riportati dei valori provvisori di ripetibilità e riproducibilità dei metodi di prova in conformità alla UNI EN ISO 140-3, 140-4, 140-6, 140-7, 140-8 (mancano i valori relativi alle norme UNI EN ISO 140-5 e 140-9).

H.1 Definizioni

Si fa presente che, nell'applicare le norme della serie ISO 5725 all'acustica edilizia, si assume che i livelli della grandezza sottoposta a prova coincidano con i diversi valori che essa assume al variare della frequenza.

Risultato di prova, y . Valore finale ottenuto in una singola banda di frequenza seguendo le istruzioni indicate in un metodo di prova.

Effettuando una determinazione in diverse bande di frequenza, si ottiene una serie di risultati di prova.

Valore vero, μ . Valore che caratterizza una grandezza perfettamente definita, nelle condizioni esistenti quando tale grandezza viene considerata. Nella pratica è la media aritmetica dei risultati di prova ottenuti da un vasto numero di laboratori. Di conseguenza, tale valore vero pratico è correlato al metodo di prova specifico.

Accuratezza della media. Grado di concordanza tra il valore vero e la media aritmetica dei risultati, ottenuta applicando il metodo di prova per un numero molto elevato di volte. Quanto minore è la componente sistematica degli errori sperimentali che influiscono sui risultati e tanto più accurato è il metodo di prova.

Precisione. Grado di concordanza tra risultati di prova indipendenti ottenuti in condizioni prescritte.

La precisione dipende esclusivamente dalla distribuzione degli errori casuali e non è correlata al valore vero o al valore specificato.

Ripetibilità e riproducibilità sono concetti di precisione.

Media aritmetica, \bar{y} . Media aritmetica dei risultati di prova, data dall'equazione:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad \text{dove } n \text{ è il numero di risultati di prova.}$$

Varianza di campionamento, s^2 . Somma dei quadrati degli scarti dalla media aritmetica dei risultati di prova, divisa per il numero di gradi di libertà. Nel caso semplice di n risultati di prova consecutivi (non raggruppati), la varianza di campionamento è data dall'equazione:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Scarto tipo, s . Radice quadrata della varianza di campionamento: $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$

Numero di gradi di libertà, v . Numero di termini indipendenti contenuti nell'espressione della varianza di campionamento. Nel caso semplice di n risultati di prova consecutivi (non raggruppati) risulta: $v = n - 1$

Ripetibilità. Grado di concordanza tra i risultati di prova ottenuti in condizioni di ripetibilità.

Condizioni di ripetibilità. Condizioni in cui i risultati di prova indipendenti vengono ottenuti con lo stesso metodo, su un identico materiale, nello stesso laboratorio, dallo stesso operatore, usando la stessa apparecchiatura, in brevi intervalli di tempo.

Scarto tipo di ripetibilità, s_r . Scarto tipo dei risultati di prova ottenuti in condizioni di ripetibilità.

Lo scarto tipo di ripetibilità è un parametro di dispersione della distribuzione dei risultati di prova in condizioni di ripetibilità.

Valore di ripetibilità, r . Valore al di sotto o in corrispondenza del quale dovrebbe cadere, con una probabilità del 95%, la differenza assoluta tra due risultati di prova ottenuti in condizioni di ripetibilità.

Riproducibilità. Grado di concordanza tra i risultati di prova ottenuti in condizioni di riproducibilità.

Condizioni di riproducibilità. Condizioni in cui i risultati di prova indipendenti vengono ottenuti con lo stesso metodo, su entità di prova identiche, in laboratori differenti, da operatori diversi e usando apparecchiature diverse.

Scarto tipo di riproducibilità, s_R . Scarto tipo dei risultati di prova in condizioni di riproducibilità.

Lo scarto tipo di riproducibilità è un parametro di dispersione della distribuzione dei risultati di prova in condizioni di riproducibilità.

Limite di riproducibilità, R . Valore al di sotto o in corrispondenza del quale dovrebbe cadere, con una probabilità del 95%, il valore assoluto della differenza tra due risultati di prova ottenuti in condizioni di riproducibilità.

Intervallo di confidenza (a due estremi). Intervallo tra due limiti calcolati, entro il quale si può prevedere di trovare un parametro statistico, con una probabilità del 95%.

Differenza critica, CrD_{95} . In terminologia statistica, i valori di ripetibilità e di riproducibilità sono differenze critiche al livello di probabilità del 95% valide per due singoli risultati di prova ottenuti in condizioni di ripetibilità o riproducibilità.

H.2 Determinazione del valore di ripetibilità r e del valore di riproducibilità R mediante prove interlaboratorio

Il valore di ripetibilità r e di riproducibilità R devono essere determinati mediante una prova interlaboratorio (e si dovrebbe ripetere la loro determinazione ogniqualvolta vengano apportate modifiche al metodo di misurazione).

Secondo quanto specificato dalla serie di norme UNI ISO 5725, i valori di ripetibilità e di riproducibilità sono dati da: $r = 2,8\sqrt{s_r^2}$ e $R = 2,8\sqrt{s_R^2} = 2,8\sqrt{s_r^2 + s_L^2}$

dove: s_r^2 è la varianza di ripetibilità, data dalla media delle varianze intralaboratorio, ponderata in base al numero di risultati validi prodotti in ciascun laboratorio;

s_L^2 è la varianza interlaboratorio, calcolata su tutti i laboratori partecipanti;

s_R^2 è la varianza di riproducibilità.

Il fattore 2,8 deriva dal fatto che il valore di ripetibilità e di riproducibilità si applicano a differenze esistenti tra due singoli risultati di prova (vedi UNI ISO 5725-6).

Si utilizzano le stime s_r^2 e s_R^2 perché non si conoscono i valori reali degli scarti tipo, σ_r e σ_R . Il valore di ripetibilità r e di riproducibilità R così calcolati sono quindi delle stime di tali grandezze.

H.3 Condizioni di prova

Le condizioni acustiche della prova per determinare r e R , sono quelle specificate nelle parti appropriate della UNI EN ISO 140; il provino non dev'essere rimontato tra una misurazione e l'altra.

Partecipando ad una prova interlaboratorio, ogni laboratorio deve utilizzare la normale procedura di prova; i criteri che influiscono sulla ripetibilità della misura devono essere attentamente controllati.

Nella ripetizione delle misure, i parametri lasciati aperti nel procedimento di prova devono essere rappresentati nel miglior modo possibile. In particolare, la serie di posizioni del microfono e di posizioni della sorgente, sulle quali si calcola la media per una misurazione, dev'essere scelta di nuovo, in modo più o meno casuale, per ciascuna misurazione ripetuta.

I procedimenti di prova definiti in modo rigido tendono a migliorare la ripetibilità di un determinato laboratorio, ma aumentano la possibilità di errori sistematici su tutti i risultati di prova di quel laboratorio.

Prima di iniziare la prova ogni laboratorio deve riportare tutte le informazioni relative al proprio procedimento di prova.

Tutti i dettagli delle prove interlaboratorio devono essere accuratamente descritti: grandezze da riportare e loro arrotondamento, numero delle prove, taratura degli strumenti, condizioni di montaggio, eventuali tempi di invecchiamento dei provini, ecc.

H.3.1 Numero di laboratori partecipanti

Il numero di laboratori partecipanti, p , dovrebbe essere $p \geq 8$; aumentando p si può ridurre il minimo numero di prove richieste, n . La scelta di p e di n dev'essere tale che risulti verificata la condizione: $p(n-1) \geq 35$. Comunque sono richiesti almeno 5 risultati di prova per ogni laboratorio.

I risultati di prova non devono essere in alcun modo preselezionati dai partecipanti prima di essere comunicati.

H.3.2 Scelta del provino

In relazione alla grandezza da misurare, al tipo di provino e al metodo di prova, le situazioni possibili sono le seguenti tre:

- *Uso di un unico provino (stesso materiale fatto circolare tra i partecipanti)*
Nel caso di misure *in situ*, un'applicazione particolare di questo caso è quella in cui diverse squadre effettuano misure sullo stesso edificio. I laboratori risultano quindi costituiti dai diversi gruppi di operatori, ciascuno con la propria attrezzatura, e l'unico provino viene a coincidere con l'edificio in esame.
Il vantaggio di tale procedura sono l'eliminazione della variabilità collegata all'utilizzo di più di un provino; tuttavia i valori di riproducibilità così ottenuti sono caratteristici soltanto per il caso specifico.
- *Uso di più provini prelevati da un lotto di produzione (materiale nominalmente identico scambiabile tra i partecipanti)*
Questo metodo consente di effettuare prove in parallelo (con rilevante diminuzione dei tempi) e riduce il rischio di danneggiamento del provino. In questo caso la variabilità dovuta ai provini risulta inseparabile da quella del procedimento di prova e diventa parte integrante del valore di riproducibilità.
- *Uso di diversi provini costruiti in situ (materiale nominalmente identico non scambiabile tra i partecipanti)*
Quando i provini non possono essere prefabbricati e immediatamente trasportati, essi devono essere costruiti *in situ* da ciascun partecipante alla prova interlaboratorio. In questo caso risulta massima la variabilità tra i provini e, per ridurla, dev'essere posta la massima attenzione alle istruzioni di montaggio.

H.4 Verifica dei valori di precisione

H.4.1 Verifica dei valori di ripetibilità r , nell'ambito della prova interlaboratorio

Per ognuno dei p laboratori e per ciascuna delle q bande di frequenza, si hanno $n(n-1)/2$ differenze assolute tra singoli risultati di prova y_i e y_k ; queste vanno confrontate con la differenza critica $CrD_{0,95}(|y_i - y_k|) = r$ della banda di frequenza in esame.

In totale si devono fare $qp(n-1)/2$ confronti e le corrispondenti differenze critiche non dovrebbero essere superate in più del 5% dei casi.

H.4.2 Verifica dei valori di riproducibilità R , nell'ambito della prova interlaboratorio

Se in ognuno dei p laboratori partecipanti è stata fatta solamente una determinazione ($n = 1$), si hanno $p(p-1)/2$ differenze assolute tra i risultati y_a e y_b di due laboratori a e b ; queste vanno confrontate con la differenza critica $CrD_{0,95}(|y_a - y_b|) = R$; questo va fatto per ciascuna banda di frequenza, per un totale di $qp(p-1)/2$ confronti. Le differenze critiche non dovrebbero essere superate in più del 5% dei casi.

Poiché in ogni laboratorio vanno fatte almeno $n = 5$ determinazioni della grandezza in esame, il confronto va fatto fra la differenza assoluta delle medie dei risultati di prova di ciascun laboratorio e la differenza critica corrispondente, data da:

$$CrD_{0,95}(|y_a - y_b|) = \sqrt{R^2 - r^2 \left(1 - \frac{1}{2n_a} - \frac{1}{2n_b}\right)}$$

dove: R e r sono state determinate nella prova interlaboratorio;

\bar{y}_a e \bar{y}_b sono le medie, rispettivamente, delle n_a e n_b determinazioni effettuate nei laboratori a e b .

Se $n_a = n_b = n$, l'espressione della differenza critica diventa: $CrD_{0,95}(|y_a - y_b|) = \sqrt{R^2 - r^2 \left(1 - \frac{1}{n}\right)}$

Per $n = 1$ la differenza critica si riduce al valore di riproducibilità R .

Tale operazione va fatta in ognuna delle q bande di frequenza. Visto che si utilizzano le medie dei risultati di prova dei laboratori, il numero di confronti possibili risulta ancora $qp(p-1)/2$, come nel caso di una sola prova per ogni laboratorio.

H.5 PROCEDIMENTO DI VERIFICA

Un laboratorio x che non ha partecipato alla prova interlaboratorio per la determinazione dei valori di precisione r e R , può utilizzarne i risultati per verificare la correttezza del proprio procedimento di prova. Ciò va fatto periodicamente, e in particolare, in caso di modifiche al procedimento di prova o alla strumentazione o all'impianto di prova.

H.5.1 Verifica dei valori di ripetibilità

Il laboratorio x deve eseguire, in condizioni di ripetibilità, almeno 5 prove complete ($n_x \geq 5$) comprendenti 16 bande di frequenza, su un provino simile a quello utilizzato nella prova interlaboratorio.

I valori di ripetibilità del laboratorio x sono soddisfacenti solo se, in tutte e 16 le bande di frequenza, lo scarto tipo s_x soddisfa la condizione: $s_x \leq mr$;

dove: r è il valore di ripetibilità determinato nella prova interlaboratorio;

m è un fattore che dipende dal numero n_x di prove eseguite, dato nel prospetto I della UNI EN 20140-2.

H.5.2 Verifica dei valori di riproducibilità

Dopo aver superato la verifica della ripetibilità, il laboratorio x può utilizzare i risultati di prova per la verifica della riproducibilità R : in ciascuna delle q bande di frequenza, la differenza tra la media \bar{y}_x del laboratorio e la media totale \bar{y} della prova interlaboratorio dev'essere confrontata con la differenza critica, data da:

$$CrD_{0,95} \left(\left| \bar{y} - \bar{y}_x \right| \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{R^2 \left(1 + \frac{1}{p} \right) - r^2 \left(1 + \frac{1}{p} - \frac{1}{n_x} - \frac{1}{p^2} \sum_{i=1}^p \frac{1}{n_i} \right)}$$

dove: r e R sono i valori di ripetibilità e riproducibilità determinati nella prova interlaboratorio;

\bar{y} è la media totale dei pn_i risultati della prova interlaboratorio;

\bar{y}_x è la media degli n_x risultati di prova del laboratorio x ;

p è il numero di laboratori che hanno partecipato alla prova interlaboratorio;

n_i è il numero di risultati di prova del laboratorio i -esimo ($i = 1, 2, \dots, p$);

n_x è il numero di risultati di prova ottenuti nel laboratorio supplementare x .

Le differenze critiche, calcolate per le 16 bande di frequenza, non devono essere superate più di una volta. In caso contrario, i risultati del laboratorio x devono essere considerati sospetti: in tal caso vanno effettuate ulteriori indagini e va ripetuto il procedimento di verifica.

H.6 APPLICAZIONE DEI VALORI DI RIPETIBILITÀ E DI RIPRODUCIBILITÀ

H.6.1 Interpretazione del valore di ripetibilità r

In una singola banda di frequenza, la differenza tra due singoli risultati di prova ottenuti su un identico materiale di prova, da un operatore che ha utilizzato la medesima apparecchiatura nel più breve intervallo di tempo possibile, nella usuale e corretta applicazione del metodo, non dovrebbe superare, in media, più di una volta su 20 casi, il limite di ripetibilità r .

Ciò significa che, tra due serie di misure, comprendenti risultati in 16 bande di frequenza, ottenute in condizioni di ripetibilità (stessi materiale, operatore, attrezzatura), le differenze tra i risultati di prova, su tutta la gamma di frequenze, non devono superare, in media, più di una volta i valori di ripetibilità (indicati nell'appendice A della norma UNI EN 20140-2).

H.6.2 Interpretazione del valore di riproducibilità R

In una singola banda di frequenza, la differenza tra due singoli risultati di prova ottenuti su un identico materiale di prova, da due laboratori diversi, non dovrebbe superare il valore di riproducibilità R , in media, più di una volta su 20 casi, nella usuale e corretta applicazione del metodo di prova.

Ciò significa che, tra due serie di misure, comprendenti risultati in 16 bande di frequenza, ottenute su un materiale identico da due operatori che utilizzano diverse apparecchiature, le differenze tra i risultati di prova, su tutta la gamma di frequenze, non devono superare, in media, più di una volta i valori di ripetibilità indicati nell'appendice A della norma UNI EN 20140-2

H.7 Intervalli di confidenza derivabili dal valore di ripetibilità r e di riproducibilità R

È possibile calcolare degli intervalli di confidenza, da utilizzare per diverse situazioni.

- a) Quando un singolo laboratorio effettua una sola determinazione y della grandezza da provare, l'intervallo di confidenza per il valore reale μ (es. un requisito o un valore specificato in un contratto) è uguale a:

$$y - \frac{R}{\sqrt{2}} < \mu < y + \frac{R}{\sqrt{2}}$$

- b) Quando un singolo laboratorio vengono effettuate n determinazioni della grandezza da provare, con un valore medio $\bar{y}_{r,n}$, l'intervallo di confidenza per il valore reale μ è uguale a:

$$\bar{y}_{r,n} - \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{R^2 - r^2 \left(1 - \frac{1}{n}\right)} < \mu < \bar{y}_{r,n} + \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{R^2 - r^2 \left(1 - \frac{1}{n}\right)}$$

- c) Se ciascuno dei laboratori p effettua una singola determinazione della grandezza da provare, con valore medio $\bar{y}_{R,n}$, l'intervallo di confidenza per il valore reale μ è uguale a:

$$\bar{y}_{R,n} - \frac{R}{\sqrt{2p}} < \mu < \bar{y}_{R,n} + \frac{R}{\sqrt{2p}}$$

Queste equazioni si applicano per una probabilità del 95%

Nota: è opinione diffusa che le ripetizioni in condizioni di ripetibilità possano aumentare sensibilmente l'affidabilità del valor medio in rapporto al valore reale. Tuttavia dall'equazione relativa al caso b), si può

dedurre che dette ripetizioni aumenteranno solo leggermente l'affidabilità, in quanto il valore di ripetibilità r è minore del valore di riproducibilità R .

H.8 Valori di ripetibilità r e di riproducibilità R

Al momento, in vista della revisione delle norme UNI ISO 140, nella UNI EN 20140-2 sono disponibili dei valori minimi provvisori di precisione per le grandezze riguardanti l'acustica edilizia:

- potere fonoisolante determinato in laboratorio e in opera;
- livello normato di rumore di calpestio determinato in laboratorio e in opera;
- riduzione del livello di rumore di calpestio determinato in laboratorio.

Per prove in laboratorio vengono dati i valori minimi provvisori sia di ripetibilità r che di riproducibilità R ; per prove in opera sono dati solo i valori di riproducibilità R .

I valori di r ed R si trovano, tabulati in funzione della frequenza, nei prospetti A1, A2, A3 della norma UNI EN 20140-2.

Per quanta riguarda le grandezze ad un numero (indici mononumerici R_W , $L_{n,W}$, ΔL_W), la citata norma indica dei valori di r e R dettati dall'esperienza: per le misure in laboratorio si può assumere una ripetibilità di 1 dB e una riproducibilità compresa tra 1 e 3 dB.

I Dati relativi all'analisi del test statistico svolto in AGECE

Tabella 269 - Modulo A (I parte) per la raccolta dati per il potere fonoisolante apparente dei solai, misurati negli ambienti A e D dell'edificio D

Y _{ijk}		MODULO A :potere fonoisolante apparente R' [dB] (1° parte)																		
		livello: f [Hz]																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
LAB	ripetizioni	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R' _w
1	1	30,2	38,5	38,1	34,5	41,0	41,5	44,6	46,9	50,0	51,1	55,3	57,5	57,5	58,2	60,8	65,4	68,7	71,5	51
	2	34,6	37,1	35,7	35,5	42,1	44,0	45,0	48,1	49,8	50,9	55,2	57,2	57,3	57,6	60,9	65,0	67,6	70,1	51
	3	33,0	36,7	38,1	36,7	41,8	42,8	44,9	49,5	50,7	52,3	55,5	57,4	57,9	57,7	61,0	64,2	67,2	67,9	52
	4	31,7	35,7	34,7	38,4	43,0	43,2	45,8	48,4	50,5	51,6	54,8	57,5	57,0	57,8	61,2	64,8	67,5	69,5	52
	5	30,4	36,6	36,7	37,3	42,0	43,4	45,9	47,9	49,4	52,1	54,4	57,4	57,8	57,5	61,3	65,2	68,7	71,9	51
2	1	32,1	37,5	36,2	35,9	43,2	43,2	43,8	48,8	49,2	52,3	55,0	57,6	57,3	58,0	61,8	65,8	68,2	69,9	51
	2	32,2	35,9	32,6	38,3	40,8	43,4	45,2	48,6	49,9	52,0	54,5	56,4	57,5	57,9	60,7	65,6	68,2	70,4	51
	3	32,8	35,9	35,8	37,0	42,1	43,2	44,2	48,4	50,3	52,3	54,9	56,6	57,2	57,9	60,8	63,6	66,1	69,6	52
	4	32,1	36,0	35,9	36,9	42,0	43,0	45,6	48,0	50,4	52,3	55,5	57,2	57,1	58,7	61,4	65,4	68,5	70,1	52
	5	30,9	37,4	37,2	37,2	41,4	42,9	44,4	48,2	50,3	51,9	55,6	57,4	58,3	58,4	61,4	66,0	69,4	71,6	51
3	1	40,2	32,5	35,6	36,7	42,3	44,3	46,1	48,8	51,2	52,7	54,9	55,4	55,7	57,3	59,4	62,0	65,8	67,7	52
	2	36,6	35,5	36,3	35,7	41,3	43,7	46,7	48,9	51,5	52,7	55,7	55,5	55,3	56,9	58,9	61,3	65,2	66,8	52
	3	36,5	32,8	35,4	35,9	41,3	44,5	45,8	49,1	50,9	52,9	55,1	55,8	55,6	56,7	58,5	61,9	66,0	67,0	52
	4	38,0	33,0	35,0	38,0	40,2	44,3	46,3	49,1	51,3	51,4	55,5	54,4	54,7	56,6	58,3	61,2	65,2	66,7	51
	5	40,3	31,0	36,4	38,2	39,5	44,0	45,9	49,2	50,1	52,7	55,3	56,2	56,2	57,6	59,7	62,1	65,9	67,5	51
4	1	32,6	32,2	35,7	33,5	42,3	42,9	45,7	49,5	49,5	52,5	55,6	56,5	56,8	58,2	59,6	61,9	67,1	67,8	51
	2	35,5	34,4	39,2	36,5	41,1	43,4	44,9	48,8	51,7	52,6	54,9	56,5	56,5	57,9	58,7	61,1	66,9	67,9	52
	3	35,7	31,5	36,6	37,7	41,7	43,4	45,9	49,6	50,7	52,8	55,6	55,5	55,9	57,4	58,7	62,5	67,0	68,3	52
	4	38,5	31,7	34,5	38,7	40,4	43,6	46,0	48,7	50,1	52,2	55,6	55,8	56,0	56,9	59,4	62,7	66,5	67,6	51
	5	35,1	31,3	37,7	36,4	41,2	43,7	45,9	48,8	50,1	52,4	54,9	56,0	56,7	58,1	59,8	63,5	67,8	69,0	51

Tabella 270 - Modulo A (II parte) per la raccolta dati per il potere fonoisolante apparente dei solai, misurati negli ambienti A e D dell'edificio D

Y _{ijk}		MODULO A :potere fonoisolante apparente R' [dB] (2° parte)																		
		livello: f [Hz]																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
LAB	ripetizioni	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R' _w
1	1	29,6	31,0	33,2	37,2	43,1	44,0	45,1	48,7	52,9	54,3	57,6	57,2	56,6	59,1	62,0	64,2	66,7	72,7	51
	2	30,6	32,2	35,3	38,9	42,0	44,0	46,7	49,1	52,3	53,9	57,2	58,8	57,6	58,9	61,2	62,9	65,0	70,8	52
	3	29,4	32,0	34,2	37,3	44,0	44,4	45,8	47,5	51,9	53,9	56,0	57,2	57,7	58,9	62,0	63,1	64,7	67,7	51
	4	32,7	30,9	32,7	38,9	42,3	45,5	45,0	48,8	52,0	52,9	56,5	57,7	57,2	58,3	62,2	64,0	65,5	69,6	52
	5	32,7	30,0	31,8	38,4	43,4	45,5	45,9	47,6	51,4	54,1	56,6	58,1	57,8	58,5	62,2	62,4	64,8	71,6	51
2	1	38,2	32,0	35,3	39,9	41,7	45,2	47,3	49,4	52,2	52,8	56,6	58,4	57,6	58,8	62,4	63,7	65,2	72,1	52
	2	38,0	33,9	35,4	39,6	44,0	45,8	46,1	50,4	52,5	54,4	57,5	58,3	56,6	59,4	62,4	63,0	65,8	72,9	53
	3	36,3	33,2	34,7	40,8	44,1	47,1	46,6	50,4	53,3	53,8	57,9	58,0	57,0	59,5	62,5	64,4	65,9	71,9	53
	4	33,0	33,7	35,1	41,1	44,6	45,0	46,0	49,1	52,9	53,7	57,4	59,0	58,0	59,1	62,7	63,9	65,7	73,0	53
	5	32,0	30,9	34,8	39,7	43,4	43,7	45,2	48,8	52,1	53,2	57,2	57,7	57,2	58,6	61,7	63,9	66,2	70,3	52
3	1	36,3	34,5	33,3	39,0	43,8	45,5	46,7	49,7	52,3	53,0	57,0	57,5	55,7	58,3	61,3	62,3	63,8	65,1	52
	2	38,8	35,0	36,2	37,1	42,2	44,4	46,2	50,3	52,2	52,9	57,0	55,4	56,0	57,6	60,1	62,3	64,3	66,7	52
	3	34,2	33,5	36,1	37,9	43,6	45,3	46,4	49,8	52,6	53,1	56,3	56,5	56,1	57,4	61,3	63,1	64,9	67,2	52
	4	35,3	34,0	35,9	37,3	43,1	46,6	46,8	49,6	51,9	53,3	55,9	57,1	57,1	57,9	61,0	62,6	64,9	67,2	53
	5	30,5	33,9	34,8	39,3	42,8	46,4	46,8	48,7	52,6	52,6	56,5	55,9	55,8	57,5	60,7	62,4	64,1	67,0	52
4	1	34,8	33,6	33,7	40,0	43,5	45,2	46,4	49,7	51,4	52,8	56,3	55,8	55,7	57,2	61,0	62,7	65,2	67,5	52
	2	34,6	33,8	37,2	39,2	41,4	45,1	45,6	49,6	52,1	52,7	56,6	55,7	55,7	58,0	60,6	62,3	65,2	67,5	52
	3	35,1	34,1	36,9	38,9	42,4	45,5	45,1	49,1	52,3	53,0	56,6	55,0	55,6	57,8	60,2	63,2	65,2	67,9	52
	4	32,3	34,1	34,8	40,0	41,0	45,0	46,6	50,2	51,9	53,5	56,8	56,9	56,0	57,0	60,9	63,4	64,8	67,5	52
	5	33,5	34,9	35,2	37,9	41,6	45,5	46,0	49,5	52,5	53,2	56,6	58,1	55,4	57,6	60,8	61,7	64,5	67,3	52

Tabella 271 - Modulo B per la raccolta dei dati delle medie di cella

\bar{y}_{ij}	MODULO B: medie del potere fonoisolante apparente R' [dB]																		
	livello: f [Hz]																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
LAB	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
1	32,0	36,9	36,7	36,5	42,0	43,0	45,2	48,2	50,1	51,6	55,0	57,4	57,5	57,7	61,0	64,9	68,0	70,2	51,4
2	32,0	36,6	35,5	37,1	41,9	43,1	44,6	48,4	50,0	52,2	55,1	57,0	57,5	58,2	61,2	65,3	68,1	70,3	51,4
3	38,3	33,0	35,7	36,9	41,0	44,2	46,1	49,0	51,0	52,5	55,3	55,5	55,5	57,0	59,0	61,7	65,6	67,1	51,6
4	35,5	32,2	36,8	36,6	41,3	43,4	45,7	49,1	50,4	52,5	55,3	56,1	56,4	57,7	59,2	62,3	67,1	68,1	51,4
5	31,0	31,2	33,4	38,1	43,0	44,7	45,7	48,3	52,1	53,8	56,8	57,8	57,4	58,7	61,9	63,3	65,3	70,5	51,4
6	35,5	32,8	35,0	40,2	43,6	45,4	46,2	49,6	52,6	53,6	57,3	58,3	57,3	59,1	62,4	63,8	65,8	72,0	52,6
7	35,0	34,2	35,2	38,1	43,1	45,6	46,6	49,6	52,3	53,0	56,5	56,5	56,1	57,7	60,9	62,6	64,4	66,7	52,2
8	34,1	34,1	35,5	39,2	42,0	45,3	45,9	49,6	52,0	53,0	56,5	56,3	55,7	57,5	60,7	62,7	65,0	67,5	52,0

Medie per livello	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
	34,2	33,9	35,5	37,8	42,2	44,3	45,8	49,0	51,3	52,8	56,0	56,8	56,7	58,0	60,8	63,3	66,2	69,1	51,8

Tabella 272 – Modulo C per la raccolta degli scarti tipo infracella

S_{ij}	MODULO C: scarto tipo del potere fonoisolante apparente R' [dB]																		
	livello: f [Hz]																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
LAB	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
1	1,85	1,01	1,50	1,54	0,75	0,93	0,60	0,90	0,51	0,61	0,44	0,12	0,36	0,27	0,20	0,48	0,73	1,61	0,55
2	0,69	0,85	1,72	0,86	0,92	0,20	0,75	0,33	0,50	0,19	0,45	0,51	0,47	0,36	0,47	0,94	1,20	0,77	0,55
3	1,86	1,61	0,59	1,15	1,10	0,32	0,37	0,17	0,55	0,63	0,31	0,66	0,56	0,41	0,60	0,44	0,39	0,45	0,55
4	2,10	1,27	1,82	1,97	0,70	0,29	0,44	0,43	0,82	0,26	0,39	0,46	0,40	0,54	0,51	0,91	0,45	0,54	0,55
5	1,61	0,92	1,34	0,86	0,78	0,78	0,68	0,73	0,57	0,55	0,61	0,69	0,48	0,32	0,42	0,77	0,85	1,94	0,55
6	2,86	1,27	0,31	0,66	1,11	1,22	0,77	0,75	0,52	0,59	0,45	0,50	0,56	0,36	0,37	0,52	0,36	1,10	0,55
7	3,06	0,59	1,24	0,98	0,66	0,92	0,29	0,59	0,31	0,25	0,48	0,87	0,58	0,39	0,53	0,33	0,49	0,87	0,45
8	1,16	0,51	1,49	0,88	0,97	0,22	0,61	0,40	0,41	0,31	0,18	1,20	0,23	0,42	0,32	0,69	0,32	0,22	0,00

Tabella 273 - Calcolo degli indicatori per i test grafici h e k di Mandel

n° di lab per livello	p_j	8
n° di ripetizioni per livello	n_j	5
indicatore k (1%)	k (1%)	1,74
indicatore k (5%)	k (5%)	1,5
indicatore h (1%)	h (1%)	2,18
indicatore h (5%)	h (5%)	1,8

Nota: nel caso in esame, per tutti i laboratori e in tutto l'intervallo di frequenza considerato (da 100 a 5000 Hz), si ha lo stesso numero di ripetizioni (nel modulo A non vi è alcuna cella vuota). In tali condizioni, gli indicatori per i parametri h e k di Mandel sono costanti, cioè non variano con il livello.

Tabella 274– Risultati per il test h di coerenza interlaboratorio

h	livello: f [Hz]																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
LAB	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
1	-0,91	1,51	1,13	-1,00	-0,26	-1,26	-0,87	-1,34	-1,16	-1,58	-1,08	0,57	1,00	-0,32	0,20	1,27	1,31	0,57	-0,76
2	-0,89	1,33	0,02	-0,57	-0,36	-1,14	-1,85	-0,94	-1,24	-0,83	-0,99	0,19	0,96	0,35	0,37	1,54	1,40	0,66	-0,76
3	1,71	-0,45	0,22	-0,70	-1,40	-0,15	0,63	0,04	-0,29	-0,40	-0,76	-1,47	-1,40	-1,42	-1,55	-1,27	-0,37	-0,99	-0,32
4	0,55	-0,81	1,23	-0,96	-0,98	-0,87	-0,14	0,16	-0,85	-0,38	-0,75	-0,84	-0,34	-0,39	-1,31	-0,79	0,66	-0,48	-0,76
5	-1,32	-1,32	-1,98	0,23	0,82	0,34	-0,13	-1,03	0,73	1,43	0,87	1,03	0,87	1,13	0,97	0,01	-0,59	0,74	-0,76
6	0,55	-0,54	-0,43	1,77	1,48	0,97	0,77	1,04	1,19	1,10	1,49	1,50	0,71	1,66	1,33	0,36	-0,28	1,53	1,84
7	0,36	0,15	-0,24	0,20	0,97	1,23	1,31	1,03	0,95	0,28	0,61	-0,41	-0,65	-0,35	0,07	-0,60	-1,28	-1,24	0,97
8	-0,05	0,12	0,06	1,02	-0,28	0,88	0,27	1,05	0,67	0,38	0,61	-0,56	-1,15	-0,66	-0,08	-0,52	-0,84	-0,79	0,54

In grigio chiaro sono indicati i valori dispersi (cioè i valori che risultano superiori ai valori critici di h al livello di significatività del 5%, ma inferiori ai livelli critici all'1%). Non risulta alcun valore anormale

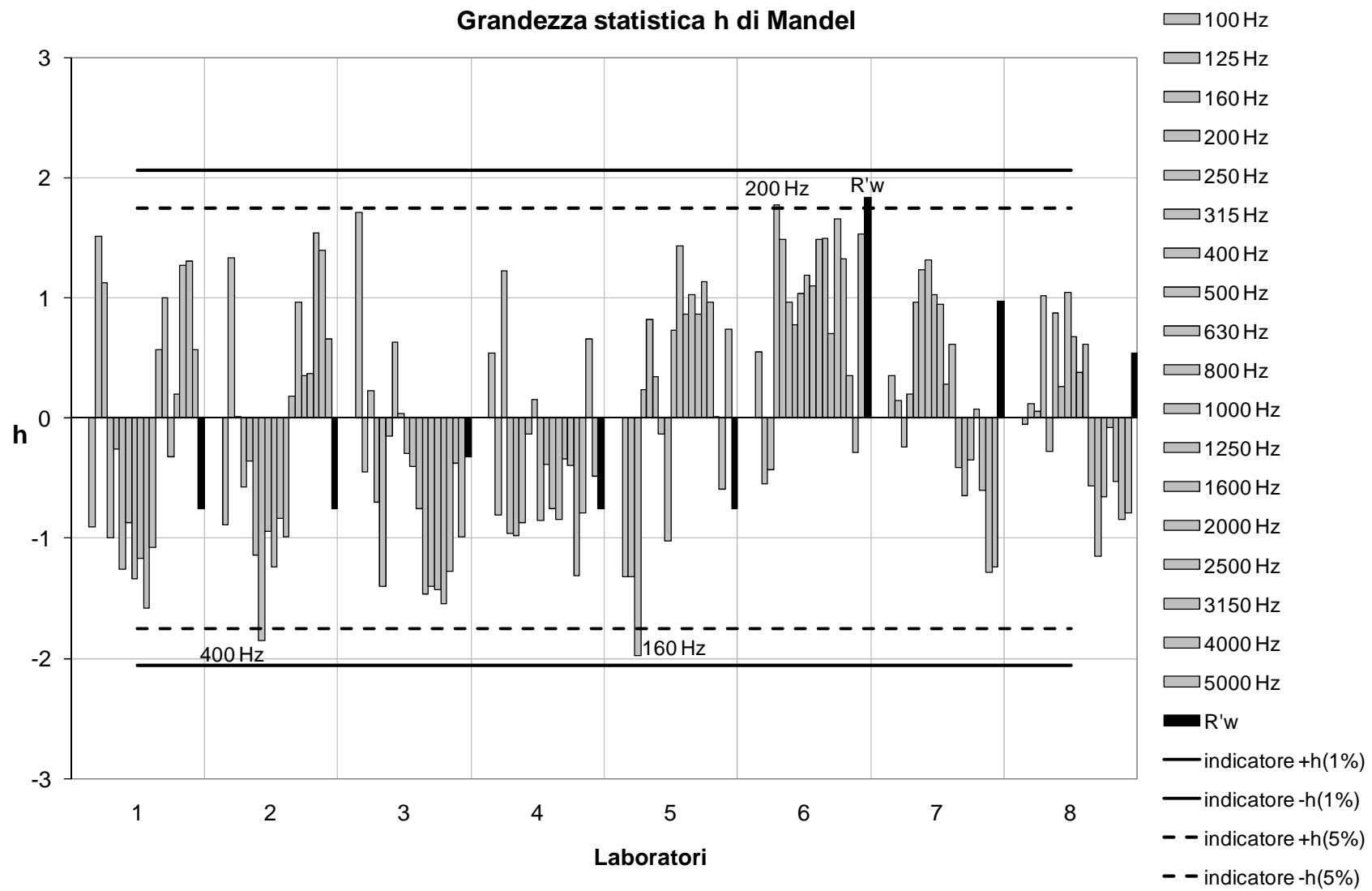


Figura 181 – Grafico della grandezza statistica h di Mandel

Tabella 275– Risultati per il test *k* di coerenza intralaboratorio

<i>k</i>	livello: <i>f</i> [Hz]																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
LAB	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	<i>R_w</i>
1	0,91	0,95	1,11	1,30	0,84	1,30	1,03	1,54	0,94	1,32	1,02	0,17	0,77	0,68	0,45	0,71	1,10	1,48	1,10
2	0,34	0,80	1,28	0,73	1,04	0,28	1,29	0,56	0,92	0,41	1,05	0,74	1,01	0,91	1,05	1,41	1,81	0,71	1,10
3	0,91	1,52	0,43	0,97	1,24	0,45	0,63	0,28	1,02	1,37	0,71	0,95	1,19	1,06	1,36	0,65	0,59	0,41	1,10
4	1,03	1,19	1,35	1,66	0,78	0,41	0,74	0,74	1,52	0,56	0,91	0,66	0,85	1,37	1,15	1,36	0,67	0,49	1,10
5	0,79	0,86	0,99	0,73	0,88	1,09	1,15	1,25	1,05	1,21	1,42	0,99	1,03	0,82	0,94	1,15	1,28	1,79	1,10
6	1,40	1,19	0,23	0,55	1,25	1,71	1,30	1,28	0,96	1,29	1,05	0,72	1,19	0,93	0,84	0,77	0,54	1,01	1,10
7	1,50	0,56	0,92	0,83	0,74	1,29	0,49	1,00	0,58	0,55	1,11	1,26	1,23	1,00	1,18	0,49	0,74	0,80	0,89
8	0,57	0,48	1,11	0,74	1,09	0,31	1,03	0,68	0,76	0,68	0,42	1,73	0,50	1,08	0,72	1,04	0,48	0,20	0,00

Nel test *k*, risultano 4 valori anormali (evidenziati in grigio scuro) e 5 valori dispersi (segnati in grigio chiaro)

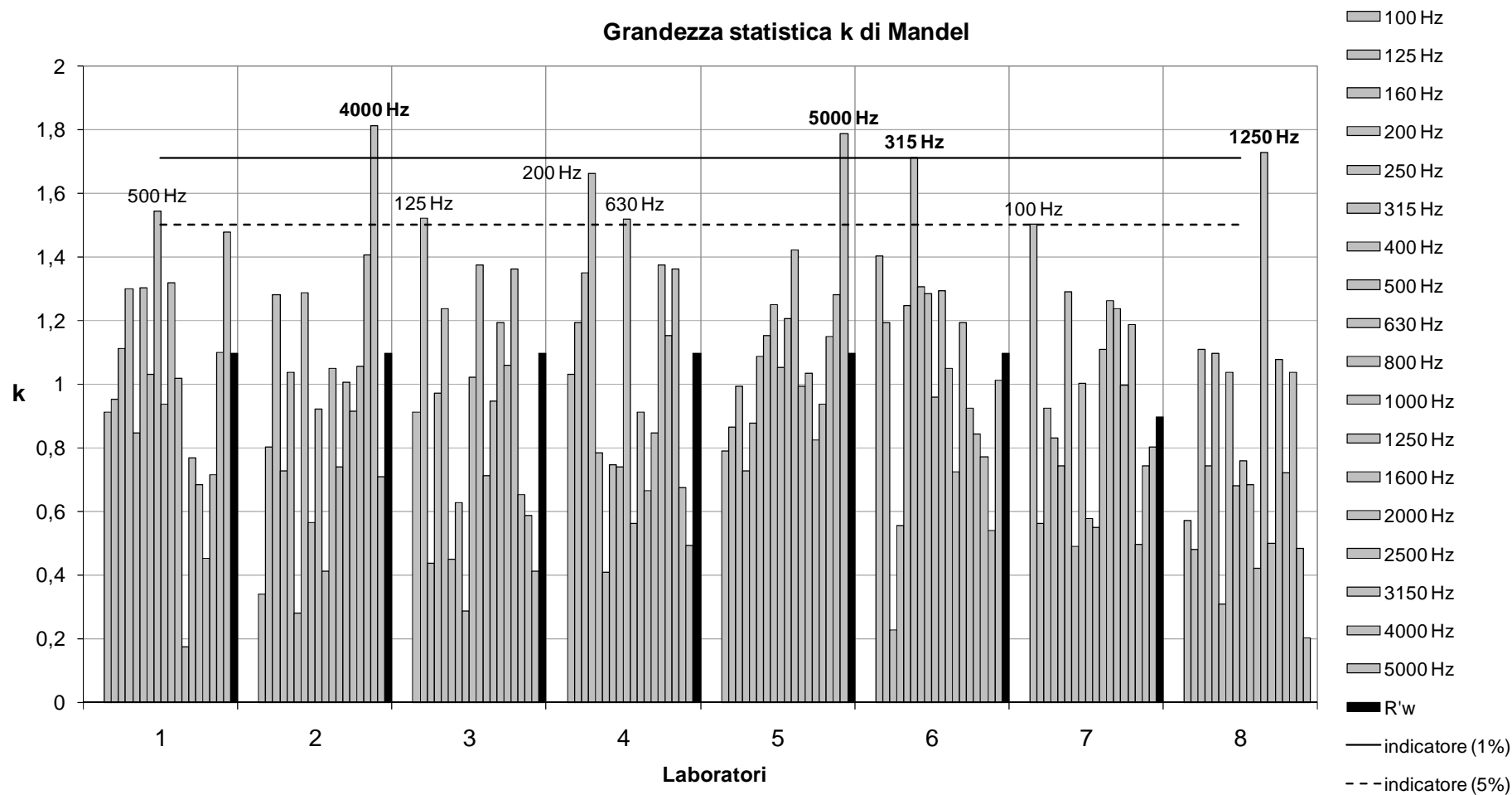


Figura 182 – Grafico della grandezza statistica k di Mandel

Tabella 276 - Valori critici per il test di Cochran

n° di lab	p_j	8
n° di ripetizioni	n_j	5
valore critico al livello 1%	$C_{cr}(1\%)$	0,46
valore critico al livello 5%	$C_{cr}(5\%)$	0,39

Tabella 277 – Risultati dell'applicazione del test di Cochran sugli scarti massimi, con indicazione del laboratorio che ha prodotto i risultati dispersi e anomali

C_j	livello: f [Hz]																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R_w
	0,28	0,29	0,23	0,35	0,19	0,37	0,21	0,30	0,29	0,24	0,25	0,37	0,19	0,24	0,23	0,25	0,41	0,40	0,28
Relativo lab																	2	5	

Dall'applicazione del test di Cochran, risultano solo due valori dispersi, corrispondenti ai laboratori 2 e 5, rispettivamente a 4000 e a 5000 Hz

Tabella 278 - Valori critici per il test di Grubbs

n° di lab	p_j	8
valore critico per il test singolo al livello 1%	$C_{cr}(1\%)$	2,27
valore critico per il test singolo al livello 5%	$C_{cr}(5\%)$	2,13
valore critico per il test doppio al livello 1%	$C_{cr}(1\%)$	0,06
valore critico per il test doppio al livello 5%	$C_{cr}(5\%)$	0,11

Tabella 279 – Test di Grubbs applicato alle medie di cella

Verifica del valore maggiore delle medie di cella																			
Livello	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R _w '
G _p	1,71	1,51	1,23	1,77	1,48	1,23	1,31	1,05	1,19	1,43	1,49	1,50	1,00	1,66	1,33	1,54	1,40	1,53	1,84

Verifica del valore minore delle medie di cella																			
G _l	1,32	1,32	1,98	1,00	1,40	1,26	1,85	1,34	1,24	1,58	1,08	1,47	1,40	1,42	1,55	1,27	1,28	1,24	0,76

Verifica dei due valori maggiori delle medie di cella																			
G	0,42	0,22	0,47	0,22	0,41	0,53	0,56	0,59	0,56	0,38	0,44	0,38	0,63	0,24	0,49	0,24	0,30	0,47	0,20

Verifica dei due valori minori delle medie di cella																			
G	0,52	0,55	0,28	0,64	0,45	0,45	0,23	0,46	0,45	0,40	0,59	0,47	0,38	0,55	0,22	0,58	0,56	0,53	0,78

Non si verificano valori anormali o dispersi né per il test singolo né per quello doppio

Tabella 280 – Scarti tipo di ripetibilità (s_r) e riproducibilità (s_R)

Valori degli scarti tipo di ripetibilità e riproducibilità																			
Livello	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R _w '
s _r	2,04	1,06	1,35	1,18	0,89	0,71	0,59	0,59	0,54	0,46	0,43	0,69	0,47	0,39	0,44	0,67	0,66	1,09	0,5
s _R	3,03	2,22	1,59	1,71	1,20	1,24	0,80	0,81	1,16	0,84	0,97	1,13	0,94	0,76	1,25	1,40	1,50	2,17	0,64

Tabella 281 – Valori di ripetibilità (s_r) e riproducibilità (s_R)

Valori degli scarti tipo di ripetibilità e riproducibilità																			
Livello	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R _w '
<i>r</i>	5,71	2,97	3,77	3,31	2,49	2,00	1,64	1,64	1,51	1,29	1,21	1,94	1,31	1,09	1,24	1,88	1,86	3,04	1,40
<i>R</i>	8,47	6,23	4,45	4,78	3,37	3,48	2,25	2,27	3,26	2,35	2,72	3,15	2,63	2,13	3,49	3,93	4,20	6,08	1,80

J Dati relativi all'analisi del test interlaboratorio svolto presso il laboratorio Isolgomma

J.1 Elenco misure e fogli per l'annotazione delle posizioni utilizzate

ELENCO DELLE MISURE PREVISTE

Livello normalizzato di calpestio, misurato secondo la norma UNI EN ISO 140 parte 7

Descrizione	N° minimo di rilevazioni	N° ripetizioni	N° totale di misure
Livelli nell'ambiente ricevente	6	5	30
Livelli del rumore di fondo	2	5	10

Livello normalizzato di calpestio, misurato secondo la norma UNI EN ISO 10052

Descrizione	N° minimo di rilevazioni	N° ripetizioni	N° totale di misure
Livelli nell'ambiente ricevente	3	5	15
Livelli del rumore di fondo	1	5	5

Tempo di riverbero, misurato secondo le indicazioni contenute nelle norme UNI EN ISO 140 parti 4 e 7

Descrizione	N° minimo di rilevazioni	N° ripetizioni	N° totale di misure
Decadimenti	6	5	30

Potere fonoisolante apparente, secondo la norma UNI EN ISO 140 parte 4

Descrizione	N° minimo di rilevazioni	N° ripetizioni	N° totale di misure
Livelli nell'ambiente trasmittente	10	5	50
Livelli nell'ambiente ricevente	10	5	50
Livelli del rumore di fondo	2	5	10

Potere fonoisolante apparente, secondo la norma UNI EN ISO 10052

Descrizione	N° minimo di rilevazioni	N° ripetizioni	N° totale di misure
Livelli nell'ambiente trasmittente	1	5	5
Livelli nell'ambiente ricevente	1	5	5
Livelli del rumore di fondo	1	5	5

N° totale di livelli	185
N° totale di decadimenti	30
N° totale di rilevazioni	215

Figura 183 – Elenco delle misure previste per ogni laboratorio

MISURA DEL LIVELLO NORMALIZZATO DI CALPESTIO secondo la norma UNI EN ISO 140-7

RIPETIZIONE N°	
----------------	--

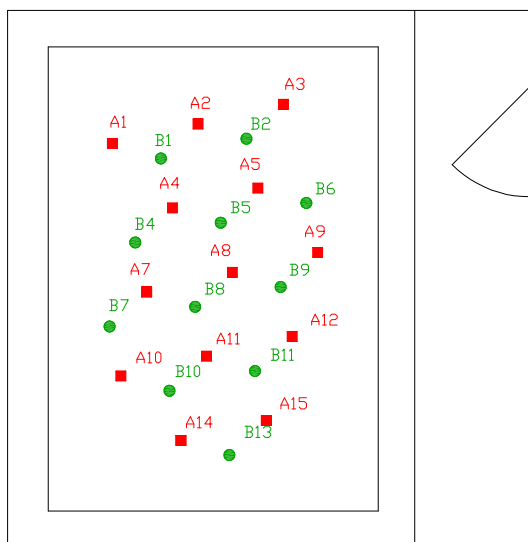
Ora di inizio delle misure	
Temperatura iniziale [°C]	
Umidità iniziale [%]	

Ora di fine delle misure	
Temperatura finale [°C]	
Umidità finale [%]	

Livelli nell'ambiente ricevente	Posizione della sorgente	Altezza della sorgente [m]	Posizione del microfono	Altezza del microfono [m]	Note
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Livelli del rumore di fondo nell'ambiente ricevente	Posizione della sorgente	Altezza della sorgente [m]	Posizione del microfono	Altezza del microfono [m]	Note
1					
2					

AMBIENTE TRASMITTENTE



AMBIENTE RICEVENTE

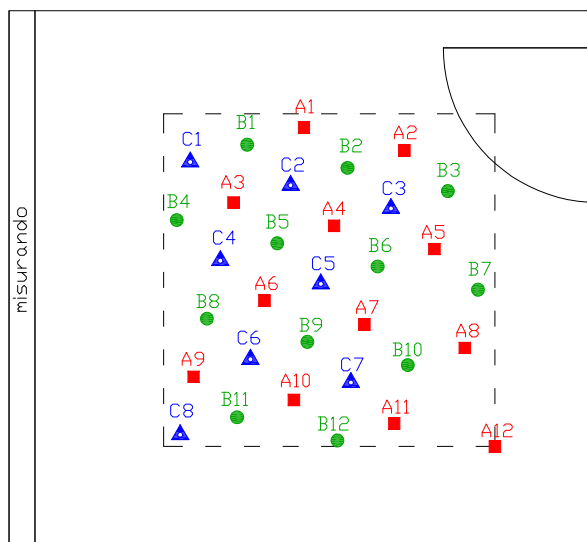


Figura 184– Foglio per l’annotazione dei dati di misura del livello normalizzato di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 140-7

MISURA DEL LIVELLO NORMALIZZATO DI CALPESTIO secondo la norma UNI EN ISO 10052

RIPETIZIONE N°	
----------------	--

Ora di inizio delle misure	
Temperatura iniziale [°C]	
Umidità iniziale [%]	

Ora di fine delle misure	
Temperatura finale [°C]	
Umidità finale [%]	

Livelli nell'ambiente ricevente	Posizione della sorgente	Altezza della sorgente [m]	Posizione del microfono	Altezza del microfono [m]	Note
1					
2					
3					

Livelli del rumore di fondo nell'ambiente ricevente	Posizione della sorgente	Altezza della sorgente [m]	Posizione del microfono	Altezza del microfono [m]	Note
1					

AMBIENTE TRASMITTENTE

AMBIENTE RICEVENTE

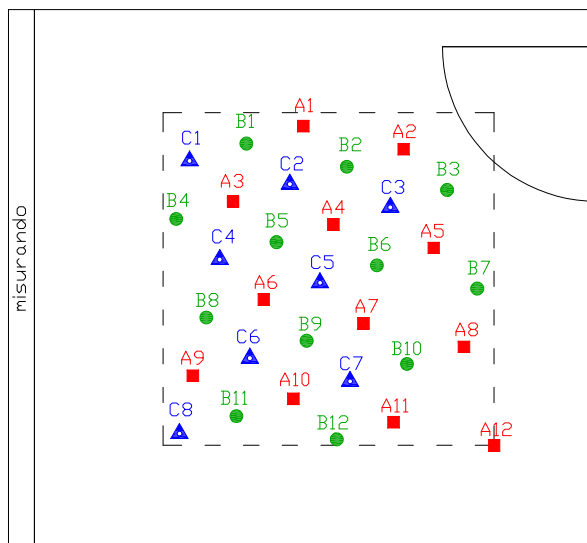
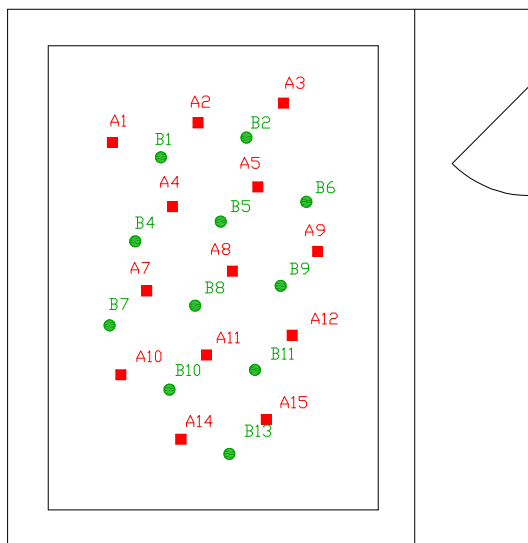


Figura 185 – Foglio per l'annotazione dei dati di misura del livello normalizzato di calpestio secondo la norma UNI VEN ISO 10052

MISURA DEL POTERE FONOIOLANTE secondo la norma UNI EN ISO 140-4

RIPETIZIONE N°	
----------------	--

Ora di inizio delle misure	
Temperatura iniziale [°C]	
Umidità iniziale [%]	

Ora di fine delle misure	
Temperatura finale [°C]	
Umidità finale [%]	

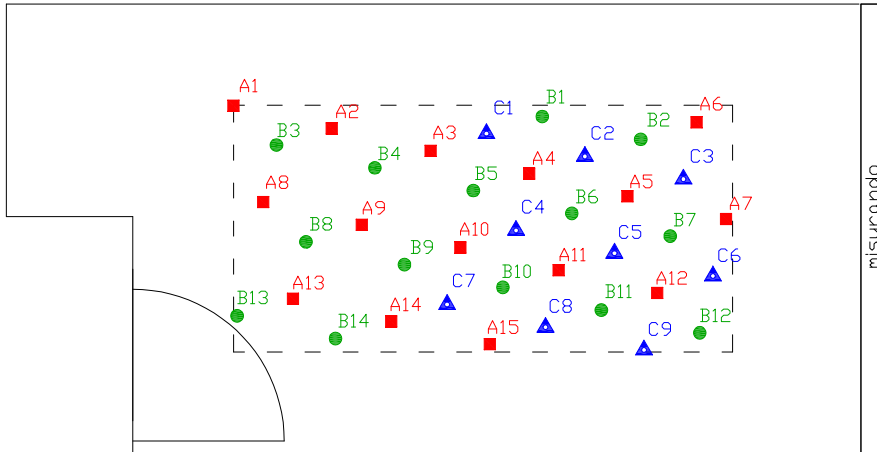
Livelli nell'ambiente trasmittente	Posizione della sorgente	Altezza della sorgente [m]	Posizione del microfono	Altezza del microfono [m]	Note
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Livelli nell'ambiente ricevente	Posizione della sorgente	Altezza della sorgente [m]	Posizione del microfono	Altezza del microfono [m]	Note
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Livelli del rumore di fondo nell'ambiente ricevente	Posizione della sorgente	Altezza della sorgente [m]	Posizione del microfono	Altezza del microfono [m]	Note
1					
2					

Figura 186 - Foglio per l'annotazione dei dati di misura del potere fono isolante apparente secondo la norma UNI EN ISO 140-4 (parte I)

AMBIENTE TRASMITTENTE



AMBIENTE RICEVENTE

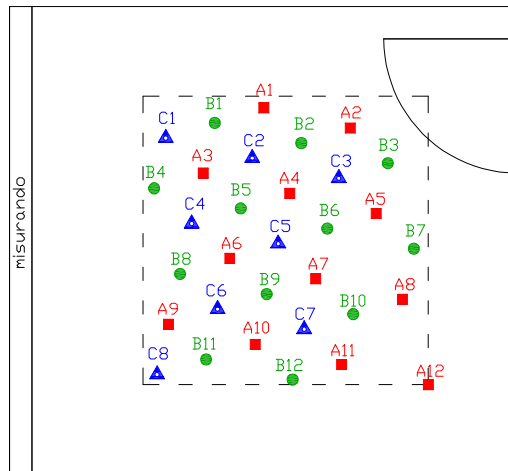


Figura 187- Foglio per l'annotazione dei dati di misura del potere fono isolante apparente secondo la norma UNI EN ISO 140-4 (parte II)

MISURA DEL POTERE FONOISOLANTE secondo la norma UNI EN ISO 10052

RIPETIZIONE N°	
----------------	--

Ora di inizio delle misure	
Temperatura iniziale [°C]	
Umidità iniziale [%]	

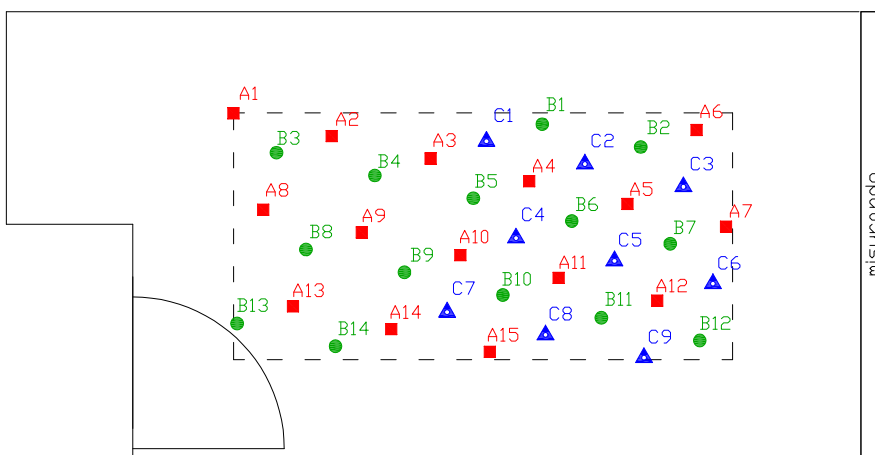
Ora di fine delle misure	
Temperatura finale [°C]	
Umidità finale [%]	

Livelli nell'ambiente trasmittente	Posizione della sorgente	Altezza della sorgente [m]	Posizione del microfono	Altezza del microfono [m]	Note
1					

Livelli nell'ambiente ricevente	Posizione della sorgente	Altezza della sorgente [m]	Posizione del microfono	Altezza del microfono [m]	Note
1					

Livelli del rumore di fondo nell'ambiente ricevente	Posizione della sorgente	Altezza della sorgente [m]	Posizione del microfono	Altezza del microfono [m]	Note
1					

AMBIENTE TRASMITTENTE



AMBIENTE RICEVENTE

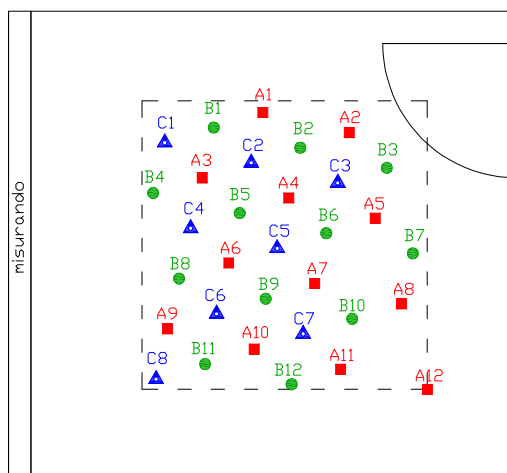


Figura 188 - Foglio per l'annotazione dei dati di misura del potere fono isolante apparente secondo la norma UNI EN ISO 10052

MISURA DEL TEMPO DI RIVERBERO

RIPETIZIONE N°	
----------------	--

Ora di inizio delle misure	
Temperatura iniziale [°C]	
Umidità iniziale [%]	

Ora di fine delle misure	
Temperatura finale [°C]	
Umidità finale [%]	

N° della misura	Posizione della sorgente	Altezza della sorgente [m]	Posizione del microfono	Altezza del microfono [m]	Note
1					
2					
3					
4					
5					
6					

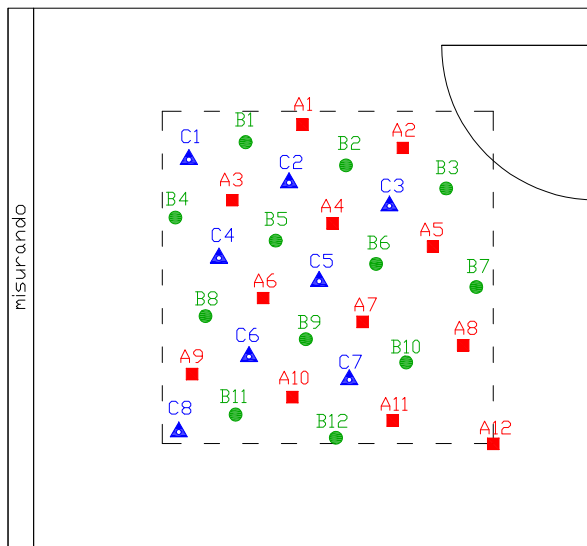


Figura 189 - - Foglio per l'annotazione dei dati dei rilievi di tempo di riverberazione

J.2 Schematizzazione delle modalità di misura utilizzate dalle differenti squadre

J.2.1 Misura del potere fonoisolante apparente secondo la norma UNI EN ISO 140-4

Per la misura del potere fonoisolante apparente, la norma UNI EN ISO 140-4 indica di utilizzare almeno due posizioni di sorgente sonora, con cinque rilevazioni microfoniche, sia nell'ambiente trasmittente che in quello ricevente, per ognuna delle posizioni di sorgente.

Nelle sottostanti tabelle è stata utilizzata la seguente simbologia:

- *v* ad indicare una variazione delle posizioni tra le diverse ripetizioni;
- *f* se sono state utilizzate le stesse posizioni nelle cinque ripetizioni;
- gli asterischi rimandano a spiegazioni a piede della tabella, nel caso di situazioni particolari;
- è stato utilizzato un trattino quando un laboratorio non ha prodotto alcun risultato.

Tabella 282 – Indicazione dell'utilizzo di posizioni fisse o variate nelle ripetizioni della misura di potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 140-4)

R' (UNI EN ISO140-4)			
LAB	Posizione della sorgente nelle diverse ripetizioni	Posizioni del microfono nella camera trasmittente	Posizioni del microfono nella camera ricevente
1	<i>v</i>	<i>v</i>	<i>v</i>
2	<i>v</i>	<i>v</i>	<i>v</i>
3	(*)	(*)	(*)
4	<i>v</i>	<i>v</i>	<i>v</i>
5	<i>v</i>	<i>v</i>	<i>v</i>
6	<i>f</i>	<i>v</i> (**)	<i>v</i> (**)
7	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>
8	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>
9	<i>v</i>	<i>v</i>	<i>v</i>
10	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>
11 (***)	-	-	-

(*) è stata usata una sola posizione di sorgente (invece di due come prescritto dalla norma UNI EN ISO140-4), variandone la posizione nelle 5 ripetizioni; sia nell'ambiente ricevente e che in trasmittente sono stati utilizzati 10 diversi punti di misura, mantenendoli all'incirca costanti nelle 5 ripetizioni.

(**) i cinque punti utilizzati, non sono variati nelle 5 ripetizioni, tuttavia sono state variate le combinazioni dell'altezza della sorgente e dell'altezza dei microfoni.

(***) il laboratorio 11 non ha fornito risultati di potere fonoisolante misurato secondo la norma UNI EN ISO 140-4

J.2.2 Misura del livello di calpestio normalizzato, secondo la norma UNI EN ISO 140-7

In accordo con la norma UNI EN ISO 140-7, il numero minimo di posizioni del generatore normalizzato di calpestio è quattro; il numero minimo di rilevazioni del livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente è sei. Ad esempio la norma suggerisce la seguente combinazione: per due posizioni del generatore e due posizioni di microfono, utilizzare le quattro combinazioni possibili; per le altre due posizioni del generatore e del microfono, eseguire misurazioni una ad una.

Tabella 283 – Indicazione dell'utilizzo di posizioni fisse o variate nelle ripetizioni della misura di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 140-7)

L'_n (UNI EN ISO 140-7)		
LAB	Posizione del generatore normalizzato di calpestio	Posizioni del microfono nella camera ricevente
1	v	v
2	v	v
3	(*)	(*)
4	v	v
5	v	v
6	f	v(**)
7	f(***)	f
8	f	f
9	v	v
10 (****)	-	-
11	f	f

- (*) è stata utilizzata una sola posizione di del generatore di calpestio (invece di quattro), che è stata variata nelle 5 ripetizioni; per il microfono sono state utilizzati sei punti diversi in ricevente (la prescrizione minima è di 3 punti), rimasti uguali nelle 5 ripetizioni.
- (**) sono rimaste uguali le tre posizioni del microfono ma ne è stata variata l'altezza.
- (***) sono state utilizzate sono tre posizioni del generatore normalizzato di calpestio, invece di quattro come prescritto dalla norma.
- (****) il laboratorio 10 ha eseguito due sole ripetizioni della misura, in condizioni tra l'altro difformi da quanto indicato nelle istruzioni del Test Interlaboratorio, ed è stato per questo escluso dalle valutazioni relative al parametro di isolamento di calpestio, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-7.

J.2.3 Misura del potere fonoisolante apparente secondo la norma UNI EN ISO 10052

La norma UNI EN ISO 10052 prescrive una sola posizione della sorgente sonora (nell'angolo opposto alla parete divisoria, ad almeno mezzo metro dalle pareti) ed una sola rilevazione del livello di pressione sonora nei due ambienti: l'operatore deve stare in piedi al centro dell'ambiente, con le spalle alla parete, il microfono va movimentato con una traiettoria "ad otto", eseguendo quattro rotazioni, con velocità costante, nell'arco di 30 secondi.

Tabella 284– Indicazione dell'utilizzo di posizioni fisse o variate nelle ripetizioni della misura di potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 10052)

R' (UNI EN ISO 10052)			
LAB	Posizione della sorgente nelle diverse ripetizioni	Posizioni del microfono nella camera trasmittente	Posizioni del microfono nella camera ricevente
1	v	v (*)	v (*)
2	v	v (*)	v (*)
3	v	v (**)	v (**)
4	v	f	f
5	v	f	f
6	f	v (*)	v (*)
7	f	f	f
8	f	f	f
9	v	v (*)	v (*)
10	f	f	f
11	f	f	f

(*) posizione del microfono variata, limitatamente, nell'intorno del centro stanza

(**) posizione del microfono variata all'interno della stanza, tra le diverse ripetizioni (la norma UNI EN ISO 10052, prescriverebbe di effettuare la misura in centro stanza)

J.2.4 Misura del livello di calpestio normalizzato, secondo la norma UNI EN ISO 10052

Nel caso di un solaio non omogeneo, come il solaio in laterocemento su cui sono state eseguite le misure, vanno utilizzate almeno tre posizioni del generatore normalizzato di calpestio. Per ognuna di queste va eseguita una sola rilevazione del livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente. Le prescrizioni per la posizione dell'operatore e per la traiettoria microfonica, sono uguali al caso del potere fonoisolante.

Tabella 285– Indicazione dell'utilizzo di posizioni fisse o variate nelle ripetizioni della misura di calpestio secondo la norma UNI EN ISO 10052)

L'_n (UNI EN ISO 140-7)		
LAB	Posizione del generatore normalizzato di calpestio	Posizioni del microfono nella camera ricevente
1	v	f
2	v	f
3	(*)	f
4	v	f
5	v	f
6	f	f
7	f	f
8	f	f
9	v	f
10	f	f
11	f	f

(*) è stata utilizzata una sola posizione di del generatore di calpestio (invece di tre), che è stata variata nelle 5 ripetizioni.

J.2.5 Misura del tempo di riverberazione

Per la misura del tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, le norme 140 parti 4 e 7 indicano come minimo l'utilizzo di una posizione di sorgente e tre posizioni di microfono, con due letture in ciascun caso, per un totale di sei rilevazioni.

Tabella 286– Indicazione dell'utilizzo di posizioni fisse o variate nelle ripetizioni della misura del tempo di riverbero

Tempo di riverbero		
LAB	Posizione della sorgente nelle diverse ripetizioni	Posizioni del microfono nella camera ricevente
1	v	v
2	v	v
3	v	v
4	v	v
5	f	v
6	f	v (**)
7	f	f
8	f	f
9	v	v
10	(*)	(*)
11	f	f

(*) Usate due posizioni di sorgente, sei punti di misura, con tre letture del tempo di riverberazione in ogni punto. Le 36 misure ottenute sono state mediate, ricavando un unico valore del tempo di riverbero, che è stato utilizzato per nei calcoli delle cinque ripetizioni.

(**) Sono state utilizzate le stesse tre posizioni di microfono nelle cinque ripetizioni, ma è stata variata l'altezza.

J.2.6 Strumentazione utilizzata dalle squadre partecipanti

Tabella 287 – Elenco della strumentazione utilizzata dalle varie squadre

Strumentazione utilizzata					
LAB	fonometro	microfono	calpestio	amplificatore	dodecaedro
1	Svantek 949	microfono Svantek SV22 S preamplificatore SV12L S	Svantek	Samson SX1200	sorgente sonora omnidirezionale Brüel & Kjær 4296
	(utilizzati due strumenti, dello stesso tipo, uno per l'acquisizione dei livelli ed uno per i tempi di riverbero)				
2	Svantek 958	microfono Svantek SV22 S preamplificatore SV12L S (usati 2 microfoni)	Norsonic modello NOR 211-A	Samson SX1200	Svantek
3	Delta Ohm HD2110	MG MK221	Lookline EM50	Look-Line D300	
4	Norsonic Nor 118 S	microfono Norsonic 1225 S preamplificatore Norsonic 1206 S	Norsonic modello NOR 211-A	Svantek SX1200	Svantek
5	2 fonometri analizzatori Larson Davis 824	Larson Davis	Look-Line EM50	Look-Line D 300	
6	BRUEL & KJAER mod. 2260	BRUEL & KJAER mod. 4189	LOOKLINE mod. EM50	LOOKLINE mod. D300	Diffusore dodecaedrico omnidirezionale NORSONIC
7	Analizzatore bicanale LD 2900B con due microfoni a campo diffuso LD2560 e preamplificatori LD PRM900C (per le UNI EN ISO 140-4 e 7 e tempi di riverberazione)		Sorgente di calpestio B&K3207	MiniAmpli12 01dB	Sorgente dodecaedrica MiniOmni12
	Analizzatore B&K 2250 (per le UNI 10052)				
8	Svantek 948	Brüel & Kjær 4188	Svantek	amplificatore di potenza Brüel & Kjær 2716	sorgente sonora omnidirezionale Brüel & Kjær 4296
9	Brüel & Kjær 2260	Brüel & Kjær 4189	Brüel & Kjær 3204	amplificatore di potenza Brüel & Kjær 2716	sorgente sonora omnidirezionale Brüel & Kjær 4296
10	Brüel & Kjær 2260	Brüel & Kjær 4189	Brüel & Kjær 3207	Brüel & Kjær LAB GRUPPEN LAB 300	Brüel & Kjær "Omnipower" 4296
11	Fonometro Svantek 958 per l'acquisizione dei livelli e Larson Devis 824 per i tempi di riverbero		LOOKLINE mod. EM50	Svantek a batteria	Svantek

J.3 Analisi dei dati di livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-7 (ANALISI INIZIALE SU TUTTI I DATI)

Tabella 288 - Modulo A (I parte) per la raccolta dati per il livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-7 (TUTTI I DATI)

y_{ijk}		MODULO A :livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L'_n [dB] (1)																					
		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	ripetizioni	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW} [dB]
1	1	54,4	49,7	59,9	52,7	64,1	67,0	66,8	70,5	72,9	70,4	71,2	77,4	79,4	78,8	79,8	81,5	85,1	88,5	85,1	82,6	80,7	91,0
	2	56,4	50,3	55,2	52,0	64,0	67,5	70,2	72,3	73,1	71,6	73,0	76,5	79,3	79,2	79,1	81,1	85,0	88,3	85,5	83,0	81,4	91,0
	3	53,0	46,8	57,2	53,4	63,0	66,6	68,4	73,6	73,3	72,7	71,4	76,2	79,2	79,1	80,6	81,3	84,9	88,9	85,6	83,1	81,3	91,0
	4	56,0	49,9	60,1	52,2	63,5	65,4	66,4	72,2	71,7	71,4	73,3	77,1	79,6	78,5	80,1	81,3	85,2	87,7	84,8	82,5	80,5	91,0
	5	55,8	50,9	59,2	52,6	64,5	65,8	68,5	73,0	73,7	71,4	72,7	76,6	78,1	78,2	78,9	80,3	84,4	87,6	84,7	82,6	80,8	90,0
2	1	51,1	0,0	57,2	55,3	62,8	66,4	70,5	74,2	73,9	72,6	70,3	77,3	79,5	78,4	79,7	80,6	84,6	88,1	84,5	83,0	80,6	91,0
	2	50,1	58,8	58,4	54,5	60,2	66,3	70,6	73,8	74,1	74,3	72,6	77,3	82,0	79,1	79,9	81,1	85,1	87,1	84,8	82,9	81,0	91,0
	3	52,7	59,2	56,2	56,0	67,8	67,6	71,2	72,0	73,6	74,0	72,0	78,3	80,7	79,6	80,6	82,3	85,8	88,2	85,4	83,4	81,3	91,0
	4	49,7	60,0	58,8	53,5	60,3	67,6	68,7	72,4	72,5	72,5	74,1	76,4	79,9	79,5	80,4	81,5	84,5	88,0	85,0	82,6	80,9	91,0
	5	51,6	60,8	61,9	55,8	63,8	67,0	70,0	72,0	74,3	73,5	72,3	77,8	79,9	79,5	79,9	82,3	84,7	87,4	85,1	82,7	80,9	91,0
3	1	0,0	0,0	0,0	56,5	65,9	64,8	67,7	71,8	75,3	70,3	74,5	79,4	79,7	80,1	80,8	82,2	85,5	89,7	85,7	0,0	0,0	92,0
	2	0,0	0,0	0,0	55,1	65,3	67,3	68,9	70,8	76,3	72,5	70,3	78,3	79,6	80,1	80,6	82,0	86,7	89,9	86,2	0,0	0,0	92,0
	3	0,0	0,0	0,0	54,2	61,5	66,6	71,2	73,5	74,2	72,4	70,4	76,2	80,6	78,6	80,7	81,2	85,6	89,5	85,4	0,0	0,0	92,0
	4	0,0	0,0	0,0	57,1	61,4	66,1	67,7	74,2	71,8	72,4	71,0	78,8	81,2	81,2	81,7	83,1	87,1	90,0	86,9	0,0	0,0	93,0
	5	0,0	0,0	0,0	56,4	65,8	63,1	70,6	71,1	75,0	73,8	70,9	76,9	80,4	77,9	78,2	81,3	84,9	86,5	84,7	0,0	0,0	90,0
4	1	47,3	47,3	56,0	50,9	63,7	67,1	68,4	72,6	73,3	70,6	71,7	76,9	78,4	78,2	79,2	80,2	85,0	87,9	84,8	82,6	80,9	91,0
	2	49,3	47,2	56,1	53,2	65,8	66,0	69,1	71,2	73,1	72,1	70,5	76,8	79,8	78,8	79,6	81,5	84,9	87,7	85,1	82,7	80,9	91,0
	3	49,7	50,3	56,6	54,7	65,3	66,2	66,1	70,6	72,7	72,3	70,9	78,2	80,3	80,1	80,5	81,4	85,9	88,7	85,6	83,2	81,7	92,0
	4	50,2	46,7	55,8	57,3	67,5	68,7	69,8	69,9	73,5	71,2	71,0	77,5	79,1	79,0	79,1	81,3	85,3	88,3	85,1	82,5	80,5	91,0
	5	49,9	49,1	56,4	54,8	63,5	70,2	70,8	72,5	71,3	71,0	72,5	76,4	78,8	78,3	78,9	80,0	84,4	87,7	84,6	81,8	80,0	90,0
5	1	0,0	0,0	0,0	49,5	65,6	65,7	71,6	71,2	73,8	71,1	70,6	76,7	81,2	79,8	80,7	82,0	86,2	90,0	87,5	0,0	0,0	93,0
	2	0,0	0,0	0,0	52,9	65,7	66,3	69,0	71,3	75,9	73,5	73,3	77,4	79,9	79,1	79,9	82,3	85,8	88,2	86,5	0,0	0,0	92,0
	3	0,0	0,0	0,0	51,0	62,9	65,2	68,5	73,6	73,6	73,4	73,7	77,2	79,3	79,2	79,7	81,3	85,6	88,3	85,6	0,0	0,0	91,0
	4	0,0	0,0	0,0	51,5	64,0	67,9	68,6	70,1	73,1	73,1	74,3	79,7	82,2	80,1	81,4	82,6	87,1	91,1	87,1	0,0	0,0	93,0
	5	0,0	0,0	0,0	51,7	62,5	66,6	69,9	71,8	73,9	72,3	73,4	77,1	79,6	79,1	79,4	81,8	85,7	88,3	85,9	0,0	0,0	91,0

Tabella 289- Modulo A (II parte) per la raccolta dati per il livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-7 (TUTTI I DATI)

Y _{ijk}		MODULO A :livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L' _n [dB] (2)																					
		livello: f [Hz]																					
LAB	ripetizioni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
6	1	52,0	60,5	58,5	55,0	65,9	65,9	70,2	70,4	74,2	71,3	71,4	78,4	80,1	80,3	80,7	82,0	85,8	89,8	86,6	84,7	83,5	92,0
	2	53,2	59,0	61,0	54,0	64,1	66,5	70,3	70,7	72,2	71,0	71,7	77,8	80,6	80,3	80,5	82,3	85,9	89,7	86,3	84,5	83,3	92,0
	3	52,9	59,3	57,4	55,2	64,8	66,3	69,7	70,2	73,9	71,6	71,7	78,0	80,3	80,1	80,5	81,8	86,2	89,4	86,0	84,3	83,2	92,0
	4	52,9	60,2	59,9	57,5	65,4	67,1	71,3	71,3	74,0	71,5	70,8	78,1	80,2	80,7	80,6	82,1	85,7	89,5	86,4	84,2	83,2	92,0
	5	52,4	58,1	59,5	54,3	62,4	66,5	70,1	71,0	76,0	71,6	71,7	77,7	80,4	79,8	80,5	82,1	85,9	89,6	86,0	84,4	83,3	92,0
7	1	50,6	62,0	56,6	54,7	64,5	65,0	67,0	71,3	70,0	70,9	72,1	75,2	79,2	78,6	80,3	80,6	85,3	88,9	85,0	82,7	81,7	91,0
	2	52,2	64,0	55,6	55,4	64,8	65,5	67,6	71,3	70,4	71,7	70,7	76,1	79,4	78,6	80,1	80,7	85,7	88,7	85,3	83,2	82,1	91,0
	3	52,5	63,3	55,6	54,1	64,5	65,0	66,6	71,5	71,6	71,1	70,3	75,4	78,1	78,1	80,0	80,6	85,2	88,4	85,3	83,1	82,0	91,0
	4	52,5	64,1	55,1	54,7	64,5	65,2	67,3	70,7	70,8	71,1	70,6	75,8	78,8	78,3	79,9	80,6	86,0	88,7	85,4	83,2	82,2	92,0
	5	50,9	61,5	56,4	53,8	64,4	64,9	66,9	71,1	71,4	71,7	70,9	76,0	78,5	78,3	79,9	80,9	86,1	88,8	85,2	82,9	81,6	92,0
8	1	54,5	55,3	58,0	52,0	66,1	68,1	68,6	72,2	74,2	71,5	71,3	78,6	79,6	79,2	79,8	81,9	85,4	88,4	84,9	82,2	80,0	91,0
	2	52,1	56,2	58,2	54,0	67,0	67,0	69,1	72,9	75,4	72,4	71,7	77,7	79,2	78,5	79,2	81,8	85,3	87,4	84,8	82,6	80,5	91,0
	3	53,4	56,0	57,8	53,2	67,4	67,3	68,6	72,7	74,5	71,7	72,1	77,9	79,1	78,3	79,1	81,7	85,5	87,7	85,0	82,9	80,8	91,0
	4	53,8	55,6	58,1	53,5	67,6	67,6	68,7	71,8	74,0	71,4	71,8	78,3	79,6	79,0	79,5	82,0	85,4	88,3	84,9	82,3	80,3	91,0
	5	51,8	56,4	58,8	53,7	68,2	67,2	69,1	72,6	74,6	71,7	72,0	77,4	78,8	78,4	78,9	81,1	84,9	87,3	84,3	82,2	80,1	90,0
9	1	0,0	0,0	0,0	52,6	64,7	64,7	67,9	72,4	73,1	72,1	71,8	78,8	79,7	79,4	80,2	81,6	85,4	88,9	85,4	82,8	0,0	91,0
	2	0,0	0,0	0,0	53,8	67,1	66,5	68,8	71,5	73,2	71,7	72,7	79,0	80,2	79,6	80,5	82,1	85,7	89,4	86,2	83,0	0,0	92,0
	3	0,0	0,0	0,0	53,8	63,6	66,7	69,4	72,1	73,1	73,7	72,1	77,3	79,9	78,9	80,5	81,2	85,2	88,5	85,6	82,4	0,0	91,0
	4	0,0	0,0	0,0	54,6	65,7	66,8	69,3	70,3	71,5	72,0	70,8	79,1	80,7	79,9	80,6	82,2	86,1	89,2	85,4	82,8	0,0	92,0
	5	0,0	0,0	0,0	54,5	65,1	69,0	70,3	72,1	72,3	72,4	72,9	78,5	80,0	79,7	80,4	81,8	84,9	89,2	85,9	82,8	0,0	91,0
10	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	1	54,5	51,9	52,4	56,0	67,2	68,8	71,6	73,2	75,1	72,6	73,2	79,2	82,5	81,5	81,9	83,5	87,0	90,8	87,2	85,3	83,8	93,0
	2	53,7	53,7	54,6	55,4	67,5	69,4	70,9	72,2	74,9	71,6	72,1	79,0	82,5	81,3	81,5	83,1	87,5	90,1	87,4	85,2	83,8	93,0
	3	53,9	50,3	54,7	54,9	63,8	70,3	72,1	73,0	74,6	71,5	71,7	79,6	82,3	81,6	81,6	83,3	87,8	90,3	87,3	85,3	83,7	93,0
	4	53,6	53,7	54,5	53,6	66,8	69,3	72,0	73,1	75,8	73,7	73,0	77,9	81,4	79,9	80,5	82,5	85,7	89,4	86,6	84,7	83,3	92,0
	5	51,2	54,4	55,9	55,4	66,6	68,2	71,7	72,1	75,5	73,1	73,3	79,0	82,1	81,1	81,7	83,3	87,2	90,0	87,1	84,8	83,2	93,0

Tabella 290 - Modulo B per la raccolta dei dati delle medie di cella (per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 140-7) (TUTTI I DATI)

\bar{y}_{ij}	MODULO B: medie del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L'_{n} [dB]																					
	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW} [dB]
1	55,12	49,52	58,32	52,58	63,82	66,46	68,06	72,32	72,94	71,50	72,32	76,76	79,12	78,76	79,70	81,10	84,92	88,20	85,14	82,76	80,94	90,80
2	51,04	59,72	58,48	55,02	62,96	66,97	70,21	72,89	73,70	73,35	72,29	77,41	80,38	79,21	80,09	81,52	84,94	87,75	84,96	82,91	80,95	91,00
3	0,00	0,00	0,00	55,86	63,98	65,58	69,22	72,28	74,52	72,28	71,42	77,92	80,30	79,58	80,40	81,96	85,96	89,12	85,78	0,00	0,00	91,80
4	49,27	48,13	56,18	54,20	65,18	67,63	68,84	71,35	72,81	71,46	71,31	77,16	79,27	78,87	79,49	80,87	85,12	88,05	85,03	82,59	80,78	91,00
5	0,00	0,00	0,00	51,31	64,14	66,34	69,50	71,63	74,05	72,69	73,05	77,62	80,42	79,46	80,21	82,00	86,09	89,17	86,52	0,00	0,00	92,00
6	52,68	59,42	59,26	55,20	64,52	66,46	70,32	70,72	74,06	71,40	71,46	78,00	80,32	80,24	80,56	82,06	85,90	89,60	86,26	84,42	83,30	92,00
7	51,74	62,98	55,86	54,54	64,54	65,12	67,08	71,18	70,84	71,30	70,92	75,70	78,80	78,38	80,04	80,68	85,66	88,70	85,24	83,02	81,92	91,40
8	53,12	55,90	58,18	53,28	67,26	67,44	68,82	72,44	74,54	71,74	71,78	77,98	79,26	78,68	79,30	81,70	85,30	87,82	84,78	82,44	80,34	90,80
9	0,00	0,00	0,00	53,86	65,24	66,74	69,14	71,68	72,64	72,38	72,06	78,54	80,10	79,50	80,44	81,78	85,46	89,04	85,70	82,76	0,00	91,40
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	53,38	52,78	54,43	55,08	66,40	69,23	71,65	72,72	75,18	72,49	72,65	78,91	82,17	81,08	81,43	83,15	87,03	90,12	87,12	85,04	83,57	92,80

Tabella 291 – Modulo C per la raccolta degli scarti tipo infracella (per il parametro L'_n , valutato secondo la norma 140-7) (TUTTI I DATI)

S _{ij}	MODULO C: scarto tipo del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L'n [dB]																					
	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L' _{nw}
1	1,40	1,59	2,09	0,54	0,58	0,86	1,52	1,16	0,75	0,82	0,96	0,48	0,59	0,42	0,70	0,47	0,31	0,55	0,40	0,27	0,39	0,45
2	1,20	0,86	2,16	1,03	3,13	0,66	0,94	1,05	0,71	0,83	1,35	0,73	1,01	0,46	0,38	0,74	0,55	0,50	0,34	0,30	0,25	0,00
3	0,00	0,00	0,00	1,18	2,32	1,66	1,62	1,50	1,70	1,26	1,75	1,33	0,66	1,32	1,31	0,77	0,91	1,48	0,83	0,00	0,00	1,10
4	1,16	1,53	0,29	2,34	1,64	1,79	1,78	1,20	0,87	0,74	0,81	0,69	0,77	0,77	0,63	0,73	0,56	0,46	0,38	0,50	0,63	0,71
5	0,00	0,00	0,00	1,24	1,48	1,00	1,30	1,29	1,07	0,98	1,44	1,19	1,23	0,45	0,82	0,50	0,60	1,33	0,76	0,00	0,00	1,00
6	0,48	0,96	1,37	1,38	1,36	0,43	0,59	0,44	1,35	0,25	0,39	0,27	0,19	0,33	0,09	0,18	0,19	0,16	0,26	0,19	0,12	0,00
7	0,92	1,18	0,62	0,62	0,15	0,24	0,38	0,30	0,67	0,37	0,69	0,39	0,52	0,22	0,17	0,13	0,40	0,19	0,15	0,22	0,26	0,55
8	1,14	0,45	0,38	0,77	0,78	0,43	0,26	0,44	0,54	0,39	0,31	0,48	0,34	0,40	0,35	0,35	0,23	0,51	0,28	0,30	0,32	0,45
9	0,00	0,00	0,00	0,80	1,29	1,53	0,88	0,84	0,73	0,78	0,83	0,73	0,38	0,38	0,15	0,40	0,46	0,35	0,35	0,22	0,00	0,55
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	1,28	1,65	1,24	0,90	1,47	0,78	0,47	0,53	0,49	0,93	0,73	0,63	0,46	0,68	0,53	0,37	0,80	0,50	0,31	0,29	0,27	0,45

Nota: in grigio sono segnate le celle che danno luogo a valori anormali nel successivo test grafico k di coerenza intralaboratorio

Tabella 292 – Calcolo degli indicatori per i test grafici h e k di Mandel, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero medio di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro L'_{nr} , valutato secondo la norma 140-7) (TUTTI I DATI)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nr}
n° di lab per livello	p_j	7	7	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	7	10
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
indicatore k (1%) per ogni livello	k (1%)	1,7	1,7	1,7	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,71	1,7	1,74
indicatore k (5%) per ogni livello	k (5%)	1,49	1,49	1,49	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,49	1,5
indicatore h (1%) per ogni livello	h (1%)	1,98	1,98	1,98	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,06	1,98	2,18
indicatore h (5%) per ogni livello	h (5%)	1,71	1,71	1,71	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,75	1,71	1,8

Tabella 293 – Risultati per il test h di coerenza interlaboratorio (per il parametro L'_{nr} , valutato secondo la norma 140-7) (TUTTI I DATI)

h	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nr}
1	1,49	-1,07	0,61	-1,10	-0,77	-0,29	-0,97	0,56	-0,47	-0,82	0,59	-0,92	-0,92	-0,76	-0,76	-0,82	-1,12	-0,70	-0,67	-0,51	-0,58	-1,08
2	-0,69	0,76	0,70	0,67	-1,45	0,15	0,73	1,35	0,14	1,89	0,55	-0,21	0,37	-0,21	-0,12	-0,22	-1,09	-1,27	-0,89	-0,35	-0,57	-0,77
3	0,00	0,00	0,00	1,28	-0,65	-1,06	-0,05	0,50	0,79	0,32	-0,76	0,35	0,29	0,25	0,38	0,39	0,50	0,46	0,16	0,00	0,00	0,46
4	-1,64	-1,32	-0,61	0,08	0,30	0,73	-0,35	-0,80	-0,57	-0,88	-0,93	-0,48	-0,77	-0,62	-1,12	-1,15	-0,81	-0,89	-0,80	-0,69	-0,70	-0,77
5	0,00	0,00	0,00	-2,02	-0,53	-0,40	0,17	-0,40	0,41	0,93	1,69	0,02	0,42	0,10	0,07	0,44	0,71	0,52	1,13	0,00	0,00	0,77
6	0,18	0,70	1,15	0,80	-0,22	-0,29	0,82	-1,68	0,42	-0,97	-0,70	0,44	0,31	1,07	0,65	0,53	0,41	1,06	0,79	1,24	1,25	0,77
7	-0,32	1,34	-0,79	0,32	-0,21	-1,47	-1,74	-1,04	-2,14	-1,11	-1,51	-2,07	-1,25	-1,23	-0,21	-1,41	0,03	-0,07	-0,54	-0,23	0,18	-0,15
8	0,42	0,07	0,53	-0,59	1,93	0,56	-0,37	0,73	0,81	-0,47	-0,22	0,42	-0,77	-0,86	-1,42	0,02	-0,52	-1,18	-1,13	-0,84	-1,05	-1,08
9	0,00	0,00	0,00	-0,17	0,34	-0,05	-0,11	-0,34	-0,71	0,47	0,20	1,03	0,09	0,15	0,45	0,14	-0,28	0,36	0,06	-0,51	0,00	-0,15
11	0,56	-0,49	-1,60	0,72	1,25	2,12	1,87	1,12	1,31	0,63	1,08	1,43	2,21	2,12	2,08	2,08	2,16	1,72	1,90	1,89	1,46	2,01

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali per il test grafico h

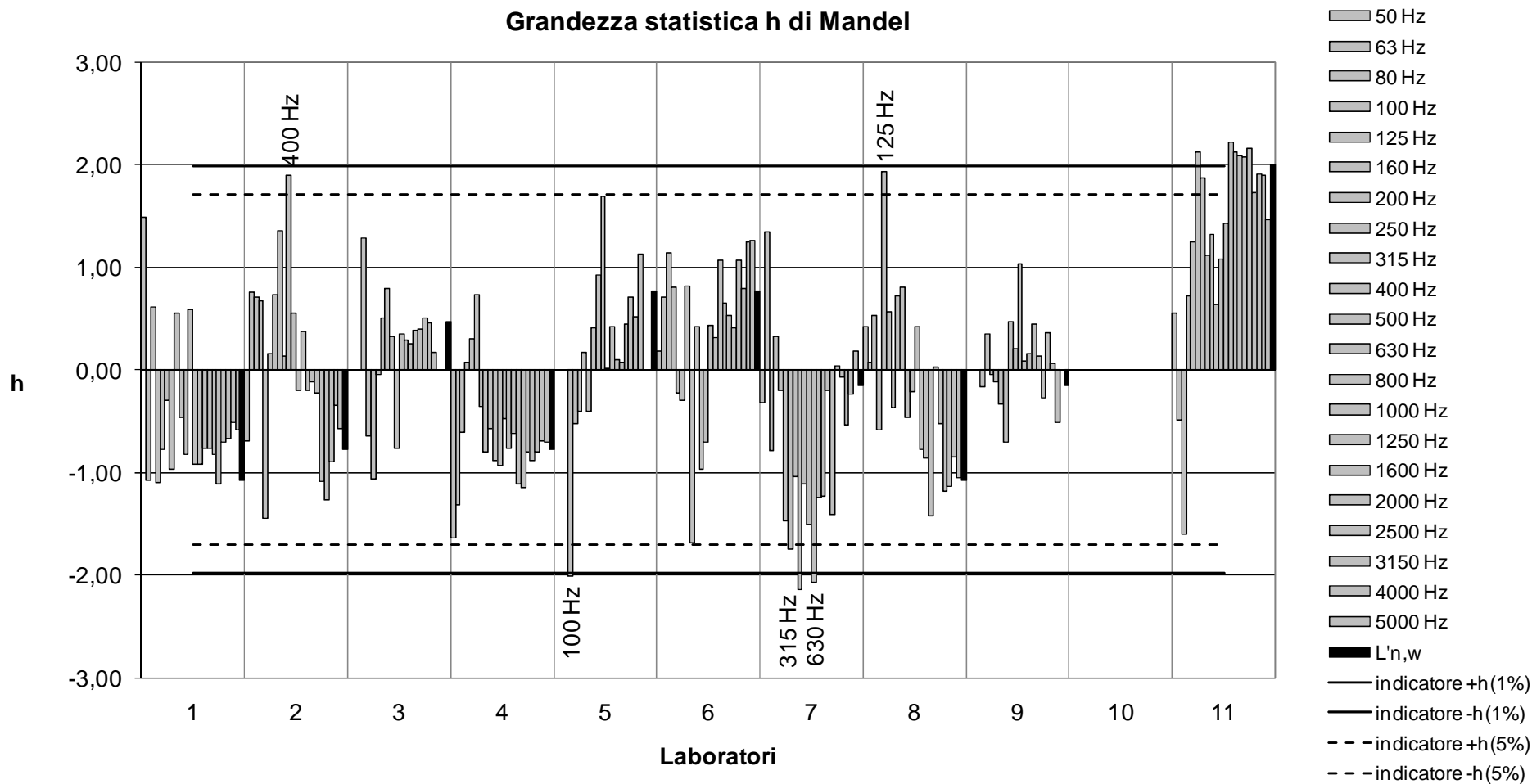


Figura 190 – Grafico della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio (per il parametro $L'_{n,w}$, valutato secondo la norma 140-7) (TUTTI I DATI)

Nota: per chiarezza grafica sono state riportate solo le linee indicatrici riferite ai valori critici per $p = 7$ (e $n=5$) (condizione che si verifica ad esempio per le basse frequenze), per le cui risulta $h(1\%)=\pm 1,98$ e $h(5\%)=\pm 1,71$; per $p=10$ risulta invece $h(1\%)=\pm 2,18$ e $h(5\%)=\pm 1,8$.

Tabella 294– Risultati per il test k di coerenza intralaboratorio (per il parametro L'_{nw} , valutato secondo la norma 140-7) (TUTTI I DATI)

k	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
1	1,26	1,28	1,53	0,46	0,36	0,80	1,37	1,21	0,79	1,03	0,94	0,63	0,86	0,67	1,13	0,92	0,57	0,75	0,89	0,90	1,11	0,72
2	1,07	0,69	1,58	0,87	1,91	0,61	0,85	1,09	0,74	1,04	1,32	0,96	1,47	0,74	0,61	1,45	1,01	0,68	0,75	1,00	0,72	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,99	1,42	1,55	1,47	1,56	1,77	1,59	1,71	1,75	0,97	2,12	2,10	1,50	1,66	2,01	1,82	0,00	0,00	1,75
4	1,04	1,23	0,21	1,97	1,00	1,67	1,61	1,25	0,91	0,94	0,79	0,90	1,12	1,25	1,02	1,43	1,01	0,62	0,84	1,66	1,78	1,13
5	0,00	0,00	0,00	1,05	0,91	0,93	1,18	1,34	1,12	1,24	1,41	1,57	1,80	0,72	1,31	0,98	1,10	1,81	1,67	0,00	0,00	1,60
6	0,43	0,77	1,00	1,16	0,83	0,40	0,54	0,46	1,41	0,32	0,38	0,36	0,28	0,53	0,14	0,35	0,34	0,22	0,57	0,64	0,35	0,00
7	0,82	0,95	0,46	0,52	0,09	0,22	0,35	0,31	0,70	0,47	0,68	0,51	0,76	0,35	0,27	0,25	0,74	0,25	0,33	0,72	0,74	0,88
8	1,02	0,36	0,28	0,65	0,48	0,40	0,23	0,46	0,56	0,49	0,30	0,62	0,50	0,64	0,57	0,69	0,43	0,69	0,61	1,01	0,91	0,72
9	0,00	0,00	0,00	0,67	0,79	1,43	0,80	0,87	0,77	0,98	0,81	0,96	0,56	0,61	0,24	0,79	0,84	0,48	0,76	0,73	0,00	0,88
11	1,14	1,32	0,91	0,76	0,90	0,73	0,42	0,55	0,51	1,17	0,71	0,83	0,67	1,10	0,86	0,72	1,45	0,68	0,68	0,97	0,76	0,72

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali per il test grafico k ; (risultano 12 valori anormali e 14 valori dispersi)

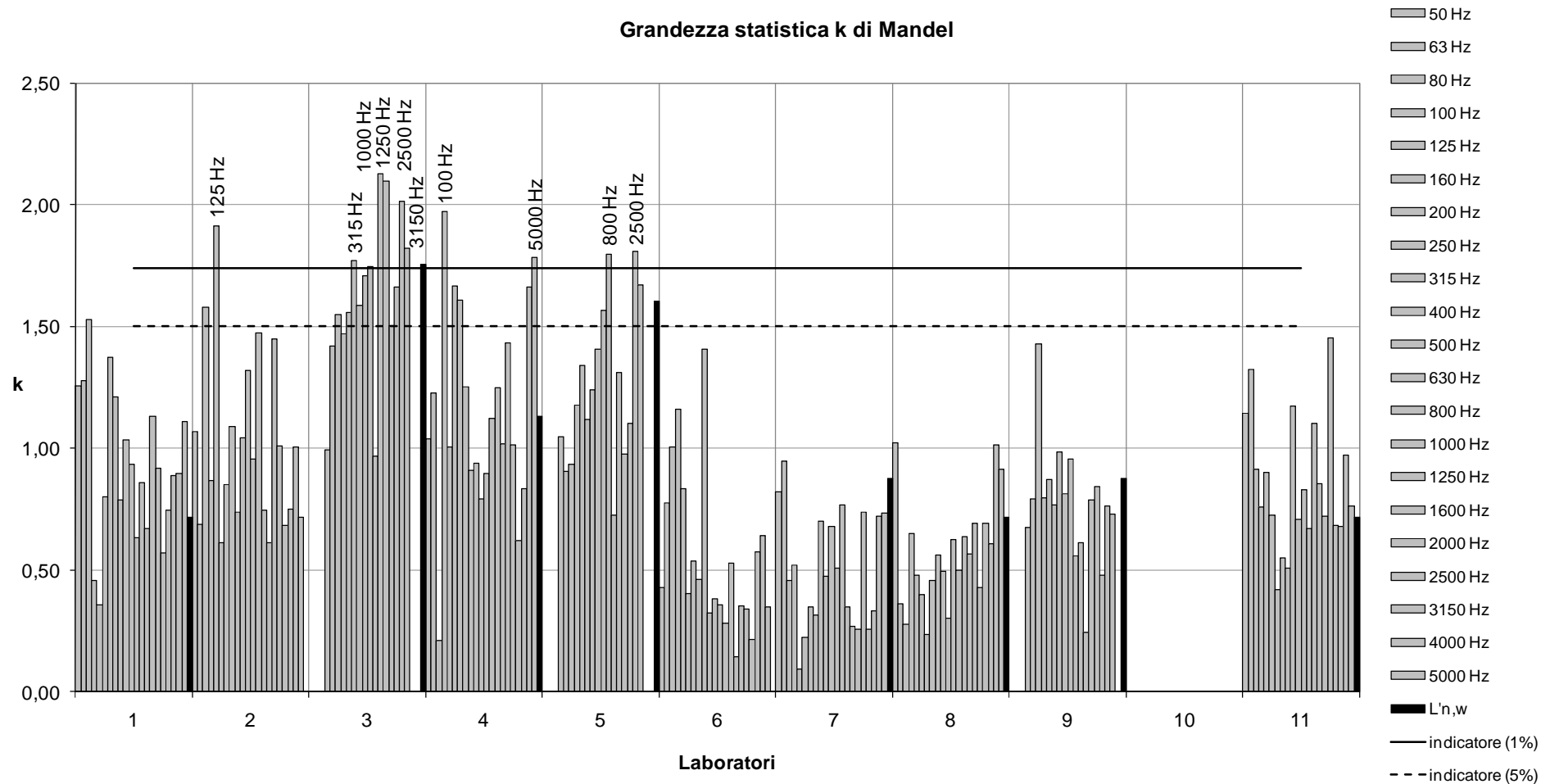


Figura 191 - Grafico della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio (per il parametro $L'_{n,w}$, valutato secondo la norma 140-7) (TUTTI I DATI)

Nota: per chiarezza grafica sono state riportate solo le linee indicatrici riferite ai valori critici per $p = 7$ (e $n=5$)(condizione che si verifica ad esempio per le basse frequenze), per le cui risulta $k(1\%)=\pm 1,74$ e $k(5\%)=\pm 1,49$; per $p=10$ risulta invece $k(1\%)=\pm 1,74$ e $k(5\%)=\pm 1,5$.

Tabella 295 - Calcolo dei valori critici per il test di Cochran, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 140-7) (TUTTI I DATI)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
n°di lab per livello	p_j	7	7	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	7	10
n°di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
valore critico al livello 1%	$C_{cr}(1\%)$	0,51	0,51	0,51	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,46	0,51	0,39
valore critico al livello 5%	$C_{cr}(5\%)$	0,43	0,43	0,43	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,39	0,43	0,33

Tabella 296 – Risultati dell'applicazione del test di Cochran sugli scarti massimi, con indicazione del laboratorio che ha prodotto i risultati dispersi e anomali (per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 140-7) (TUTTI I DATI)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
C_j		0,23	0,25	0,36	0,39	0,37	0,28	0,26	0,24	0,31	0,25	0,29	0,30	0,32	0,45	0,44	0,23	0,28	0,40	0,33	0,35	0,45	0,31
Relativo lab					4	2									3	3			3	3		4	

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali

J.4 Analisi dei dati di livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-7 (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LABORATORIO 3)

Tabella 297 – Calcolo degli indicatori per i test grafici h e k di Mandel, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero medio di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 140-7) (dopo l'eliminazione del lab.3)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
n° di lab per livello	p_j	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	7	9
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
indicatore k (1%) per ogni livello	k (1%)	1,7	1,7	1,7	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,71	1,7	1,73
indicatore k (5%) per ogni livello	k (5%)	1,49	1,49	1,49	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,49	1,5
indicatore h (1%) per ogni livello	h (1%)	1,98	1,98	1,98	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,06	1,98	2,13
indicatore h (5%) per ogni livello	h (5%)	1,71	1,71	1,71	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,75	1,71	1,78

Tabella 298– Risultati per il test h di coerenza interlaboratorio (per il parametro L'_{nw} , valutato secondo la norma 140-7) (dopo l'eliminazione del lab.3)

h	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
1	1,49	-1,07	0,61	-1,01	-0,82	-0,42	-0,92	0,59	-0,37	-0,74	0,50	-0,83	-0,84	-0,70	-0,69	-0,74	-1,01	-0,62	-0,61	-0,51	-0,58	-0,98
2	-0,69	0,76	0,70	0,86	-1,47	0,04	0,69	1,35	0,22	1,83	0,45	-0,16	0,38	-0,17	-0,08	-0,17	-0,99	-1,16	-0,83	-0,35	-0,57	-0,69
4	-1,64	-1,32	-0,61	0,23	0,22	0,62	-0,34	-0,71	-0,48	-0,80	-0,99	-0,42	-0,70	-0,56	-1,02	-1,05	-0,72	-0,80	-0,74	-0,69	-0,70	-0,69
5	0,00	0,00	0,00	-1,98	-0,58	-0,53	0,16	-0,33	0,49	0,91	1,57	0,05	0,43	0,12	0,11	0,46	0,73	0,55	1,08	0,00	0,00	0,79
6	0,18	0,70	1,15	1,00	-0,29	-0,42	0,77	-1,56	0,50	-0,88	-0,77	0,45	0,33	1,04	0,66	0,55	0,44	1,06	0,76	1,24	1,25	0,79
7	-0,32	1,34	-0,79	0,49	-0,27	-1,61	-1,65	-0,94	-2,01	-1,02	-1,56	-1,93	-1,15	-1,14	-0,16	-1,30	0,09	-0,02	-0,49	-0,23	0,18	-0,10
8	0,42	0,07	0,53	-0,47	1,80	0,45	-0,35	0,75	0,88	-0,41	-0,30	0,43	-0,70	-0,79	-1,31	0,06	-0,45	-1,08	-1,05	-0,84	-1,05	-0,98
9	0,00	0,00	0,00	-0,03	0,26	-0,17	-0,11	-0,27	-0,61	0,48	0,11	1,01	0,12	0,17	0,47	0,17	-0,21	0,39	0,07	-0,51	0,00	-0,10
11	0,56	-0,49	-1,60	0,91	1,14	2,04	1,76	1,13	1,38	0,64	0,98	1,39	2,13	2,03	2,02	2,02	2,12	1,69	1,81	1,89	1,46	1,97

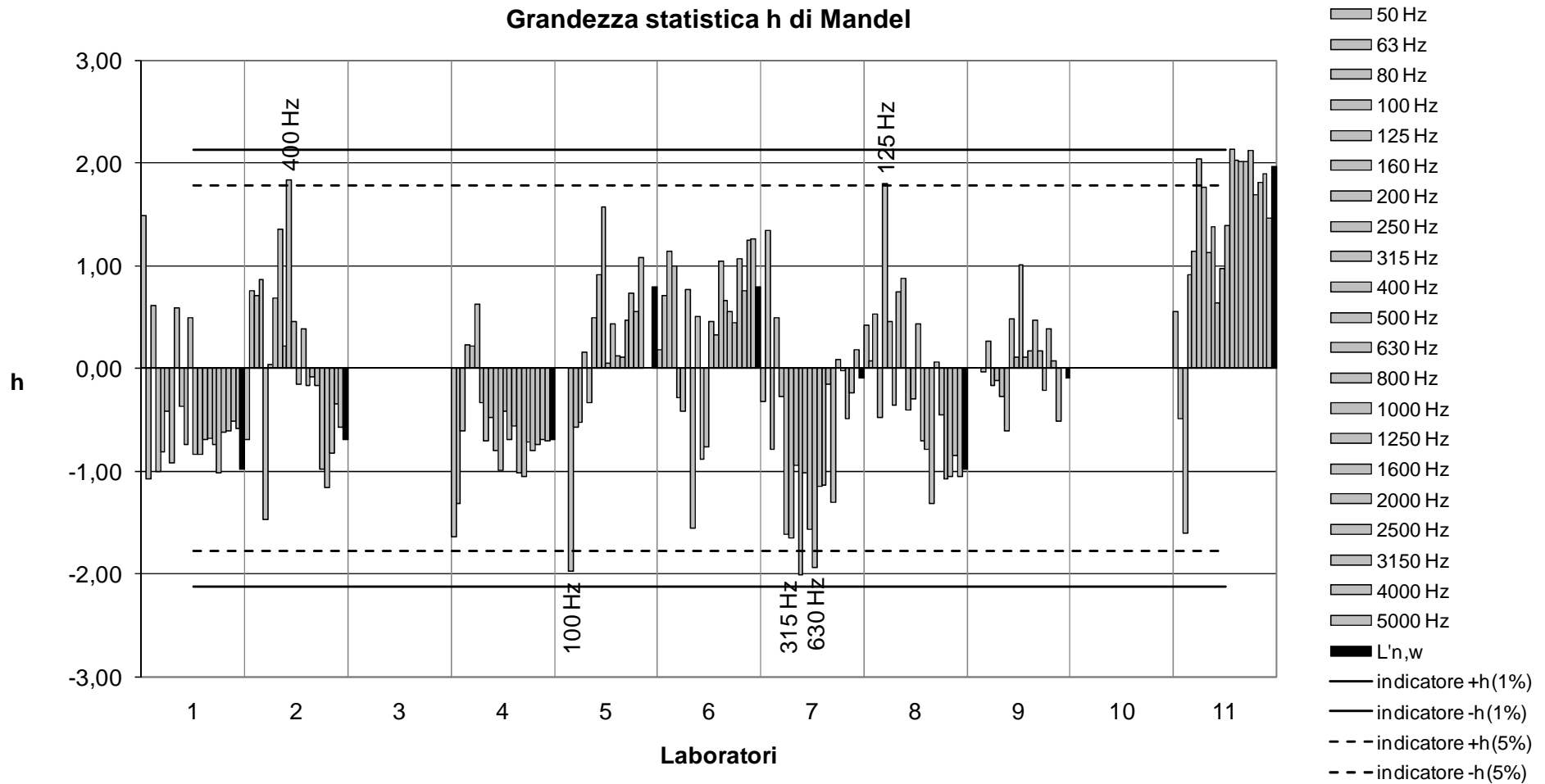


Figura 192– Grafico della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio (per il parametro $L'_{n,w}$, valutato secondo la norma 140-7) (dopo l'eliminazione del lab.3)

Nota: per chiarezza grafica sono state riportate solo le linee indicatrici riferite ai valori critici per $p = 9$ (e $n=5$), per le cui risulta $h(1\%)=\pm 2,13$ e $h(5\%)=\pm 1,78$; per $p=7$ (condizione che si verifica ad esempio per le basse frequenze) risulta invece $h(1\%)=\pm 1,98$ e $h(5\%)=\pm 1,71$.

Tabella 299– Risultati per il test k di coerenza intralaboratorio (per il parametro $L'_{n\prime}$ valutato secondo la norma 140-7) (dopo l'eliminazione del lab.3)

k	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	$L'_{n\prime}$
1	1,26	1,28	1,53	0,46	0,38	0,87	1,47	1,32	0,90	1,13	1,05	0,72	0,86	0,86	1,43	0,99	0,63	0,92	1,03	0,90	1,11	0,82
2	1,07	0,69	1,58	0,87	2,03	0,67	0,91	1,19	0,85	1,14	1,49	1,09	1,47	0,95	0,77	1,56	1,13	0,84	0,87	1,00	0,72	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	1,04	1,23	0,21	1,97	1,07	1,81	1,72	1,36	1,04	1,03	0,89	1,02	1,12	1,60	1,29	1,54	1,13	0,76	0,97	1,66	1,78	1,29
5	0,00	0,00	0,00	1,05	0,96	1,02	1,26	1,46	1,28	1,36	1,59	1,78	1,79	0,93	1,66	1,05	1,23	2,22	1,94	0,00	0,00	1,83
6	0,43	0,77	1,00	1,16	0,89	0,44	0,57	0,50	1,61	0,35	0,43	0,41	0,28	0,68	0,18	0,38	0,38	0,26	0,66	0,64	0,35	0,00
7	0,82	0,95	0,46	0,52	0,10	0,24	0,37	0,34	0,80	0,52	0,76	0,58	0,76	0,45	0,34	0,27	0,82	0,31	0,39	0,72	0,74	1,00
8	1,02	0,36	0,28	0,65	0,51	0,43	0,25	0,50	0,64	0,54	0,34	0,71	0,50	0,82	0,72	0,74	0,48	0,85	0,71	1,01	0,91	0,82
9	0,00	0,00	0,00	0,67	0,84	1,55	0,85	0,95	0,88	1,08	0,92	1,09	0,55	0,79	0,31	0,85	0,94	0,59	0,88	0,73	0,00	1,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	1,14	1,32	0,91	0,76	0,95	0,79	0,45	0,60	0,58	1,29	0,80	0,94	0,67	1,41	1,08	0,78	1,62	0,84	0,79	0,97	0,76	0,82

Nota: dopo l'eliminazione del laboratorio 3 risultano 9 valori anormali (nel caso precedente erano 12) e 12 valori dispersi (nel caso precedente erano 14)

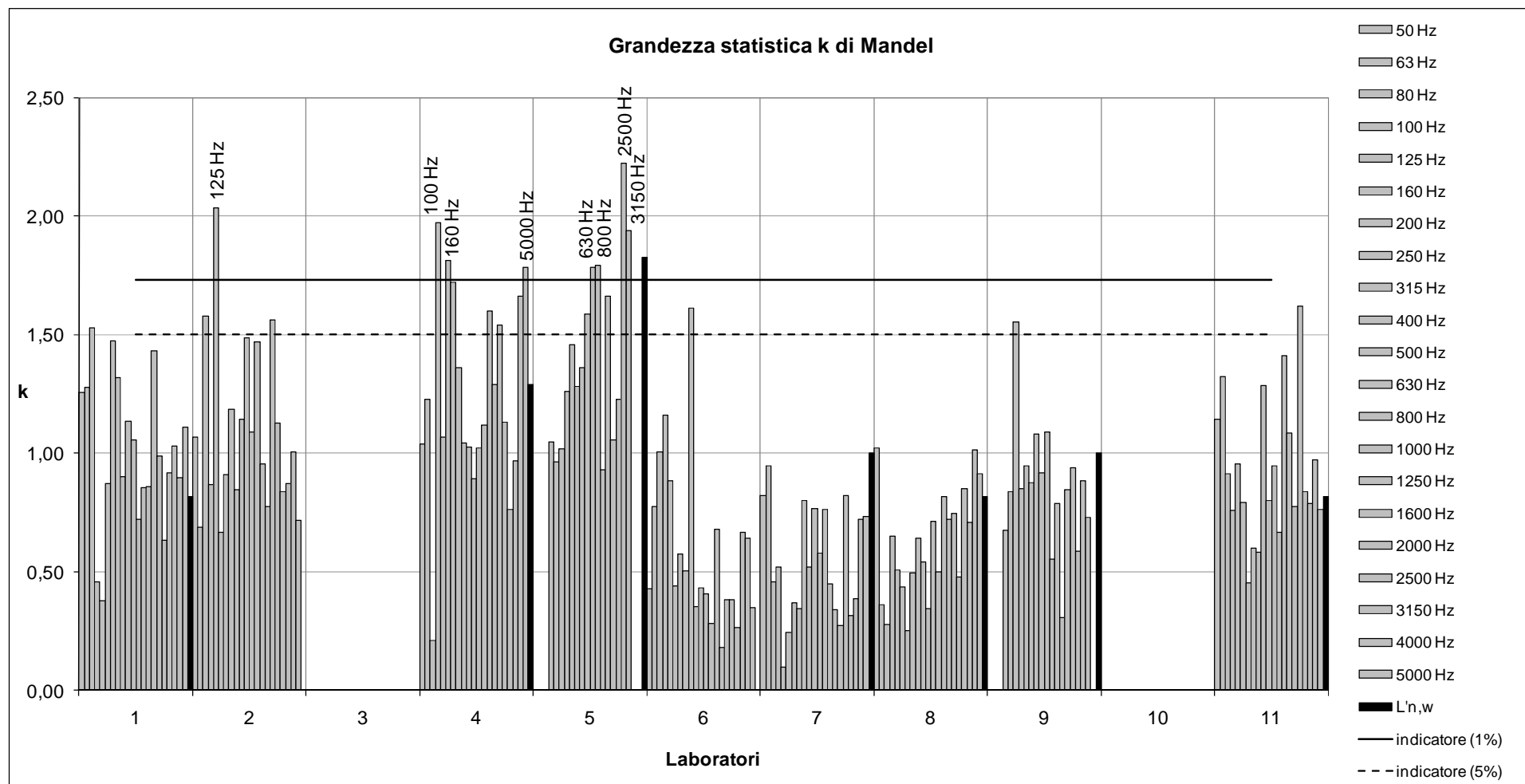


Figura 193- Grafico della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio (per il parametro $L'_{n,w}$, valutato secondo la norma 140-7) (dopo l'eliminazione del lab.3)

Nota: per chiarezza grafica sono state riportate solo le linee indicatrici riferite ai valori critici per $p = 9$ (e $n=5$), per le cui risulta $k(1\%)=\pm 1,73$ e $k(5\%)=\pm 1,49$; per $p=7$ (condizione che si verifica ad esempio per le basse frequenze) risulta invece $k(1\%)=\pm 1,7$ e $k(5\%)=\pm 1,49$ (tali linee risulterebbero praticamente sovrapposte a quelle riportate)

Tabella 300- Calcolo dei valori critici per il test di Cochran, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro $L'_{n\omega}$, valutato secondo la norma 140-7) (dopo l'eliminazione del lab.3)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	$L'_{n\omega}$
n° di lab per livello	p_j	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	7	9
n° ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
valore critico al livello 1%	$C_{cr}(1\%)$	0,51	0,51	0,51	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,46	0,51	0,43
valore critico al livello 5%	$C_{cr}(5\%)$	0,43	0,43	0,43	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,39	0,43	0,36

Tabella 301 - Risultati dell'applicazione del test di Cochran sugli scarti massimi, con indicazione del laboratorio che ha prodotto i risultati dispersi e anomali (per il parametro $L'_{n\omega}$, valutato secondo la norma 140-7) (dopo l'eliminazione del lab.3)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	$L'_{n\omega}$
C_j		0,23	0,25	0,36	0,43	0,46	0,37	0,33	0,24	0,29	0,21	0,28	0,35	0,36	0,28	0,31	0,27	0,29	0,55	0,42	0,35	0,45	0,37
					4	2	4												5	5		4	5

Tabella 302 – Valori critici per il test di Grubbs, singolo e doppio, applicato alle medie di cella, in funzione del numero di laboratori per livello
(per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 140-7) (dopo l'eliminazione del lab.3)

livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
$p_i =$	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	7	9
Valore critico test singolo (1%)																						
$G_{cr}(1\%)$	2,14	2,14	2,14	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,27	2,14	2,39
Valore critico test singolo (5%)																						
$G_{cr}(5\%)$	2,02	2,02	2,02	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,13	2,02	2,22
Valore critico test doppio (1%)																						
$G_{cr}(1\%)$	0,03	0,03	0,03	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,06	0,03	0,09
Valore critico test doppio (5%)																						
$G_{cr}(5\%)$	0,07	0,07	0,07	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,11	0,07	0,15

Tabella 303 – Test di Grubbs singolo applicato al valore maggiore e al valore minore delle medie di cella
(per il parametro L'_{nw} valutato secondo la norma 140-7) (dopo l'eliminazione del lab.3)

Medie di cella: verifica del valore maggiore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
G_p	1,49	1,34	1,15	1,00	1,80	2,04	1,76	1,35	1,38	1,83	1,57	1,39	2,13	2,03	2,02	2,02	2,12	1,69	1,81	1,89	1,46	1,97

Medie di cella: verifica del valore minore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
G₁	1,64	1,32	1,60	1,98	1,47	1,61	1,65	1,56	2,01	1,02	1,56	1,93	1,15	1,14	1,31	1,30	1,01	1,16	1,05	0,84	1,05	0,98

Tabella 304 - Test di Grubbs doppio applicato i due valori maggiori e ai due valori minori delle medie di cella (dopo l'eliminazione del lab.3)

Medie di cella: verifica dei due valori maggiori																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
G	0,44	0,46	0,59	0,71	0,28	0,31	0,43	0,50	0,58	0,34	0,45	0,53	0,29	0,18	0,31	0,34	0,23	0,36	0,29	0,04	0,13	0,30

Medie di cella: verifica del valore minore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
G	0,29	0,33	0,28	0,23	0,55	0,56	0,44	0,47	0,32	0,71	0,46	0,31	0,68	0,69	0,56	0,55	0,68	0,59	0,71	0,77	0,63	0,69

Nota: dai test di Grubbs risulta solo che i due valori maggiori sono valori dispersi.

Tabella 305 – Applicazione del test di Grubbs alla cella contenente i risultati del laboratorio 4 al livello 100 Hz

Cella da verificare	50,9
	53,2
	54,7
	57,3
	54,8

p = 5	
Valori critici	
G_{cr} (1%)	G_{cr} (5%)
1,76	1,72

Verifica del valore maggiore	
G_p	1,33

Verifica del valore minore	
G₁	1,39

Nota: Il valore delle grandezze statistiche G_p e G_1 risultano inferiori sia al valor critico al livello 1% che al valor critico al livello 5%.

Tabella 306– Applicazione del test di Grubbs alla cella contenente i risultati del laboratorio 2 al livello 125 Hz

Cella da verificare	62,78
	60,15
	67,81
	60,29
	63,75

p = 5	
Valori critici	
G_{cr} (1%)	G_{cr} (5%)
1,76	1,72

Verifica del valore maggiore	
G_p	1,55

Verifica del valore minore	
G₁	0,90

Nota: Il valore delle grandezze statistiche G_p e G_1 risultano inferiori sia al valor critico al livello 1% che al valor critico al livello 5%.

Tabella 307– Applicazione del test di Grubbs alla cella contenente i risultati del laboratorio 5 al livello 2500 Hz

Cella da verificare	62,78
	60,15
	67,81
	60,29
	63,75

p = 5	
Valori critici	
G_{cr} (1%)	G_{cr} (5%)
1,76	1,72

Verifica del valore maggiore	
G_p	1,55

Verifica del valore minore	
G₁	0,90

Nota: Il valore delle grandezze statistiche G_p e G_1 risultano inferiori sia al valor critico al livello 1% che al valor critico al livello 5%.

Tabella 308 - Valori massimi, minimi e scostamenti massimi nei valori del livello di calpestio (secondo norma UNI EN ISO 140-7) (dopo l'eliminazione del lab.3)

	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L' _{nw} [dB]
max	56,4	64,1	61,9	57,5	68,2	70,3	72,1	74,2	76,0	74,3	74,3	79,7	82,5	81,6	81,9	83,5	87,8	91,1	87,5	85,3	83,8	93,0
min	47,3	46,7	52,4	49,5	60,2	64,7	66,1	69,9	70,0	70,4	70,3	75,2	78,1	78,1	78,9	80,0	84,4	87,1	84,3	81,8	80,0	90,0
diff	9,1	17,4	9,4	8,0	8,0	5,6	6,0	4,4	6,0	3,9	4,0	4,5	4,4	3,5	3,0	3,5	3,4	4,1	3,2	3,5	3,8	3,0

Nota: anche dopo l'eliminazione del laboratorio giudicato anormale in base all'analisi statistica, rimane invariato lo scostamento massimo che si verifica a 63 Hz

J.5 Valori di ripetibilità e riproducibilità per il livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-7

Tabella 309 - Valori della media generale (\bar{y}_j), delle varianze di ripetibilità (s^2_{rj}), interlaboratorio (s^2_L) e di riproducibilità (s^2_R), degli scarti tipo di ripetibilità (s_{rj}), interlaboratorio (s_L) e di riproducibilità (s_R), per il livello normalizzato di calpestio (utilizzando la norma UNI EN ISO 140-7), calcolate escludendo il laboratorio 3

Livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'nw
Media generale																						
\bar{y}_j	52,3	55,4	57,2	53,9	64,9	66,9	69,3	71,9	73,4	72,0	72,0	77,6	80,0	79,4	80,1	81,7	85,6	88,7	85,6	83,2	81,7	91,5
Varianze																						
s^2_{rj}	1,25	1,57	1,87	1,41	2,37	0,97	1,07	0,78	0,70	0,52	0,82	0,45	0,47	0,23	0,24	0,23	0,24	0,36	0,15	0,09	0,12	0,30
s^2_{Lj}	3,25	31,1	2,72	1,43	1,25	1,07	1,58	0,40	1,50	0,41	0,30	0,84	0,96	0,68	0,36	0,51	0,40	0,62	0,64	0,88	1,63	0,40
s^2_{Rj}	4,50	32,68	4,59	2,84	3,62	2,04	2,65	1,18	2,20	0,94	1,12	1,29	1,43	0,91	0,60	0,73	0,65	0,97	0,79	0,97	1,75	0,70
Scarti tipo																						
s_{rj}	1,12	1,25	1,37	1,19	1,54	0,98	1,03	0,88	0,84	0,72	0,91	0,67	0,69	0,48	0,49	0,47	0,49	0,60	0,39	0,30	0,35	0,55
s_{Lj}	1,80	5,58	1,65	1,19	1,12	1,04	1,26	0,63	1,22	0,64	0,55	0,92	0,98	0,82	0,60	0,71	0,64	0,79	0,80	0,94	1,28	0,63
s_{Rj}	2,12	5,72	2,14	1,68	1,90	1,43	1,63	1,09	1,48	0,97	1,06	1,14	1,20	0,96	0,78	0,86	0,80	0,99	0,89	0,99	1,32	0,84

Tabella 310 – Valori finali di ripetibilità e riproducibilità per il livello normalizzato di calpestio (utilizzando la norma UNI EN ISO 140-7), calcolate escludendo il laboratorio 3

Livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'nw
Ripetibilità																						
$r..$	3,13	3,51	3,82	3,32	4,31	2,76	2,89	2,48	2,34	2,02	2,54	1,88	1,93	1,36	1,38	1,33	1,38	1,67	1,10	0,84	0,99	1,53
Riproducibilità																						
R	5,94	16,01	6,00	4,71	5,33	4,00	4,56	3,04	4,15	2,71	2,97	3,18	3,35	2,68	2,18	2,40	2,25	2,76	2,49	2,76	3,71	2,34

J.6 Analisi dei dati di livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (ANALISI INIZIALE SU TUTTI I DATI)

Tabella 311- Modulo A (I parte) per la raccolta dati per il livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (TUTTI I DATI)

y_{ijk}		MODULO A :livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L'_n [dB] (I parte)																					
		livello: f [Hz]																					
LAB	ripetizioni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw} [dB]
1	1	55,6	65,4	60,9	55,1	64,1	67,3	66,8	70,7	73,2	72,6	69,5	76,9	79,2	78,2	78,9	81,0	84,8	87,4	84,4	82,3	80,6	90,0
	2	56,5	65,2	61,2	54,9	61,7	64,1	68,6	71,9	74,4	73,4	72,2	75,1	78,6	77,5	78,6	80,3	83,7	86,9	84,1	81,9	80,0	90,0
	3	55,4	64,9	60,1	57,3	62,7	66,3	67,6	73,0	73,2	70,4	70,5	75,7	77,7	76,7	77,8	79,6	83,6	85,9	83,8	81,4	79,6	89,0
	4	57,2	65,7	59,5	54,3	64,6	64,8	67,3	70,7	73,9	72,5	70,4	76,1	79,1	77,3	78,5	80,2	84,0	86,4	83,5	81,5	79,8	90,0
	5	56,1	65,5	59,4	52,8	62,0	65,9	65,9	71,3	73,4	72,8	70,0	77,6	79,7	78,7	79,8	80,9	85,1	88,2	85,0	82,5	80,6	91,0
2	1	51,6	0,0	57,9	56,5	61,0	66,4	70,0	73,9	75,1	72,0	71,9	77,3	78,8	78,2	78,7	80,4	83,6	86,4	83,8	81,7	79,5	90,0
	2	51,8	60,1	59,4	56,7	64,8	67,5	70,2	71,3	73,8	72,8	72,0	78,2	79,9	78,9	79,2	81,0	84,5	87,6	84,5	81,9	79,9	90,0
	3	53,1	62,4	58,4	56,0	62,8	68,9	70,1	71,2	72,0	72,9	72,4	77,0	79,8	78,7	79,6	81,1	85,3	87,4	84,3	81,9	79,7	91,0
	4	51,8	61,5	60,5	54,5	61,2	67,4	68,3	71,0	74,4	72,6	72,9	76,4	79,9	78,3	79,4	80,9	84,6	87,6	84,0	82,1	79,8	90,0
	5	53,3	62,8	61,9	58,1	63,1	65,7	68,7	74,1	72,7	70,7	70,5	79,0	80,6	80,2	80,3	82,3	85,6	89,3	85,8	82,8	80,7	92,0
3	1	0,0	0,0	0,0	55,6	65,5	66,2	68,2	71,9	75,3	71,7	74,6	76,9	79,3	78,2	78,6	81,7	85,1	87,7	85,5	0,0	0,0	91,0
	2	0,0	0,0	0,0	55,0	64,2	70,3	71,0	69,3	76,3	72,6	70,4	79,2	80,1	80,0	80,7	81,7	86,4	90,2	86,1	0,0	0,0	92,0
	3	0,0	0,0	0,0	53,7	60,7	68,1	70,7	72,8	73,5	72,3	71,4	76,4	80,4	78,7	81,0	81,1	85,4	89,6	85,4	0,0	0,0	92,0
	4	0,0	0,0	0,0	56,6	59,4	65,7	67,6	73,7	71,5	73,0	71,4	80,0	81,5	81,2	81,4	83,3	87,4	90,5	87,1	0,0	0,0	93,0
	5	0,0	0,0	0,0	56,1	66,7	66,1	69,4	71,0	74,8	74,2	70,5	77,4	80,5	78,1	78,8	81,5	85,3	87,2	85,1	0,0	0,0	91,0
4	1	52,9	60,7	61,9	54,3	62,5	65,2	68,4	72,1	74,7	72,9	71,9	77,5	80,2	78,4	79,3	80,9	85,3	87,3	84,4	81,8	80,1	90,0
	2	50,9	56,7	60,4	52,9	61,3	65,0	69,4	73,2	73,7	70,5	70,2	76,7	78,7	77,6	78,3	79,9	83,7	86,3	83,5	81,3	79,1	89,0
	3	53,2	60,4	60,3	53,8	62,6	66,6	68,6	71,3	73,7	73,9	73,1	75,8	79,4	77,8	78,7	80,1	84,3	86,8	83,6	81,7	80,0	90,0
	4	52,1	57,8	59,8	55,0	61,4	64,3	69,2	71,3	72,7	71,6	72,8	75,9	78,7	77,5	78,5	79,8	84,2	86,4	83,6	81,2	79,8	90,0
	5	52,0	59,3	60,5	52,8	61,8	66,2	67,9	73,0	73,9	72,3	73,0	76,4	79,3	78,1	78,7	80,2	84,0	87,2	84,1	81,9	80,1	90,0
5	1	0,0	0,0	0,0	54,2	63,2	66,7	67,8	71,8	73,5	73,0	73,0	78,2	80,8	79,8	80,4	82,3	86,6	89,1	86,7	0,0	0,0	92,0
	2	0,0	0,0	0,0	54,4	61,8	65,7	68,7	71,7	73,4	71,3	72,0	78,0	80,3	79,6	80,2	81,9	85,7	89,6	86,4	0,0	0,0	92,0
	3	0,0	0,0	0,0	52,6	61,0	67,2	68,0	69,3	73,2	71,7	71,7	78,9	81,4	80,8	81,7	82,7	87,9	90,0	86,7	0,0	0,0	93,0
	4	0,0	0,0	0,0	52,2	62,2	68,5	67,3	73,4	75,2	74,2	72,4	76,0	80,2	78,6	79,7	81,1	85,8	88,0	85,4	0,0	0,0	91,0
	5	0,0	0,0	0,0	51,9	63,1	68,2	68,4	72,7	74,0	71,8	71,9	77,7	80,9	79,4	80,4	82,0	85,9	89,2	86,3	0,0	0,0	92,0

Tabella 312- Modulo A (II parte) per la raccolta dati per il livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (TUTTI I DATI)

Y_{ijk}		MODULO A :livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L'_n [dB] (II parte)																					
		livello: f [Hz]																					
LAB	ripetizioni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw} [dB]
6	1	50,5	57,3	58,9	56,6	64,2	65,7	69,1	72,2	73,8	72,4	71,0	78,3	80,1	79,7	80,3	81,7	85,7	89,7	86,0	84,3	82,9	92,0
	2	52,4	57,8	59,9	56,0	63,5	65,3	68,7	71,5	74,6	72,2	71,2	78,3	80,2	79,7	80,3	81,8	85,8	89,7	86,2	84,4	83,3	92,0
	3	53,4	59,2	61,1	55,7	63,8	66,0	69,0	72,6	74,4	71,9	71,2	78,7	80,3	79,9	80,5	81,9	86,0	89,8	86,2	84,3	83,0	92,0
	4	52,2	58,9	59,7	55,9	63,7	65,2	69,1	72,2	73,9	72,0	71,0	78,4	80,1	79,9	80,5	81,8	86,0	89,7	86,1	84,3	83,0	92,0
	5	53,2	59,6	60,6	55,9	63,5	65,9	69,2	71,7	74,3	72,1	70,9	78,2	80,2	79,8	80,4	82,0	86,0	89,8	86,4	84,5	83,4	92,0
7	1	52,2	60,0	59,0	57,6	60,2	64,1	67,1	71,6	71,2	71,1	71,3	76,3	78,7	77,9	78,6	79,7	84,0	87,0	83,5	81,0	79,1	90,0
	2	53,2	61,7	57,6	58,1	60,0	64,9	67,5	72,3	73,0	71,4	71,8	76,5	78,9	78,1	78,8	79,9	84,3	87,0	84,0	81,6	79,6	90,0
	3	55,2	61,9	58,4	57,3	59,9	64,7	66,8	71,6	71,7	70,9	70,7	76,7	79,1	77,9	78,7	79,9	84,3	86,9	83,8	81,4	79,5	90,0
	4	55,1	62,7	57,3	58,1	60,3	64,2	67,3	71,1	71,4	71,3	71,2	77,0	79,3	78,7	79,4	80,2	84,6	87,9	84,3	81,5	79,5	90,0
	5	52,6	59,0	59,4	57,9	60,3	64,4	67,0	71,7	71,5	71,2	71,1	76,6	79,0	78,2	79,0	80,2	84,7	87,7	84,3	81,4	79,4	90,0
8	1	53,5	57,0	60,9	55,0	62,6	69,4	69,5	72,2	74,7	72,4	70,8	78,9	79,5	78,9	79,2	81,2	84,3	87,1	84,4	81,6	79,9	90,0
	2	51,1	58,7	61,1	56,4	63,3	68,1	69,7	71,9	75,0	73,1	71,3	77,9	79,5	78,6	78,8	81,3	84,4	86,7	84,6	81,7	79,8	90,0
	3	53,0	58,6	60,4	55,5	63,4	69,3	69,3	71,7	74,3	72,4	70,7	78,8	79,1	78,8	78,8	81,2	84,1	86,9	84,2	81,5	79,6	90,0
	4	51,8	58,2	61,4	55,8	63,7	69,0	69,8	71,7	74,9	71,8	71,1	78,5	79,8	79,0	79,2	82,1	84,3	87,4	84,8	82,1	80,0	91,0
	5	51,0	58,6	62,0	56,2	63,5	68,9	69,7	71,8	74,1	71,7	70,5	79,0	79,8	79,4	79,6	81,6	84,7	87,5	84,5	82,0	80,0	91,0
9	1	0,0	0,0	0,0	55,1	64,3	64,4	68,2	71,8	72,7	72,2	71,9	78,8	79,8	79,1	80,3	82,1	85,3	88,9	85,6	82,7	0,0	91,0
	2	0,0	0,0	0,0	55,6	63,5	65,2	69,7	72,4	73,9	72,5	72,0	75,6	79,1	78,5	79,4	80,4	85,4	86,7	84,4	81,9	0,0	90,0
	3	0,0	0,0	0,0	55,3	64,7	65,6	69,4	73,4	73,1	71,2	72,6	78,4	80,3	79,9	80,6	81,9	85,6	89,3	85,5	82,3	0,0	92,0
	4	0,0	0,0	0,0	54,8	65,0	66,1	69,1	72,8	74,1	73,8	72,6	76,3	78,7	77,9	78,6	80,2	84,1	86,6	84,6	82,4	0,0	90,0
	5	0,0	0,0	0,0	56,8	65,8	66,5	68,5	70,5	74,0	72,3	70,9	78,1	80,2	79,1	80,1	81,8	86,2	88,6	85,2	82,6	0,0	91,0
10	1	0,0	0,0	0,0	56,4	63,6	66,4	67,8	71,6	73,4	74,1	71,1	78,5	79,7	78,7	79,2	81,6	85,3	88,5	85,6	83,6	0,0	91,0
	2	0,0	0,0	0,0	56,3	64,7	66,4	68,5	70,1	74,3	72,5	72,0	77,3	79,9	78,1	79,3	81,1	85,3	88,2	85,2	83,7	0,0	91,0
	3	0,0	0,0	0,0	55,5	64,9	66,3	68,7	69,9	74,6	72,6	72,0	77,5	80,1	78,4	79,5	81,2	85,1	88,3	85,4	83,7	0,0	91,0
	4	0,0	0,0	0,0	55,8	65,3	66,5	68,8	70,4	74,7	72,5	71,7	77,3	80,2	78,3	79,4	81,2	84,9	88,0	85,3	83,5	0,0	91,0
	5	0,0	0,0	0,0	55,9	65,0	66,6	68,6	70,2	74,5	72,1	71,7	77,7	80,4	78,7	79,8	81,5	85,2	88,4	85,6	83,6	0,0	91,0
11	1	57,4	59,8	58,0	54,2	61,9	67,9	69,1	72,6	74,8	73,8	72,6	79,4	82,0	81,1	81,9	82,7	87,1	90,6	87,2	85,3	84,0	93,0
	2	55,8	58,8	59,4	54,0	61,3	68,4	69,1	71,9	75,0	72,8	72,8	79,6	82,3	81,4	81,9	83,0	87,4	90,7	87,4	85,3	84,1	93,0
	3	55,3	55,3	58,5	54,0	61,6	68,0	70,0	71,6	74,9	72,5	73,0	80,0	82,2	81,1	81,8	83,0	87,3	90,9	87,7	85,6	84,2	93,0
	4	54,9	57,9	59,9	53,4	61,6	68,9	69,9	72,7	74,8	73,1	72,3	79,7	81,9	80,9	81,4	83,0	87,1	90,4	86,9	84,8	83,6	93,0
	5	54,2	60,9	61,0	53,3	61,5	67,7	69,6	70,9	74,5	72,4	72,5	79,9	82,3	81,3	82,2	83,3	87,6	91,1	87,5	85,5	83,9	94,0

Tabella 313- Modulo B per la raccolta dei dati delle medie di cella (per il parametro L'_n , valutato secondo la norma 10052) (TUTTI I DATI)

\bar{y}_{ij}	MODULO B: medie del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L'_n [dB]																					
	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW} [dB]
1	56,2	65,3	60,2	54,9	63,0	65,7	67,2	71,5	73,6	72,3	70,5	76,3	78,9	77,7	78,7	80,4	84,2	87,0	84,2	81,9	80,1	90,0
2	52,3	61,7	59,6	56,4	62,6	67,2	69,5	72,3	73,6	72,2	71,9	77,6	79,8	78,9	79,4	81,2	84,7	87,7	84,5	82,1	79,9	90,6
3	0,0	0,0	0,0	55,4	63,3	67,3	69,4	71,7	74,3	72,8	71,7	78,0	80,4	79,2	80,1	81,9	85,9	89,0	85,8	0,0	0,0	91,8
4	52,2	59,0	60,6	53,8	61,9	65,4	68,7	72,2	73,7	72,3	72,2	76,5	79,3	77,9	78,7	80,2	84,3	86,8	83,8	81,6	79,8	89,8
5	0,0	0,0	0,0	53,1	62,3	67,3	68,0	71,8	73,8	72,4	72,2	77,8	80,7	79,6	80,5	82,0	86,4	89,2	86,3	0,0	0,0	92,0
6	52,3	58,6	60,0	56,0	63,7	65,6	69,0	72,0	74,2	72,1	71,1	78,4	80,2	79,8	80,4	81,8	85,9	89,7	86,2	84,4	83,1	92,0
7	53,7	61,1	58,3	57,8	60,1	64,5	67,1	71,7	71,8	71,2	71,2	76,6	79,0	78,2	78,9	80,0	84,4	87,3	84,0	81,4	79,4	90,0
8	52,1	58,2	61,2	55,8	63,3	68,9	69,6	71,9	74,6	72,3	70,9	78,6	79,5	78,9	79,1	81,5	84,4	87,1	84,5	81,8	79,9	90,4
9	0,0	0,0	0,0	55,5	64,7	65,6	69,0	72,2	73,6	72,4	72,0	77,4	79,6	78,9	79,8	81,3	85,3	88,0	85,1	82,4	0,0	90,8
10	0,0	0,0	0,0	56,0	64,7	66,4	68,5	70,4	74,3	72,8	71,7	77,7	80,1	78,4	79,4	81,3	85,2	88,3	85,4	83,6	0,0	91,0
11	55,5	58,5	59,3	53,8	61,6	68,2	69,5	71,9	74,8	72,9	72,7	79,7	82,1	81,2	81,9	83,0	87,3	90,7	87,3	85,3	83,9	93,2

Tabella 314– Modulo C per la raccolta degli scarti tipo infracella (per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 10052) (TUTTI I DATI)

S _{ij}	MODULO C: scarto tipo del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L'n [dB]																					
	Livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'ₙw
1	0,72	0,30	0,81	1,63	1,28	1,26	1,00	0,97	0,52	1,14	1,02	0,99	0,76	0,78	0,73	0,57	0,67	0,89	0,58	0,48	0,46	0,71
2	0,80	1,22	1,59	1,30	1,54	1,23	0,89	1,54	1,25	0,91	0,90	1,01	0,63	0,81	0,59	0,72	0,77	1,03	0,77	0,42	0,44	0,89
3	0,00	0,00	0,00	1,12	3,13	1,93	1,49	1,69	1,85	0,93	1,71	1,55	0,79	1,33	1,30	0,84	0,97	1,50	0,79	0,00	0,00	0,84
4	0,88	1,70	0,79	0,93	0,64	0,94	0,58	0,91	0,72	1,29	1,21	0,68	0,63	0,36	0,39	0,44	0,58	0,45	0,39	0,29	0,42	0,45
5	0,00	0,00	0,00	1,16	0,92	1,14	0,54	1,53	0,79	1,21	0,51	1,08	0,49	0,77	0,74	0,60	0,92	0,78	0,53	0,00	0,00	0,71
6	1,15	0,97	0,85	0,34	0,29	0,36	0,19	0,44	0,34	0,19	0,13	0,19	0,08	0,10	0,10	0,11	0,14	0,05	0,15	0,09	0,22	0,00
7	1,41	1,51	0,89	0,35	0,18	0,34	0,27	0,43	0,72	0,19	0,40	0,26	0,22	0,33	0,32	0,22	0,28	0,46	0,34	0,23	0,19	0,00
8	1,13	0,71	0,59	0,56	0,42	0,51	0,20	0,21	0,39	0,56	0,32	0,44	0,29	0,30	0,33	0,38	0,22	0,33	0,22	0,26	0,17	0,55
9	0,00	0,00	0,00	0,77	0,85	0,81	0,62	1,11	0,62	0,93	0,70	1,40	0,70	0,75	0,80	0,90	0,77	1,28	0,54	0,31	0,00	0,84
10	0,00	0,00	0,00	0,37	0,65	0,11	0,40	0,67	0,52	0,77	0,37	0,50	0,27	0,26	0,23	0,22	0,17	0,19	0,18	0,08	0,00	0,00
11	1,20	2,13	1,17	0,41	0,22	0,48	0,41	0,74	0,19	0,56	0,25	0,25	0,18	0,18	0,28	0,22	0,19	0,25	0,31	0,30	0,23	0,45

Nota: in grigio scuro e grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori rispettivamente anormali e dispersi nel successivo test grafico k di coerenza intralaboratorio

Tabella 315– Calcolo degli indicatori per i test grafici h e k di Mandel, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero medio di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro $L'_{n'}$, valutato secondo la norma 10052) (TUTTI I DATI)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
n° di lab per livello	p_j	7	7	7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	9	7	11
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
indicatore k (1%) per ogni livello	k (1%)	1,7	1,7	1,7	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,73	1,7	1,74
indicatore k (5%) per ogni livello	k (5%)	1,49	1,49	1,49	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,5	1,49	1,51
indicatore h (1%) per ogni livello	h (1%)	1,98	1,98	1,98	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,13	1,98	2,22
indicatore h (5%) per ogni livello	h (5%)	1,71	1,71	1,71	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,78	1,71	1,82

Tabella 316 – Risultati per il test h di coerenza interlaboratorio (per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 10052) (TUTTI I DATI)

h	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
1	1,56	1,93	0,35	-0,31	0,14	-0,65	-1,64	-0,53	-0,27	0,02	-1,72	-1,39	-1,19	-1,30	-1,05	-1,04	-1,02	-1,02	-0,92	-0,57	-0,42	-0,99
2	-0,68	0,53	-0,32	0,78	-0,21	0,46	0,88	1,06	-0,32	-0,30	0,45	-0,10	-0,17	-0,12	-0,31	-0,18	-0,55	-0,47	-0,64	-0,45	-0,53	-0,42
3	0,00	0,00	0,00	0,07	0,35	0,54	0,79	-0,09	0,54	0,93	0,03	0,29	0,44	0,27	0,40	0,61	0,65	0,61	0,58	0,00	0,00	0,70
4	-0,74	-0,53	0,75	-1,13	-0,67	-0,82	0,00	0,75	-0,14	-0,17	0,86	-1,20	-0,76	-1,11	-1,09	-1,27	-0,97	-1,14	-1,20	-0,82	-0,58	-1,17
5	0,00	0,00	0,00	-1,65	-0,43	0,54	-0,75	0,00	-0,01	0,19	0,87	0,08	0,82	0,68	0,78	0,77	1,11	0,73	0,97	0,00	0,00	0,88
6	-0,65	-0,69	0,15	0,53	0,67	-0,69	0,38	0,49	0,44	-0,45	-0,89	0,69	0,24	0,83	0,72	0,59	0,63	1,16	0,88	1,19	1,22	0,88
7	0,11	0,28	-1,71	1,83	-2,00	-1,56	-1,75	-0,25	-2,57	-2,49	-0,64	-1,05	-1,04	-0,82	-0,86	-1,52	-0,88	-0,75	-1,08	-0,96	-0,80	-0,99
8	-0,81	-0,82	1,38	0,35	0,35	1,78	1,04	0,14	0,93	-0,11	-1,17	0,93	-0,45	-0,03	-0,63	0,18	-0,90	-0,89	-0,61	-0,67	-0,56	-0,61
9	0,00	0,00	0,00	0,16	1,35	-0,74	0,33	0,77	-0,35	0,15	0,55	-0,24	-0,37	-0,07	0,09	-0,04	0,05	-0,19	-0,11	-0,24	0,00	-0,24
10	0,00	0,00	0,00	0,50	1,38	-0,08	-0,23	-2,65	0,56	0,93	0,09	-0,02	0,11	-0,54	-0,29	0,00	-0,11	0,02	0,21	0,65	0,00	-0,05
11	1,20	-0,69	-0,60	-1,12	-0,93	1,22	0,96	0,31	1,19	1,29	1,56	2,01	2,37	2,21	2,25	1,90	2,01	1,95	1,91	1,88	1,66	2,01

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali per il test grafico h

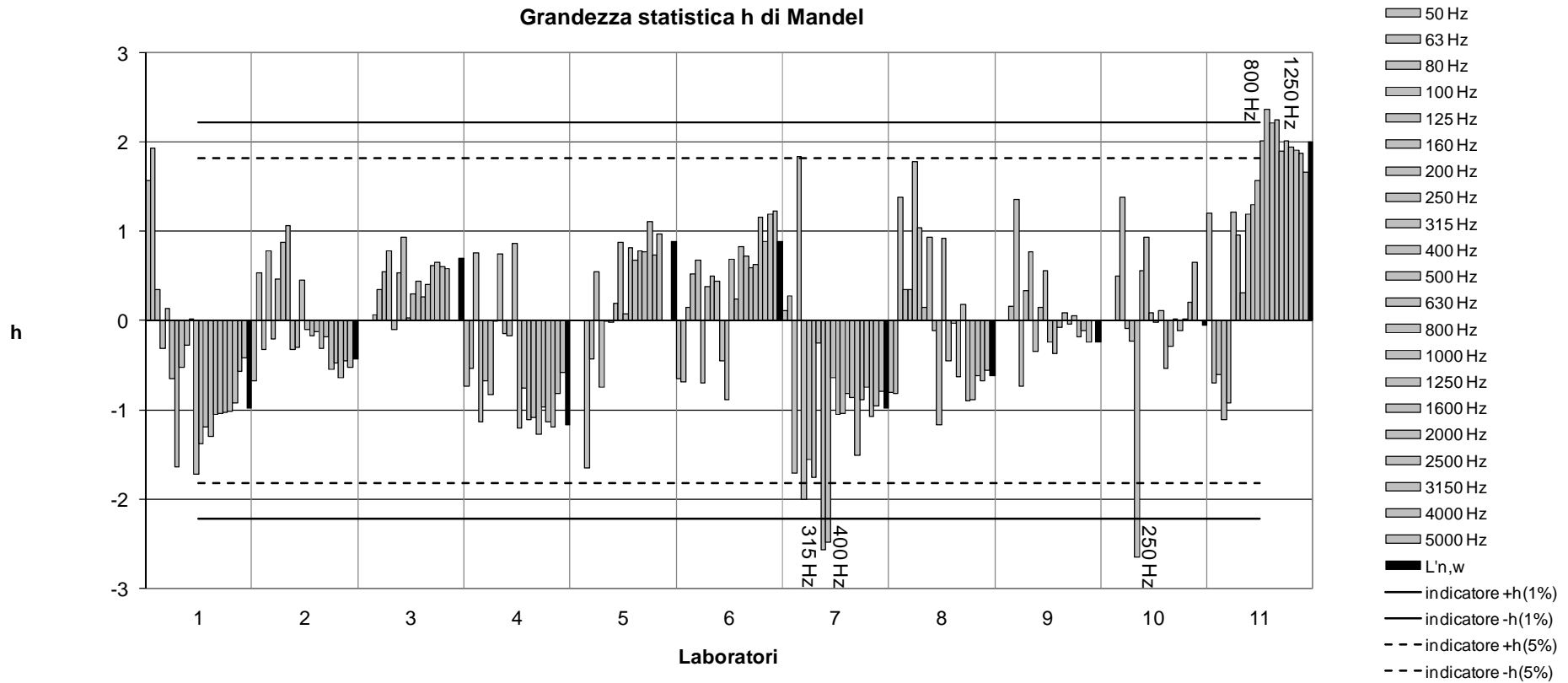


Figura 194– Grafico della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio (per il parametro $L'_{n,w}$, valutato secondo la norma 10052) (TUTTI I DATI)

Nota: per chiarezza grafica sono state riportate solo le linee indicatrici riferite ai valori critici per $p = 11$ (e $n=5$), per le cui risulta $h(1\%)=\pm 2,22$ e $h(5\%)=\pm 1,82$; per $p=7$ (condizione che si verifica ad esempio per le basse frequenze) risulta invece $h(1\%)=\pm 1,98$ e $h(5\%)=\pm 1,71$.

Tabella 317– Risultati per il test k di coerenza intralaboratorio (per il parametro L'_{nw} , valutato secondo la norma 10052) (TUTTI I DATI)

k	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
1	0,68	0,23	0,81	1,77	1,04	1,29	1,41	0,92	0,62	1,31	1,24	1,12	1,46	1,21	1,16	1,05	1,12	1,12	1,19	1,60	1,41	1,19
2	0,75	0,90	1,59	1,42	1,25	1,27	1,25	1,48	1,48	1,04	1,10	1,14	1,21	1,24	0,95	1,33	1,28	1,29	1,58	1,41	1,35	1,50
3	0,00	0,00	0,00	1,22	2,55	1,98	2,11	1,62	2,19	1,08	2,08	1,75	1,52	2,05	2,09	1,55	1,61	1,88	1,63	0,00	0,00	1,41
4	0,83	1,26	0,79	1,01	0,52	0,97	0,82	0,87	0,85	1,48	1,46	0,78	1,22	0,55	0,63	0,82	0,97	0,57	0,80	0,96	1,28	0,75
5	0,00	0,00	0,00	1,27	0,75	1,17	0,77	1,46	0,94	1,40	0,62	1,22	0,95	1,19	1,19	1,11	1,53	0,98	1,10	0,00	0,00	1,19
6	1,08	0,72	0,84	0,37	0,23	0,37	0,27	0,42	0,40	0,22	0,16	0,22	0,16	0,15	0,16	0,21	0,24	0,07	0,31	0,30	0,66	0,00
7	1,32	1,12	0,89	0,38	0,15	0,35	0,38	0,41	0,85	0,22	0,48	0,29	0,43	0,51	0,51	0,40	0,46	0,58	0,71	0,76	0,59	0,00
8	1,06	0,53	0,59	0,61	0,34	0,53	0,28	0,20	0,46	0,65	0,39	0,50	0,55	0,46	0,54	0,71	0,37	0,42	0,46	0,86	0,51	0,92
9	0,00	0,00	0,00	0,84	0,69	0,84	0,88	1,06	0,74	1,07	0,85	1,59	1,34	1,15	1,29	1,67	1,28	1,60	1,11	1,03	0,00	1,41
10	0,00	0,00	0,00	0,40	0,53	0,12	0,56	0,64	0,62	0,89	0,45	0,56	0,52	0,40	0,37	0,40	0,28	0,24	0,37	0,28	0,00	0,00
11	1,13	1,58	1,17	0,45	0,18	0,49	0,59	0,71	0,23	0,65	0,31	0,28	0,35	0,27	0,45	0,41	0,32	0,32	0,64	1,00	0,71	0,75

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali per il test grafico k ; (risultano 12 valori anormali e 14 valori dispersi)

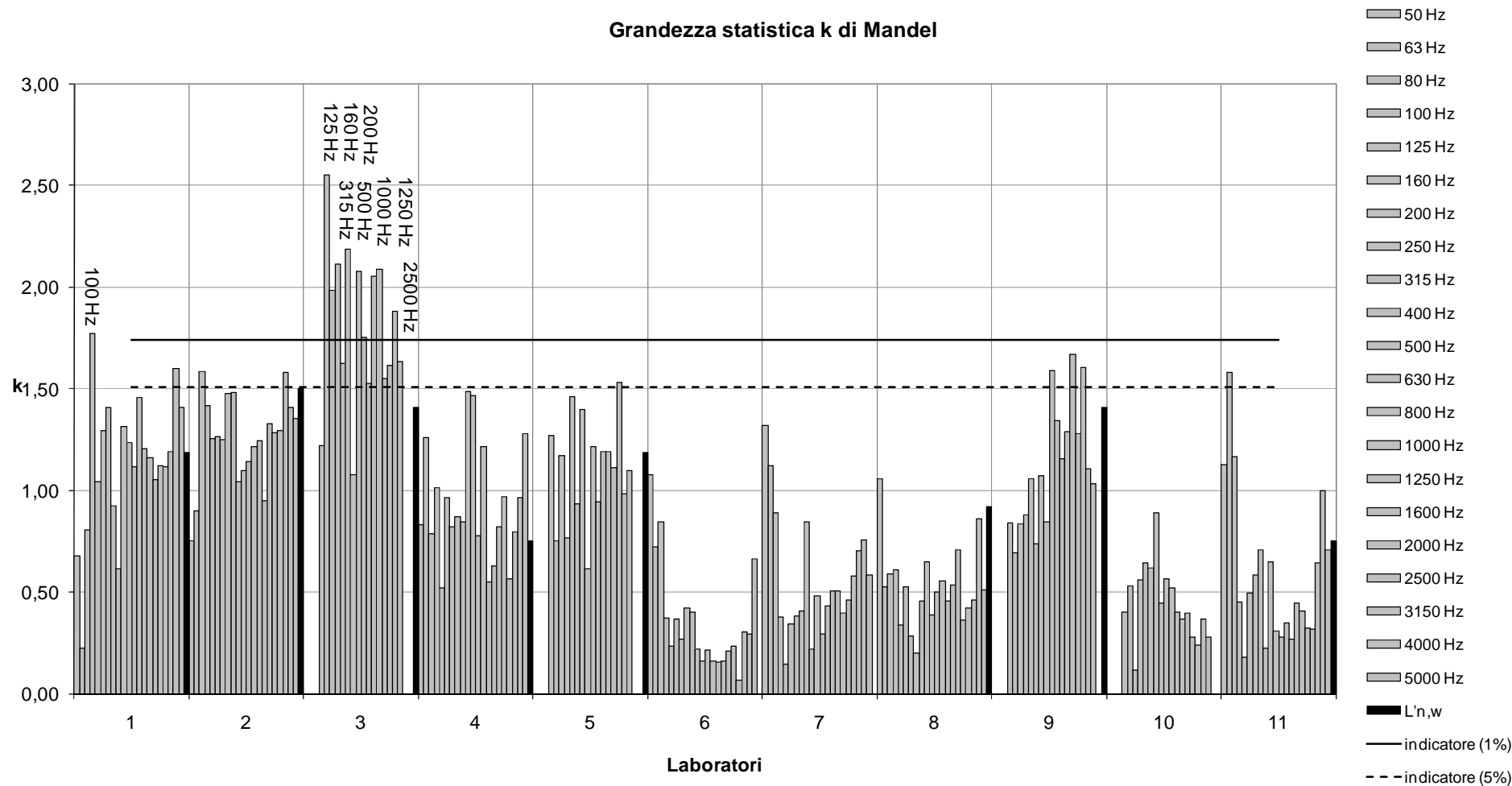


Figura 195 - Grafico della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio (per il parametro $L'_{n,w}$, valutato secondo la norma 10052) (TUTTI I DATI)

Nota: per chiarezza grafica sono state riportate solo le linee indicatrici riferite ai valori critici per $p = 11$ (e $n=5$), per le cui risulta $k(1\%)=\pm 1,74$ e $k(5\%)=\pm 1,51$; per $p=7$ (condizione che si verifica ad esempio per le basse frequenze) risulta invece $k(1\%)=\pm 1,7$ e $k(5\%)=\pm 1,49$ (tali linee risulterebbero praticamente sovrapposte a quelle riportate)

Tabella 318 - Calcolo dei valori critici per il test di Cochran, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 10052) (TUTTI I DATI)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
n° di lab per livello	p_j	7	7	7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	9	7	11	
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
valore critico al livello 1%	$C_{cr}(1\%)$	0,51	0,51	0,51	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,43	0,51	0,37	
valore critico al livello 5%	$C_{cr}(5\%)$	0,43	0,43	0,43	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,36	0,43	0,31	

Tabella 319 – Risultati dell'applicazione del test di Cochran sugli scarti massimi, con indicazione del laboratorio che ha prodotto i risultati dispersi e anomali (per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 10052) (TUTTI I DATI)

C_j		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
		0,25	0,36	0,36	0,29	0,59	0,36	0,41	0,24	0,43	0,20	0,39	0,28	0,21	0,38	0,40	0,25	0,24	0,32	0,24	0,28	0,28	0,21
Relativo lab						3	3	3		3				3	3			3					

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anomali

J.7 Analisi dei dati di livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LAB.3)

Tabella 320 – Calcolo degli indicatori per i test grafici h e k di Mandel, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero medio di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 10052) (dopo l'eliminazione del lab.3)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
n°di lab per livello	<i>pj</i>	7	7	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	7	10
n°ripetizioni per livello	<i>nj</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
indicatore k (1%) per ogni livello	k (1%)	1,7	1,7	1,7	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,73	1,7	1,74
indicatore k (5%) per ogni livello	k (5%)	1,49	1,49	1,49	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,49	1,5
indicatore h (1%) per ogni livello	h (1%)	1,98	1,98	1,98	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,13	1,98	2,18
indicatore h (5%) per ogni livello	h (5%)	1,71	1,71	1,71	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,78	1,71	1,8

Tabella 321 – Risultati per il test h di coerenza interlaboratorio (per il parametro L'_n , valutato secondo la norma 10052) (dopo l'eliminazione del lab.3)

h	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
1	1,56	1,93	0,35	-0,29	0,16	-0,57	-1,53	-0,51	-0,21	0,11	-1,63	-1,29	-1,10	-1,21	-0,97	-0,95	-0,93	-0,93	-0,83	-0,57	-0,42	-0,89
2	-0,68	0,53	-0,32	0,75	-0,17	0,50	0,94	1,00	-0,25	-0,21	0,43	-0,07	-0,12	-0,09	-0,26	-0,12	-0,47	-0,40	-0,56	-0,45	-0,53	-0,35
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	-0,74	-0,53	0,75	-1,07	-0,61	-0,74	0,07	0,70	-0,09	-0,08	0,82	-1,12	-0,68	-1,03	-1,01	-1,17	-0,88	-1,04	-1,10	-0,82	-0,58	-1,08
5	0,00	0,00	0,00	-1,56	-0,38	0,58	-0,66	-0,01	0,04	0,28	0,83	0,10	0,83	0,67	0,78	0,81	1,14	0,77	1,00	0,00	0,00	0,93
6	-0,65	-0,69	0,15	0,50	0,67	-0,62	0,45	0,46	0,48	-0,36	-0,84	0,69	0,27	0,82	0,73	0,63	0,67	1,18	0,91	1,19	1,22	0,93
7	0,11	0,28	-1,71	1,75	-1,88	-1,45	-1,64	-0,25	-2,42	-2,39	-0,61	-0,97	-0,96	-0,75	-0,79	-1,41	-0,80	-0,67	-0,99	-0,96	-0,80	-0,89
8	-0,81	-0,82	1,38	0,34	0,36	1,77	1,09	0,12	0,95	-0,01	-1,10	0,91	-0,39	-0,01	-0,57	0,24	-0,82	-0,81	-0,54	-0,67	-0,56	-0,53
9	0,00	0,00	0,00	0,16	1,33	-0,66	0,40	0,72	-0,28	0,24	0,53	-0,20	-0,31	-0,04	0,12	0,02	0,11	-0,12	-0,05	-0,24	0,00	-0,16
10	0,00	0,00	0,00	0,48	1,35	-0,03	-0,15	-2,52	0,59	1,02	0,09	0,01	0,15	-0,48	-0,24	0,06	-0,04	0,07	0,26	0,65	0,00	0,02
11	1,20	-0,69	-0,60	-1,05	-0,85	1,22	1,02	0,29	1,20	1,38	1,49	1,94	2,31	2,13	2,20	1,90	2,02	1,95	1,91	1,88	1,66	2,02

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali

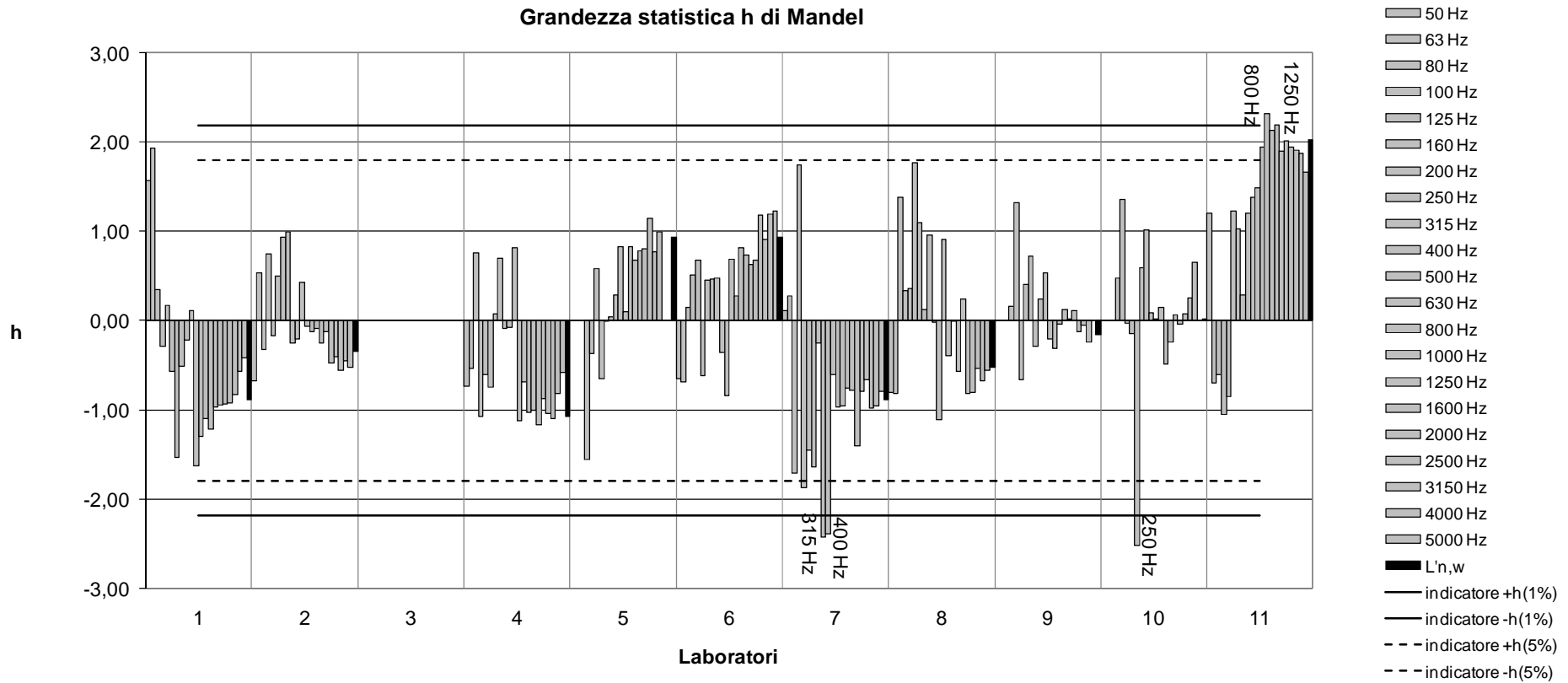


Figura 196– Grafico della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio (per il parametro $L'_{n,w}$, valutato secondo la norma 10052) (dopo l'eliminazione del lab.3)

Nota: per chiarezza grafica sono state riportate solo le linee indicatrici riferite ai valori critici per $p = 10$ (e $n=5$), per le cui risulta $h(1\%)=\pm 2,18$ e $h(5\%)=\pm 1,8$; per $p=7$ (condizione che si verifica ad esempio per le basse frequenze) risulta invece $h(1\%)=\pm 1,98$ e $h(5\%)=\pm 1,71$.

Tabella 322– Risultati per il test k di coerenza intralaboratorio (per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 10052) (dopo l'eliminazione del lab.3)

k	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
1	0,68	0,23	0,81	1,82	1,56	1,54	1,74	1,01	0,78	1,32	1,51	1,25	1,56	1,47	1,43	1,13	1,22	1,30	1,30	1,60	1,41	1,25
2	0,75	0,90	1,59	1,45	1,87	1,51	1,55	1,62	1,88	1,05	1,34	1,28	1,30	1,51	1,17	1,43	1,40	1,50	1,73	1,41	1,35	1,58
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,83	1,26	0,79	1,04	0,78	1,15	1,02	0,95	1,07	1,50	1,79	0,87	1,31	0,67	0,77	0,88	1,06	0,66	0,87	0,96	1,28	0,79
5	0,00	0,00	0,00	1,30	1,12	1,39	0,95	1,60	1,19	1,41	0,75	1,37	1,02	1,45	1,46	1,20	1,67	1,14	1,20	0,00	0,00	1,25
6	1,08	0,72	0,84	0,38	0,35	0,44	0,34	0,46	0,51	0,22	0,20	0,24	0,17	0,19	0,20	0,23	0,26	0,08	0,34	0,30	0,66	0,00
7	1,32	1,12	0,89	0,39	0,22	0,41	0,47	0,45	1,07	0,22	0,59	0,33	0,46	0,62	0,62	0,43	0,50	0,67	0,77	0,76	0,59	0,00
8	1,06	0,53	0,59	0,62	0,51	0,63	0,35	0,22	0,58	0,65	0,47	0,56	0,59	0,56	0,66	0,76	0,40	0,49	0,51	0,86	0,51	0,97
9	0,00	0,00	0,00	0,86	1,04	1,00	1,09	1,16	0,93	1,08	1,03	1,78	1,44	1,40	1,58	1,80	1,39	1,86	1,21	1,03	0,00	1,48
10	0,00	0,00	0,00	0,41	0,79	0,14	0,69	0,70	0,79	0,90	0,55	0,63	0,56	0,49	0,45	0,43	0,30	0,28	0,40	0,28	0,00	0,00
11	1,13	1,58	1,17	0,46	0,27	0,59	0,72	0,77	0,29	0,65	0,38	0,31	0,37	0,33	0,55	0,44	0,35	0,37	0,70	1,00	0,71	0,79

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali

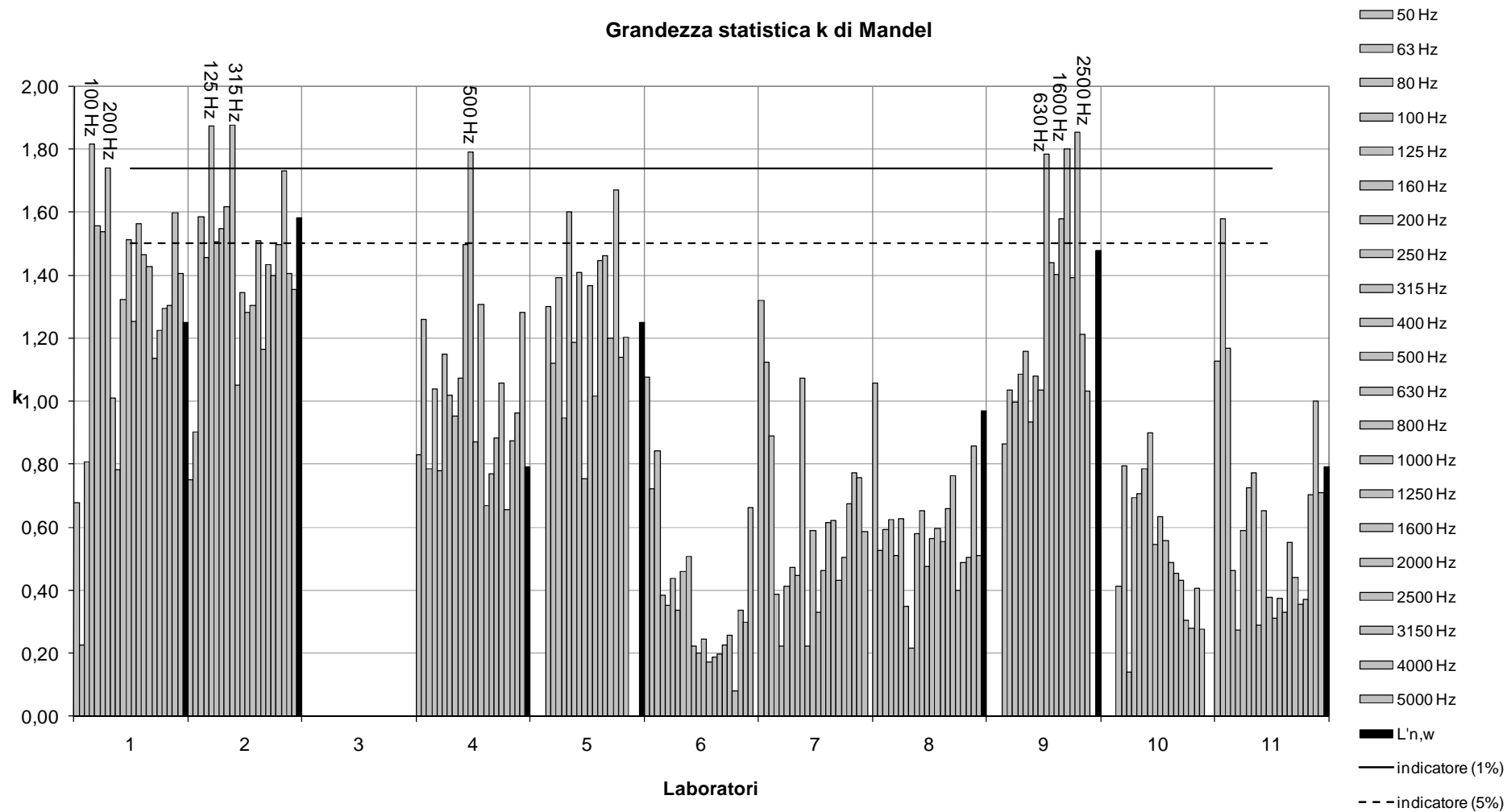


Figura 197- Grafico della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio (per il parametro $L'_{n,w}$, valutato secondo la norma 10052) (dopo l'eliminazione del lab.3)

Nota: per chiarezza grafica sono state riportate solo le linee indicatrici riferite ai valori critici per $p = 10$ (e $n=5$), per le cui risulta $k(1\%)=\pm 1,74$ e $k(5\%)=\pm 1,5$; per $p=7$ (condizione che si verifica ad esempio per le basse frequenze) risulta invece $k(1\%)=\pm 1,7$ e $k(5\%)=\pm 1,49$ (tali linee risulterebbero praticamente sovrapposte a quelle riportate)

Tabella 323 - Calcolo dei valori critici per il test di Cochran, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro L'_{nr} valutato secondo la norma 10052) (dopo l'eliminazione del lab.3)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nr}
n° di lab per livello	p_j	7	7	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	7	10
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
valore critico al livello 1%	$C_{cr}(1\%)$	0,51	0,51	0,51	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,43	0,51	0,39
valore critico al livello 5%	$C_{cr}(5\%)$	0,43	0,43	0,43	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,36	0,43	0,33

Tabella 324 – Risultati dell'applicazione del test di Cochran sugli scarti massimi, con indicazione del laboratorio che ha prodotto i risultati dispersi e anomali (per il parametro L'_{nr} valutato secondo la norma 10052) (dopo l'eliminazione del lab.3)

C_j		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nr}
		0,25	0,36	0,36	0,33	0,35	0,24	0,30	0,26	0,35	0,22	0,32	0,32	0,24	0,23	0,25	0,32	0,28	0,34	0,30	0,28	0,28	0,25
Relativo lab						2				2									9				

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anomali

Tabella 325 – Valori critici per il test di Grubbs, singolo e doppio, applicato alle medie di cella, in funzione del numero di laboratori per livello
(per il parametro L'_{n} , valutato secondo la norma 10052) (dopo l'eliminazione del lab. 3)

livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
$p_i =$	7	7	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	7	10
Valore critico test singolo (1%)																						
$G_{cr}(1\%)$	2,14	2,14	2,14	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,39	2,14	2,48
Valore critico test singolo (5%)																						
$G_{cr}(5\%)$	2,02	2,02	2,02	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,215	2,02	2,29
Valore critico test doppio (1%)																						
$G_{cr}(1\%)$	0,03	0,03	0,03	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,09	0,03	0,12
Valore critico test doppio (5%)																						
$G_{cr}(5\%)$	0,07	0,07	0,07	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,15	0,07	0,19

Tabella 326 – Test di Grubbs singolo applicato al valore maggiore e al valore minore delle medie di cella
(per il parametro $L'_{n'}$, valutato secondo la norma 10052) (dopo l'eliminazione del lab. 3)

Medie di cella: verifica del valore maggiore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
G_p	1,56	1,93	1,38	1,75	1,35	1,77	1,09	1,00	1,20	1,38	1,49	1,94	2,31	2,13	2,20	1,90	2,02	1,95	1,91	1,88	1,66	2,02

Medie di cella: verifica del valore minore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
G_i	0,81	0,82	1,71	1,56	1,88	1,45	1,64	2,52	2,42	2,39	1,63	1,29	1,10	1,21	1,01	1,41	0,93	1,04	1,10	0,96	0,80	1,08
LAB								10														

Tabella 327 - Test di Grubbs doppio applicato i due valori maggiori e ai due valori minori delle medie di cella (per il parametro $L'_{n'}$, valutato secondo la norma 10052)
(dopo l'eliminazione del lab. 3)

Medie di cella: verifica dei due valori maggiori																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
G	0,09	0,13	0,44	0,51	0,50	0,36	0,69	0,79	0,67	0,59	0,60	0,37	0,19	0,30	0,27	0,42	0,26	0,29	0,37	0,22	0,01	0,33
LAB																						6, 11

Medie di cella: verifica del valore minore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nW}
G	0,72	0,73	0,27	0,51	0,42	0,64	0,30	0,14	0,24	0,25	0,47	0,60	0,70	0,65	0,73	0,53	0,77	0,73	0,70	0,74	0,77	0,73

Analisi della cella corrispondente al laboratorio 10 a 250 Hz.

È stato analizzato il motivo del valore anormale emerso dal test di Grubbs

Si può osservare, sia dal grafico generale delle medie (Figura 85) che dal sottostante grafico delle medie per la sola frequenza dei 250 Hz, come le medie degli altri laboratori siano quasi coincidenti (lo scostamento massimo tra le medie di cella è di soli 0,81 dB senza il lab.10), mentre il valore del laboratorio 10 è nettamente più basso (incluso il laboratorio 10 lo scostamento tra le medie a 250 Hz risulta di 1,89 dB). Si è provato ad applicare il test di Grubbs ai valori delle cinque ripetizioni della cella dei 250 Hz del laboratorio 10; in tale verifica il valore maggiore risulta un valore disperso (ma molto prossimo al valore critico all'1%).

Provando ad eliminare solo il valore maggiore di tale cella (corrispondente alla prima ripetizione) e ad applicare di nuovo il test di Grubbs a tutte le medie di cella, risulta di nuovo un valore anormale per il valore minore delle medie, sempre alla frequenza dei 250 Hz e ancora imputabile al laboratorio 10.

Quindi il valore anomalo della media, per tale cella, non è attribuibile ad uno solo dei suoi valori.

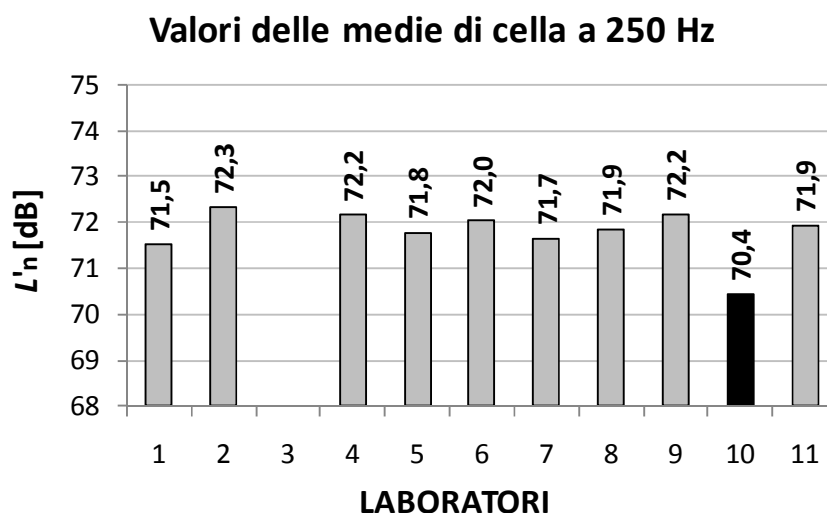


Figura 198 – Medie di cella per il livello corrispondente alla frequenza dei 250 Hz, si vede il valore nettamente più basso della media del laboratorio 10 (per il parametro L'_n , valutato secondo la norma 10052)

In aggiunta è stato riportato anche il grafico dei valori delle cinque ripetizioni, per tutti i laboratori, a 250 Hz.

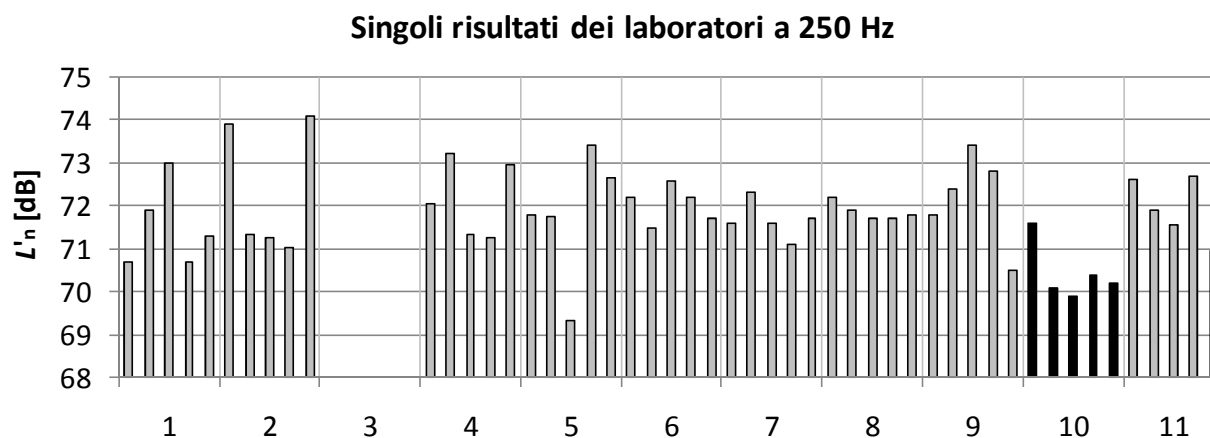


Figura 199 – Valori dei singoli risultati dei laboratori a 250 Hz (per il parametro L'_n , valutato secondo la norma 10052)

Analisi delle celle dei laboratori 6 e 11 a 5000 Hz.

Come si vede dal sottostante grafico delle medie di tutti i laboratori a 5000 Hz, è evidente che i valori dei laboratori 6 e 11 sono molto superiori agli altri (gli spazi vuoti dipendono dall'eliminazione del lab. 3 e dal fatto che i lab. 5, 9 e 10 hanno limitato l'analisi a frequenze inferiori).

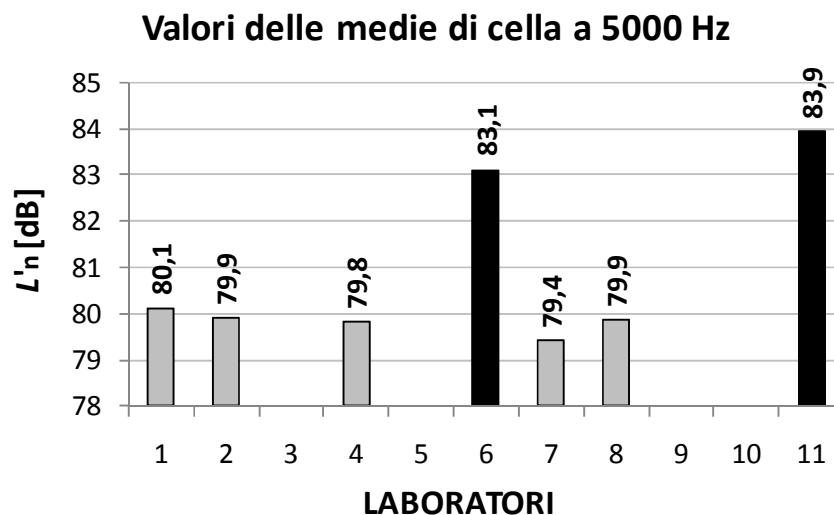


Figura 200– Medie di cella per il livello corrispondente alla frequenza dei 5000 Hz, si vede il valore nettamente più alto delle medie dei laboratori 6 e 11 (per il parametro L'_n , valutato secondo la norma 10052)

Dalla seguente Figura 201 si può vedere che i risultati delle singole ripetizioni dei laboratori 6 e 11, a 5000 Hz, sono omogenei tra loro, quindi il valore elevato della media non è imputabile solo ad alcuni dei risultati di cella.

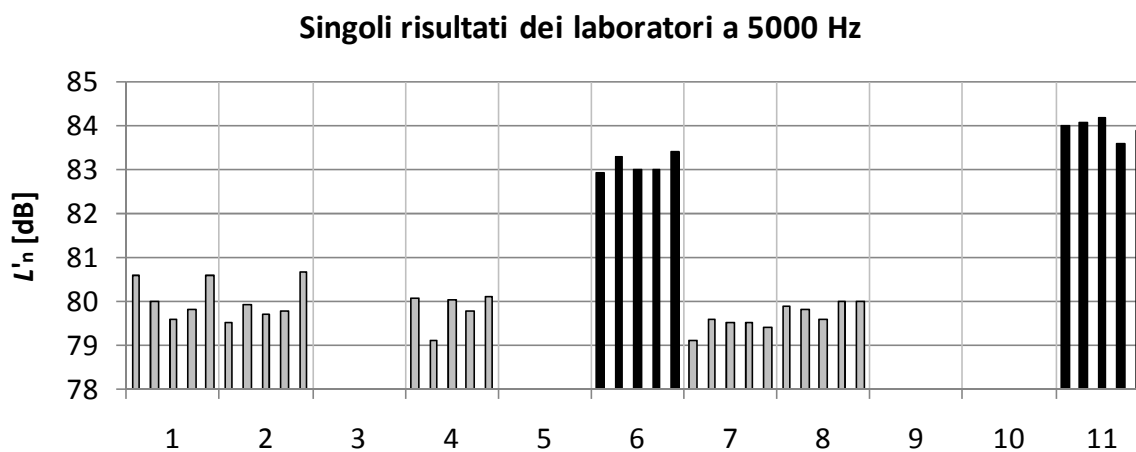


Figura 201 - Singoli valori delle ripetizioni della misura per la frequenza dei 5000 Hz. Si può osservare che i singoli risultati dei laboratori 6 e 11 sono omogenei tra loro

J.8 Valori di ripetibilità e riproducibilità per il livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052

Tabella 328 - Media generale (\bar{y}_j), varianze di ripetibilità (s^2_r), interlaboratorio (s^2_l) e di riproducibilità (s^2_R), scarti tipo di ripetibilità (s_r), interlaboratorio (s_l) e di riproducibilità (s_R), per il livello normalizzato di calpestio (utilizzando la norma UNI EN ISO 10052) (escludendo il lab. 3)

Livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L' nw
Media generale																						
\bar{y}_j	53,5	60,3	59,9	55,3	62,8	66,5	68,6	71,8	73,8	72,3	71,6	77,7	79,9	78,9	79,7	81,3	85,2	88,2	85,1	82,7	80,9	91,0
Varianze																						
s^2_{rj}	1,14	1,83	1,01	0,80	0,67	0,67	0,33	0,91	0,45	0,74	0,45	0,62	0,23	0,29	0,26	0,25	0,30	0,47	0,20	0,09	0,11	0,32
s^2_{lj}	2,74	6,46	0,63	1,90	1,86	1,81	0,74	0,11	0,62	0,07	0,38	1,00	0,87	1,03	0,93	0,78	1,01	1,64	1,31	1,90	3,34	1,14
s^2_{Rj}	3,87	8,29	1,64	2,70	2,53	2,47	1,07	1,02	1,07	0,81	0,83	1,62	1,11	1,32	1,19	1,03	1,32	2,12	1,50	1,99	3,44	1,46
Scarti tipo																						
s_{rj}	1,07	1,35	1,00	0,89	0,82	0,82	0,57	0,95	0,67	0,86	0,67	0,79	0,48	0,53	0,51	0,50	0,55	0,69	0,44	0,30	0,33	0,57
s_{lj}	1,65	2,54	0,80	1,38	1,36	1,34	0,86	0,32	0,79	0,26	0,62	1,00	0,93	1,01	0,96	0,88	1,01	1,28	1,14	1,38	1,83	1,07
s_{Rj}	1,97	2,88	1,28	1,64	1,59	1,57	1,03	1,01	1,03	0,90	0,91	1,27	1,05	1,15	1,09	1,02	1,15	1,46	1,23	1,41	1,86	1,21

Tabella 329 – Valori finali di ripetibilità e riproducibilità per il livello normalizzato di calpestio (utilizzando la norma UNI EN ISO 10052) (escludendo il lab. 3)

Livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L' nw
Ripetibilità																						
<i>..r..</i>	2,99	3,79	2,81	2,51	2,30	2,29	1,60	2,67	1,87	2,41	1,88	2,20	1,36	1,49	1,42	1,41	1,54	1,93	1,24	0,84	0,92	1,58
Riproducibilità																						
<i>R</i>	5,51	8,06	3,59	4,60	4,45	4,40	2,90	2,82	2,89	2,52	2,55	3,57	2,95	3,21	3,05	2,85	3,21	4,07	3,43	3,95	5,20	3,38

J.9 Analisi dei dati del potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4 (ANALISI INIZIALE SU TUTTI I DATI)

Tabella 330 - Modulo A (I parte) per la raccolta dati per il potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4 (TUTTI I DATI)

y_{ijk}		MODULO A :potere fonoisolante R' [dB] (I parte)																					
		livello: f [Hz]																					
LAB	ripetizioni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w [dB]
1	1	34,6	28,3	29,5	37,9	36,6	32,6	43,8	44,7	47,8	52,6	56,3	61,1	65,3	67,8	71,2	74,6	78,5	75,2	71,7	74,4	74,0	56,0
	2	33,6	26,7	30,7	35,2	35,2	34,1	40,3	44,9	47,0	52,3	54,8	60,0	65,0	68,1	71,3	74,4	78,1	75,3	72,0	74,3	73,6	55,0
	3	33,5	25,4	33,1	33,4	38,4	34,5	44,6	44,6	47,1	51,4	54,7	60,0	64,9	68,1	70,7	74,3	78,2	75,2	71,8	73,7	72,8	56,0
	4	33,2	25,1	31,3	35,3	38,7	33,9	44,3	44,7	49,0	52,9	55,7	59,9	64,1	67,5	71,0	74,6	78,9	75,5	71,9	74,5	74,3	57,0
	5	34,9	28,1	32,1	34,5	32,9	35,4	43,5	43,1	45,8	50,7	54,7	60,0	64,6	68,2	70,8	74,5	77,9	75,1	71,4	73,9	74,0	55,0
2	1	35,1	0,0	29,2	32,5	35,5	33,0	41,5	44,9	46,1	49,8	53,5	59,2	63,6	66,8	69,8	73,6	76,5	74,5	72,2	75,4	74,2	54,0
	2	34,8	30,1	32,1	32,0	33,4	34,5	40,2	43,7	48,2	51,7	54,1	58,6	62,8	66,7	69,7	73,5	76,4	75,0	71,9	75,4	74,6	54,0
	3	30,3	22,8	34,0	33,7	36,5	36,7	39,0	43,1	47,0	50,4	53,2	58,8	63,2	67,1	70,2	74,1	76,6	75,0	71,9	75,4	74,8	55,0
	4	35,4	26,8	28,3	32,7	35,0	38,5	40,3	43,7	45,2	50,5	53,5	59,7	63,1	67,1	70,0	74,1	77,5	74,8	72,1	75,6	74,6	55,0
	5	29,5	22,8	24,8	33,4	34,2	38,0	40,4	43,1	46,2	51,6	54,8	59,0	63,9	66,9	70,3	74,4	77,9	74,9	72,6	76,2	74,8	55,0
3	1	0,0	0,0	0,0	36,7	37,4	36,8	39,7	43,8	47,8	52,8	56,2	60,5	64,9	67,9	71,7	75,1	78,8	75,5	73,2	0,0	0,0	56,0
	2	0,0	0,0	0,0	35,4	38,2	38,1	41,0	43,8	47,9	52,0	54,8	59,4	65,2	68,2	71,7	75,3	78,3	75,2	73,5	0,0	0,0	56,0
	3	0,0	0,0	0,0	32,9	33,2	38,6	41,3	45,2	45,6	51,7	54,6	59,3	65,0	68,5	71,4	74,9	78,4	75,8	73,3	0,0	0,0	55,0
	4	0,0	0,0	0,0	31,8	36,8	36,1	42,0	43,1	48,0	51,1	54,3	59,4	64,3	68,6	71,4	74,7	78,1	75,2	73,0	0,0	0,0	55,0
	5	0,0	0,0	0,0	33,4	35,5	34,5	40,9	46,0	47,5	51,2	55,1	59,9	65,2	68,0	72,1	75,1	78,2	75,6	72,4	0,0	0,0	55,0
4	1	31,4	27,6	28,7	35,2	36,9	35,8	42,3	43,7	47,2	52,7	53,1	59,4	63,3	67,6	69,9	74,3	76,4	74,5	71,8	75,1	75,0	56,0
	2	30,2	25,8	33,3	36,6	35,8	36,9	43,4	44,7	47,7	52,3	53,2	58,5	63,7	67,0	70,4	74,0	76,9	75,1	72,0	75,2	75,8	56,0
	3	27,8	23,5	29,9	35,5	36,9	35,0	40,4	44,9	49,2	51,2	54,4	59,2	63,7	67,4	70,2	74,3	76,4	74,2	71,8	75,0	75,1	56,0
	4	32,5	31,8	32,3	32,9	35,3	38,7	40,1	44,7	49,5	52,7	55,0	59,3	63,7	66,9	70,0	73,9	77,0	74,6	71,9	75,2	75,7	56,0
	5	28,6	22,0	28,1	35,2	35,9	38,2	44,5	44,7	47,6	51,9	54,9	58,7	63,5	67,4	70,6	74,0	76,1	73,5	71,3	74,2	73,2	56,0
5	1	0,0	0,0	0,0	33,8	37,7	38,0	41,1	44,0	48,2	52,4	55,4	59,2	63,8	66,9	69,8	73,3	76,4	74,4	71,1	0,0	0,0	56,0
	2	0,0	0,0	0,0	35,7	36,8	36,1	38,5	43,6	47,9	51,6	55,3	59,3	61,8	65,8	68,9	71,0	72,8	73,5	70,2	0,0	0,0	55,0
	3	0,0	0,0	0,0	33,6	37,3	35,3	40,4	43,1	48,6	52,7	54,7	59,1	63,7	67,0	70,6	73,3	76,4	75,1	71,3	0,0	0,0	55,0
	4	0,0	0,0	0,0	30,9	39,2	36,0	39,2	42,6	46,3	50,2	54,6	58,6	62,9	65,7	69,5	73,1	74,8	74,6	71,0	0,0	0,0	55,0
	5	0,0	0,0	0,0	34,7	38,3	38,0	40,7	44,2	47,7	50,9	55,1	58,7	63,3	66,9	70,3	73,0	74,9	74,4	70,4	0,0	0,0	56,0

Tabella 331- Modulo A (II parte) per la raccolta dati per il potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4 (TUTTI I DATI)

Y _{ijk}		MODULO A :potere fonoisolante R' [dB] (II parte)																					
		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	ripetizioni	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R' _w [dB]
6	1	13,8	31,0	31,9	32,6	37,3	41,4	44,7	46,3	48,6	50,3	53,4	59,3	64,2	67,5	70,5	73,8	77,6	75,0	71,7	75,0	76,2	57,0
	2	13,5	29,6	31,6	32,8	36,5	41,7	44,9	45,2	47,0	50,4	52,6	58,3	63,5	66,9	69,9	73,6	77,6	74,9	71,4	74,9	75,5	56,0
	3	18,7	30,7	29,8	34,6	36,8	41,2	44,0	44,8	48,2	51,6	53,3	58,2	63,8	67,2	70,2	73,5	77,6	74,6	71,4	75,0	77,5	57,0
	4	17,6	31,6	29,0	34,1	37,7	41,2	43,4	43,8	48,3	51,1	53,1	57,9	63,6	67,1	70,0	73,8	77,9	75,2	71,6	75,2	77,5	56,0
	5	20,0	30,6	32,4	34,4	36,2	40,2	44,5	44,9	47,9	52,2	53,6	59,5	64,3	67,1	69,9	73,6	78,5	75,2	71,5	75,1	77,3	56,0
7	1	28,2	27,7	31,2	30,6	37,0	38,3	40,0	44,6	47,5	50,5	54,5	59,3	63,7	67,3	71,6	74,2	78,0	75,2	73,7	75,9	77,0	55,0
	2	28,3	25,4	32,2	31,1	36,6	37,8	40,0	44,8	47,5	50,8	54,1	59,1	63,7	67,0	70,5	74,2	77,8	74,8	73,2	75,9	77,0	55,0
	3	28,4	24,9	32,0	32,8	37,6	38,3	41,1	44,4	47,6	50,8	54,3	59,0	64,0	67,5	71,3	74,2	78,0	74,9	73,5	76,0	77,0	56,0
	4	31,1	24,9	31,7	31,6	37,8	37,3	40,7	44,4	47,8	51,1	54,7	59,3	64,4	67,2	71,3	73,9	78,3	75,3	73,7	76,3	77,2	55,0
	5	31,6	26,4	31,3	31,6	37,3	37,9	40,7	45,6	47,7	51,4	54,0	59,3	64,2	67,2	71,4	74,0	78,1	75,2	73,7	76,1	76,9	56,0
8	1	26,2	27,1	33,5	35,1	37,3	34,4	41,6	42,1	46,8	51,7	54,2	59,2	64,6	68,4	71,1	74,6	78,2	75,3	72,8	76,5	75,9	55,0
	2	26,1	22,6	32,8	34,1	36,5	36,1	41,2	42,7	46,5	51,8	54,0	58,9	64,2	68,0	70,6	74,6	77,7	75,1	71,8	76,3	75,6	55,0
	3	25,1	23,7	33,0	34,3	36,2	34,9	41,4	43,2	46,7	51,9	54,4	59,4	64,2	67,9	70,8	74,0	78,0	75,1	72,6	75,7	75,7	55,0
	4	26,8	24,1	32,8	33,9	36,7	35,2	40,7	43,3	46,5	51,9	54,6	59,5	63,9	67,4	70,9	74,1	77,6	74,8	72,2	75,9	76,2	55,0
	5	26,4	23,3	32,4	34,4	36,2	35,3	40,7	43,1	46,3	52,1	54,9	59,4	64,3	67,8	71,3	74,5	77,4	74,7	72,1	76,5	76,4	55,0
9	1	0,0	0,0	0,0	33,5	37,5	32,6	44,1	43,1	47,5	52,5	54,2	58,8	64,1	67,7	70,5	72,6	75,5	72,9	69,2	69,3	0,0	55,0
	2	0,0	0,0	0,0	30,3	34,6	33,0	40,8	44,7	46,1	53,0	54,4	58,3	63,9	66,9	69,2	69,6	70,8	69,3	66,3	64,5	0,0	54,0
	3	0,0	0,0	0,0	33,1	37,4	31,7	46,2	46,1	47,7	51,7	55,6	59,6	64,3	68,4	71,1	73,8	76,4	74,3	71,2	72,6	0,0	56,0
	4	0,0	0,0	0,0	32,3	34,1	31,2	41,1	44,2	46,1	51,0	54,8	57,8	63,5	68,0	70,8	72,9	75,6	73,0	69,2	67,5	0,0	54,0
	5	0,0	0,0	0,0	32,6	34,8	34,9	44,3	43,8	48,4	53,7	54,4	58,6	63,7	67,2	70,7	74,6	77,8	75,2	71,4	74,2	0,0	56,0
10	1	0,0	0,0	0,0	34,5	34,7	37,8	43,3	43,5	46,4	51,0	55,0	59,3	63,9	67,0	69,6	73,9	76,6	73,5	71,1	74,0	0,0	56,0
	2	0,0	0,0	0,0	34,1	34,2	37,8	44,1	43,4	47,2	50,9	55,0	59,3	64,0	66,9	69,4	73,0	75,6	73,1	70,6	73,7	0,0	56,0
	3	0,0	0,0	0,0	34,2	34,7	36,7	42,7	43,4	47,1	51,4	54,7	59,6	63,4	66,4	68,7	73,1	75,4	71,8	70,1	72,5	0,0	55,0
	4	0,0	0,0	0,0	34,2	34,7	36,7	42,7	43,4	47,1	51,4	54,7	59,6	63,4	66,4	68,7	73,1	75,4	71,8	70,1	72,5	0,0	55,0
	5	0,0	0,0	0,0	34,3	35,3	37,9	43,9	43,6	47,0	50,8	54,6	59,3	63,9	66,9	70,1	74,3	76,8	74,1	71,3	74,0	0,0	56,0
11	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella 332 - Modulo B per la raccolta dei dati delle medie di cella (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (TUTTI I DATI)

MODULO B: medie del potere fonoisolante R' [dB]																						
\bar{y}_{ij}	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w [dB]
1	34,0	26,7	31,3	35,3	36,4	34,1	43,3	44,4	47,3	52,0	55,2	60,2	64,8	67,9	71,0	74,5	78,3	75,3	71,8	74,2	73,7	55,8
2	33,0	25,7	29,7	32,8	34,9	36,1	40,3	43,7	46,5	50,8	53,8	59,1	63,3	66,9	70,0	73,9	77,0	74,9	72,1	75,6	74,6	54,6
3	0,0	0,0	0,0	34,0	36,2	36,8	41,0	44,4	47,4	51,8	55,0	59,7	64,9	68,2	71,7	75,0	78,4	75,5	73,1	0,0	0,0	55,4
4	30,1	26,2	30,5	35,1	36,2	36,9	42,1	44,5	48,2	52,2	54,1	59,1	63,6	67,2	70,2	74,1	76,5	74,4	71,8	74,9	75,0	56,0
5	0,0	0,0	0,0	33,7	37,9	36,7	40,0	43,5	47,7	51,6	55,0	59,0	63,1	66,5	69,8	72,7	75,0	74,4	70,8	0,0	0,0	55,4
6	16,7	30,7	30,9	33,7	36,9	41,1	44,3	45,0	48,0	51,1	53,2	58,6	63,9	67,2	70,1	73,7	77,8	75,0	71,5	75,0	76,8	56,4
7	29,5	25,9	31,7	31,5	37,3	37,9	40,5	44,8	47,6	50,9	54,3	59,2	64,0	67,2	71,2	74,1	78,0	75,1	73,6	76,0	77,0	55,4
8	26,1	24,2	32,9	34,4	36,6	35,2	41,1	42,9	46,6	51,9	54,4	59,3	64,2	67,9	70,9	74,4	77,8	75,0	72,3	76,2	76,0	55,0
9	0,0	0,0	0,0	32,4	35,7	32,7	43,3	44,4	47,2	52,4	54,7	58,6	63,9	67,6	70,5	72,7	75,2	72,9	69,5	69,6	0,0	55,0
10	0,0	0,0	0,0	34,3	34,7	37,4	43,3	43,5	47,0	51,1	54,8	59,4	63,7	66,7	69,3	73,5	76,0	72,9	70,6	73,3	0,0	55,6
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella 333 – Modulo C per la raccolta degli scarti tipo infracella (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (TUTTI I DATI)

S _{ij}	MODULO C: scarto tipo del potere fonoisolante R' [dB]																					
	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
1	0,74	1,48	1,37	1,66	2,40	1,02	1,73	0,73	1,17	0,91	0,73	0,50	0,45	0,29	0,25	0,13	0,39	0,15	0,23	0,34	0,58	0,84
2	2,87	3,53	3,56	0,67	1,17	2,34	0,88	0,72	1,12	0,84	0,64	0,42	0,42	0,18	0,26	0,39	0,68	0,20	0,26	0,37	0,25	0,55
3	0,00	0,00	0,00	1,98	1,95	1,64	0,83	1,18	1,00	0,69	0,73	0,50	0,37	0,30	0,29	0,23	0,27	0,26	0,42	0,00	0,00	0,55
4	1,92	3,84	2,26	1,34	0,71	1,54	1,90	0,46	1,03	0,64	0,91	0,40	0,18	0,29	0,29	0,17	0,37	0,58	0,30	0,43	1,04	0,00
5	0,00	0,00	0,00	1,77	0,93	1,27	1,10	0,66	0,87	1,04	0,37	0,32	0,79	0,66	0,65	0,99	1,49	0,59	0,48	0,00	0,00	0,55
6	2,93	0,73	1,46	0,93	0,60	0,56	0,60	0,90	0,61	0,80	0,38	0,71	0,36	0,22	0,25	0,13	0,39	0,25	0,13	0,11	0,91	0,55
7	1,68	1,20	0,43	0,82	0,48	0,41	0,48	0,50	0,13	0,34	0,29	0,14	0,31	0,18	0,42	0,14	0,18	0,22	0,22	0,17	0,11	0,55
8	0,63	1,73	0,40	0,46	0,45	0,62	0,41	0,49	0,19	0,15	0,35	0,24	0,25	0,36	0,27	0,29	0,32	0,24	0,40	0,36	0,34	0,00
9	0,00	0,00	0,00	1,24	1,64	1,43	2,30	1,13	1,02	1,06	0,56	0,66	0,32	0,60	0,74	1,90	2,64	2,25	2,06	3,89	0,00	1,00
10	0,00	0,00	0,00	0,15	0,39	0,62	0,65	0,09	0,32	0,28	0,19	0,16	0,29	0,29	0,60	0,58	0,68	1,03	0,55	0,78	0,00	0,55
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota: in grigio sono segnate le celle che danno luogo a valori anormali nel successivo test grafico k di coerenza intralaboratorio

Tabella 334 – Calcolo degli indicatori per i test grafici h e k di Mandel, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero medio di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (TUTTI I DATI)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
n° di lab per livello	p_j	6	6	6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	6	10
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
indicatore k (1%) per ogni livello	k (1%)	1,68	1,68	1,68	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,71	1,68	1,74
indicatore k (5%) per ogni livello	k (5%)	1,48	1,48	1,48	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,48	1,5
indicatore h (1%) per ogni livello	h (1%)	1,87	1,87	1,87	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,06	1,87	2,18
indicatore h (5%) per ogni livello	h (5%)	1,66	1,66	1,66	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,75	1,66	1,8

Tabella 335 – Risultati per il test h di coerenza interlaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (TUTTI I DATI)

h	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
1	0,91	0,08	0,15	1,31	0,09	-1,05	0,89	0,45	-0,02	0,75	1,25	2,07	1,44	1,03	0,73	0,85	1,04	0,80	0,05	-0,10	-1,37	0,65
2	0,76	-0,40	-1,34	-0,75	-1,39	-0,16	-1,07	-0,59	-1,44	-1,38	-1,02	-0,30	-1,06	-0,76	-0,67	0,10	-0,04	0,36	0,35	0,58	-0,69	-1,64
3	0,00	0,00	0,00	0,27	-0,05	0,14	-0,61	0,42	0,02	0,35	0,86	1,02	1,68	1,56	1,64	1,58	1,08	1,02	1,15	0,00	0,00	-0,11
4	0,30	-0,18	-0,65	1,17	-0,08	0,19	0,14	0,64	1,56	1,10	-0,52	-0,34	-0,63	-0,17	-0,33	0,30	-0,37	-0,14	0,06	0,27	-0,43	1,03
5	0,00	0,00	0,00	0,02	1,62	0,08	-1,25	-0,88	0,69	-0,03	0,87	-0,52	-1,47	-1,54	-0,92	-1,51	-1,56	-0,13	-0,75	0,00	0,00	-0,11
6	-1,83	1,88	-0,21	-0,02	0,65	2,04	1,54	1,34	1,14	-0,81	-2,04	-1,21	-0,11	-0,32	-0,51	-0,26	0,66	0,50	-0,15	0,32	0,99	1,79
7	0,20	-0,31	0,47	-1,85	1,02	0,62	-0,92	0,98	0,47	-1,17	-0,23	-0,03	0,10	-0,18	1,04	0,33	0,82	0,61	1,55	0,78	1,16	-0,11
8	-0,34	-1,08	1,58	0,54	0,32	-0,58	-0,52	-1,81	-1,39	0,57	-0,07	0,14	0,51	0,96	0,65	0,69	0,61	0,52	0,50	0,85	0,34	-0,88
9	0,00	0,00	0,00	-1,16	-0,60	-1,67	0,89	0,42	-0,34	1,47	0,35	-1,25	-0,08	0,51	-0,01	-1,57	-1,42	-1,72	-1,87	-2,22	0,00	-0,88
10	0,00	0,00	0,00	0,46	-1,58	0,39	0,92	-0,95	-0,69	-0,85	0,54	0,43	-0,39	-1,09	-1,61	-0,51	-0,83	-1,81	-0,89	-0,48	0,00	0,27
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali per il test grafico h

Nella seguente Figura 202 sono state riportate le linee indicatrici dei valori critici sia per il caso con $p=6$ (che si verifica a 50, 63, 80 e 5000 Hz) (linee più sottili nella figura), sia per il caso con $p=10$ (corrispondente a tutti gli altri livelli ad eccezione dei 4000 Hz) (linee marcate in figura).

Per $p=6$ risulta $h(1\%)=\pm 1,87$ e $h(5\%)=\pm 1,66$; per $p=10$ risulta $h(1\%)=\pm 2,18$ e $h(5\%)=\pm 1,8$.

Le linee indicatrici del caso $p=6$ sono utili all'individuazione del valore anormale a 63 Hz per il laboratorio 6.

Grandezza statistica h di Mandel

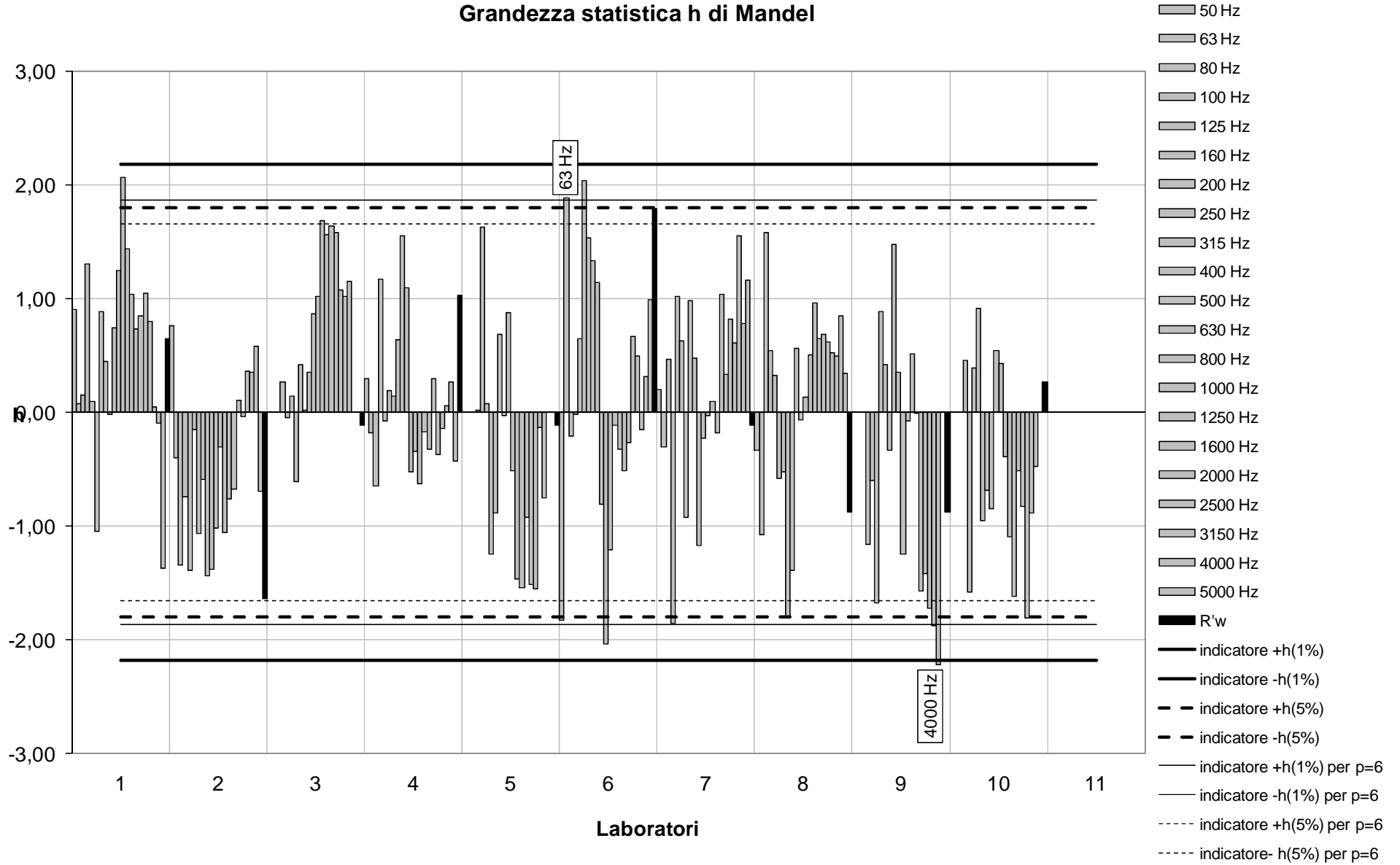


Figura 202– Grafico della grandezza statistica *h* di coerenza interlaboratorio (per il parametro *R'*, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (TUTTI I DATI)

Tabella 336– Risultati per il test *k* di coerenza intralaboratorio (per il parametro *R'*, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (TUTTI I DATI)

k	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R _w '
1	0,37	0,62	0,71	1,34	1,90	0,79	1,38	0,98	1,40	1,23	1,30	1,13	1,12	0,77	0,58	0,18	0,38	0,18	0,31	0,24	0,91	1,41
2	1,43	1,48	1,85	0,54	0,93	1,82	0,70	0,95	1,33	1,13	1,14	0,93	1,03	0,48	0,58	0,54	0,65	0,24	0,35	0,26	0,39	0,93
3	0,00	0,00	0,00	1,60	1,55	1,27	0,67	1,57	1,20	0,93	1,31	1,13	0,91	0,82	0,65	0,31	0,26	0,31	0,57	0,00	0,00	0,93
4	0,95	1,60	1,18	1,08	0,56	1,20	1,51	0,61	1,23	0,86	1,63	0,90	0,45	0,77	0,65	0,23	0,36	0,69	0,40	0,30	1,64	0,00
5	0,00	0,00	0,00	1,43	0,74	0,99	0,88	0,87	1,03	1,41	0,66	0,72	1,94	1,78	1,48	1,36	1,44	0,70	0,65	0,00	0,00	0,93
6	1,46	0,30	0,76	0,75	0,48	0,44	0,48	1,19	0,73	1,09	0,68	1,59	0,88	0,59	0,58	0,18	0,38	0,30	0,18	0,08	1,42	0,93
7	0,84	0,50	0,23	0,66	0,38	0,32	0,39	0,66	0,16	0,46	0,51	0,32	0,76	0,49	0,95	0,19	0,18	0,26	0,30	0,12	0,17	0,93
8	0,31	0,72	0,21	0,37	0,36	0,48	0,33	0,65	0,23	0,20	0,62	0,53	0,62	0,97	0,61	0,40	0,31	0,29	0,55	0,25	0,53	0,00
9	0,00	0,00	0,00	1,00	1,30	1,11	1,83	1,49	1,22	1,43	1,00	1,48	0,78	1,62	1,67	2,61	2,54	2,67	2,80	2,72	0,00	1,69
10	0,00	0,00	0,00	0,12	0,31	0,48	0,52	0,12	0,38	0,38	0,33	0,37	0,73	0,79	1,37	0,80	0,66	1,22	0,76	0,54	0,00	0,93
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

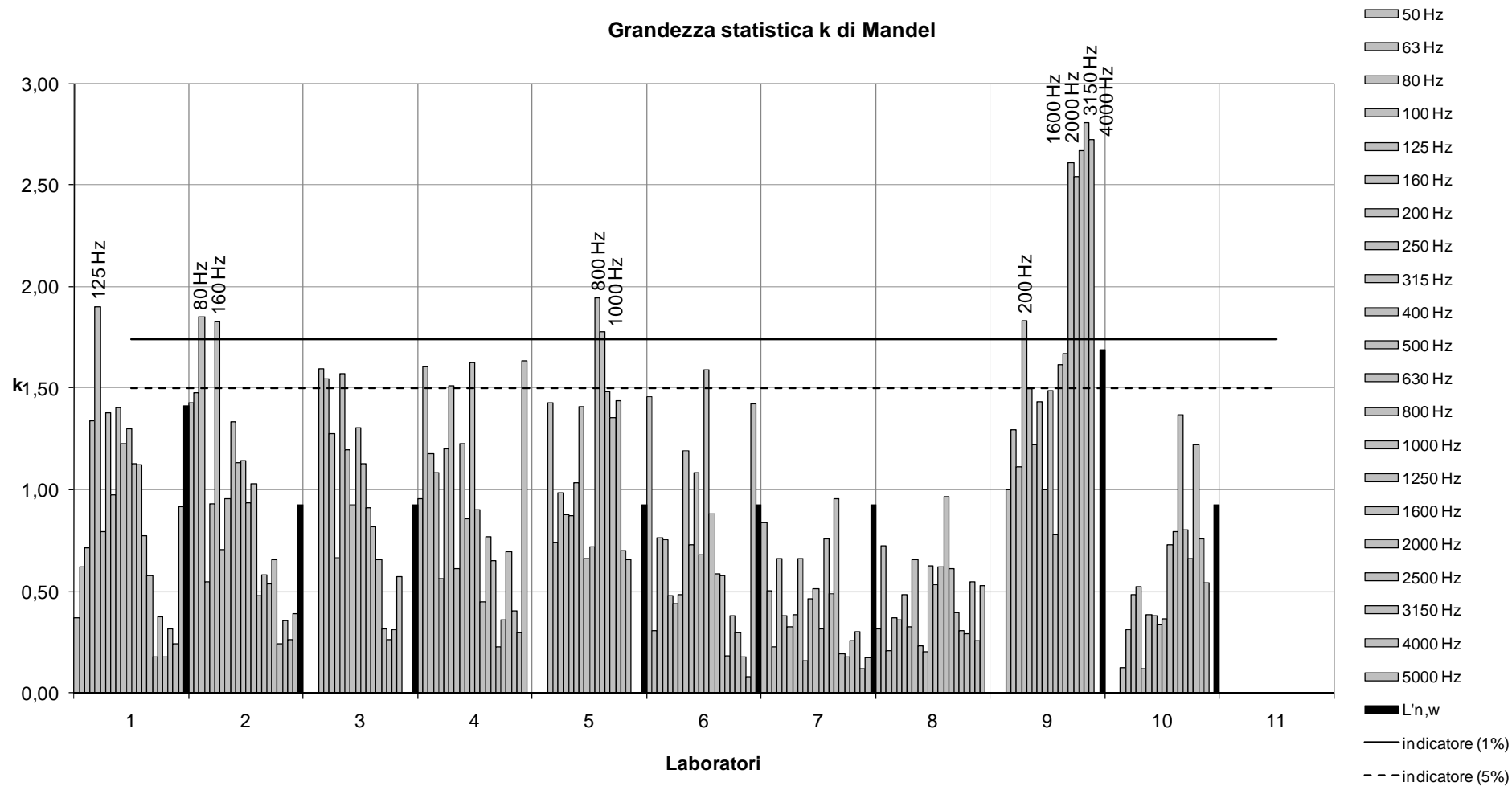


Figura 203 - Grafico della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio (per il parametro R', valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (TUTTI I DATI)

Nota: per chiarezza grafica sono state riportate solo le linee indicatrici riferite ai valori critici per $p = 10$ (e $n=5$), per le cui risulta $k(1\%)=\pm 1,74$ e $k(5\%)=\pm 1,5$; per $p=6$ (condizione che si verifica ad esempio per le basse frequenze) risulta invece $k(1\%)=\pm 1,68$ e $k(5\%)=\pm 1,48$

Tabella 337 - Calcolo dei valori critici per il test di Cochran, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (TUTTI I DATI)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
n° di lab per livello	p_j	6	6	6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	6	10
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
valore critico al livello 1%	$C_{cr}(1\%)$	0,56	0,56	0,56	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,46	0,56	0,39
valore critico al livello 5%	$C_{cr}(5\%)$	0,48	0,48	0,48	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,39	0,48	0,33

Tabella 338 – Risultati dell'applicazione del test di Cochran sugli scarti massimi, con indicazione del laboratorio che ha prodotto i risultati dispersi e anomali (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (TUTTI I DATI)

C_j		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
		0,35	0,43	0,57	0,25	0,36	0,33	0,34	0,25	0,20	0,21	0,26	0,25	0,38	0,32	0,28	0,68	0,65	0,71	0,79	0,93	0,45	0,29
Relativo lab				2		1	2	9						5			9	9	9	9	9		

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anomali

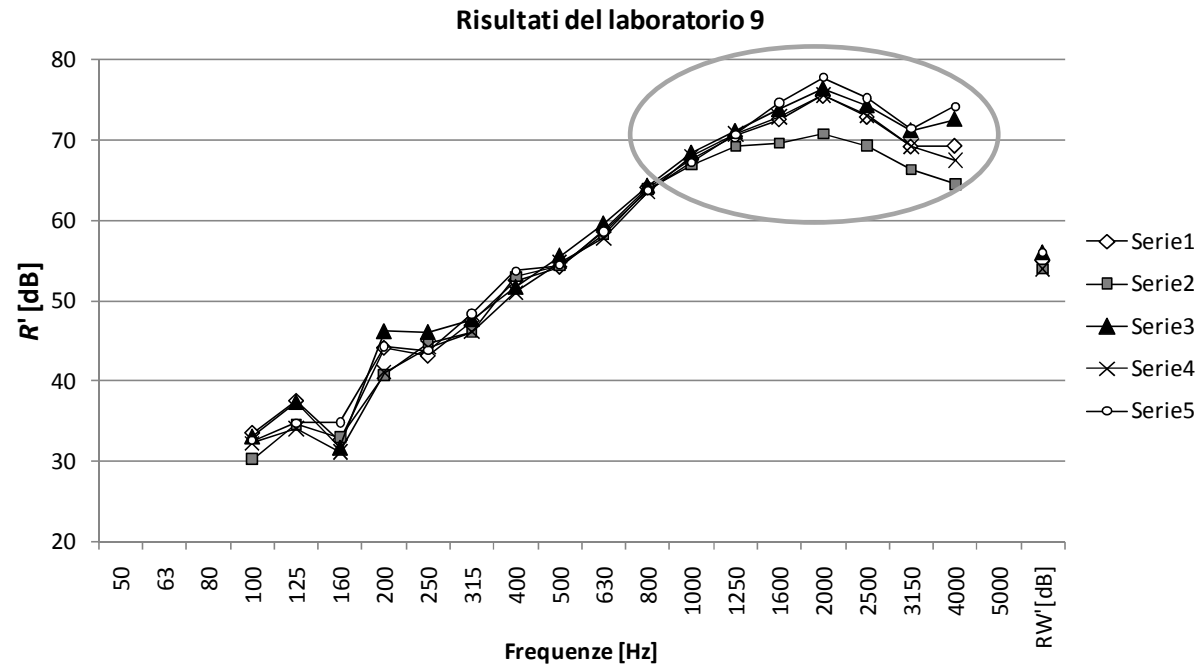


Figura 204 – Risultati del potere fonoisolante (valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) per il laboratorio 9

Il grafico dei risultati del laboratorio 9 mette in evidenza la dispersione dei dati soprattutto alle alte frequenze. I valori anormali del test k e del test di Cochran si concentrano infatti tra i 1600 e i 4000 Hz (4000 Hz è la massima frequenza fornita da tale laboratorio).

Dalla soprastante figura sembra che sia la seconda ripetizione della misura ad essere particolarmente discosta dalle altre. Quindi è stato fatto un tentativo di eliminazione solo della seconda serie di dati. Ripetendo i test con tale modifica il test della statistica k ed il test di Cochran continuano ad evidenziare numerosi valori anormali alle alte frequenze. È quindi confermata la correttezza della scelta di eliminare la totalità dei risultati del laboratorio 9.

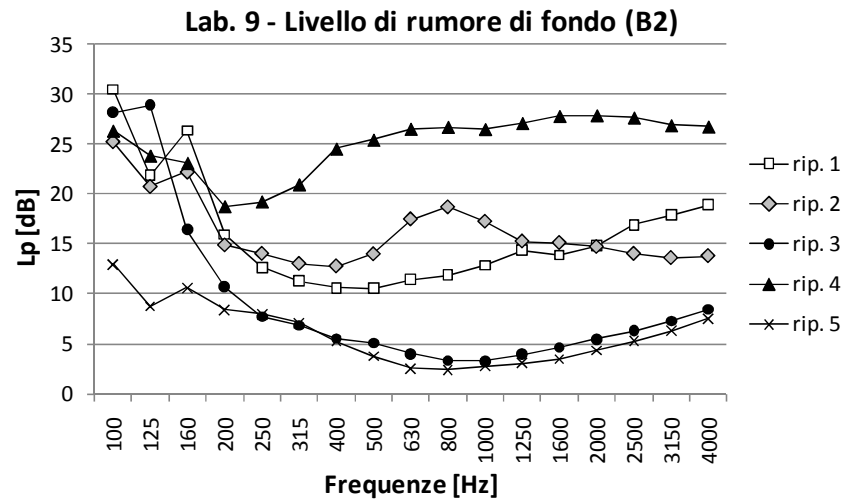
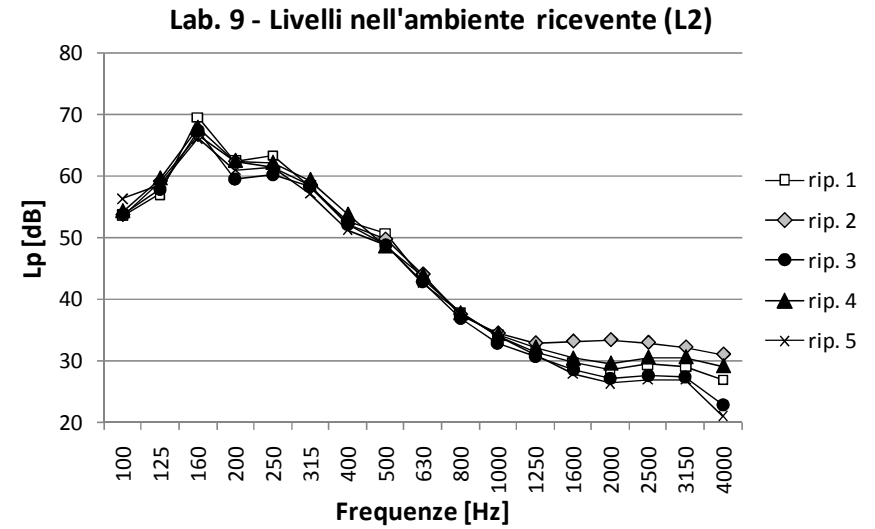
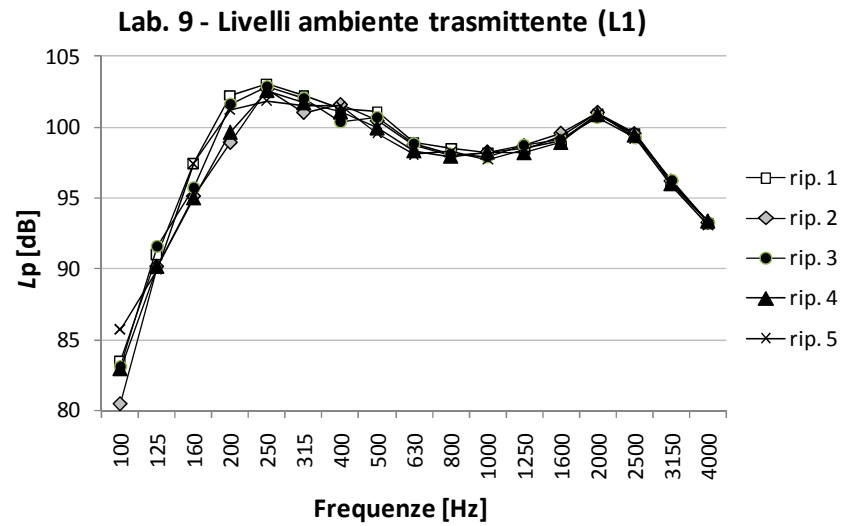


Figura 205 – Livelli nell'ambiente trasmittente (L1), nell'ambiente ricevente (L2) e rumore di fondo (B2) nelle cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4) del laboratorio 9.

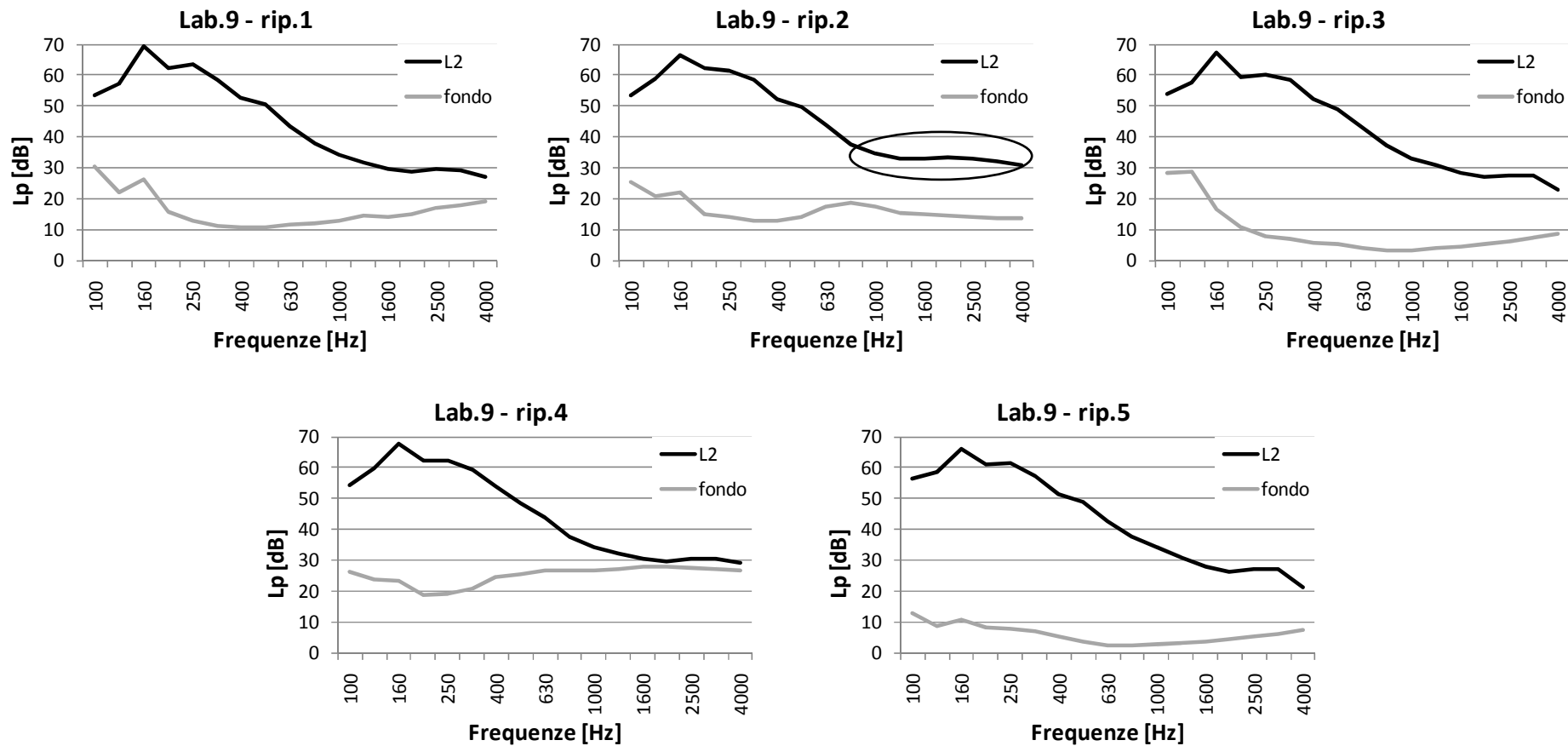


Figura 206 – Livelli di pressione sonora nell’ambiente ricevente con la sorgente sonora in funzione (L2) e livelli di rumore di fondo per le cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4) per il laboratorio 9

Da Figura 205 e Figura 206 si possono notare due fatti.

- Il rumore di fondo risulta fortemente variabile nelle cinque ripetizioni, con differenze in frequenza che arrivano fino a 24 dB;
- A fronte di livelli in trasmittente (L1) pressoché coincidenti tra le cinque ripetizioni (soprattutto ad alta frequenza), si vede che il livello massimo L2 in ambiente ricevente (che avviene nella seconda ripetizione) non corrisponde al livello di fondo più alto (che si verifica invece nella quarta ripetizione).

Ciò lascia presupporre che il rumore esterno sia stato fortemente variabile e che, nella stessa ripetizione, la misura di rumore residuo non corrisponda al livello effettivamente presente durante il rilievo dei livelli di pressione sonora in ricevente

J.10 Analisi dei dati del potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4 (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LABORATORIO 9)

Tabella 339 – Calcolo degli indicatori per i test grafici h e k di Mandel, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero medio di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LABORATORIO 9)

		livello: f [Hz]																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w	
n° di lab per livello	p_j	6	6	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	6	9	
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
indicatore k (1%) per ogni livello	k (1%)	1,68	1,68	1,68	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,7	1,68	1,73	
indicatore k (5%) per ogni livello	k (5%)	1,48	1,48	1,48	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,49	1,48	1,5
indicatore h (1%) per ogni livello	h (1%)	1,87	1,87	1,87	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	1,98	1,87	2,13	
indicatore h (5%) per ogni livello	h (5%)	1,66	1,66	1,66	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,71	1,66	1,78	

Nota: nella successiva Figura 207 sono state riportate sia le linee indicatrici dei valori critici sia per il caso con $p=6$ (che si verifica a 50, 63, 80 e 5000 Hz) (linee più sottili nella figura), che per il caso con $p=10$ (corrispondente a tutti gli altri livelli ad eccezione dei 4000 Hz) (linee marcate in figura).

Tabella 340 – Risultati per il test *h* di coerenza interlaboratorio (per il parametro *R'*, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LABORATORIO 9)

h	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	<i>R_w'</i>
1	0,91	0,08	0,15	1,22	0,03	-1,44	0,98	0,47	-0,05	1,00	1,22	2,02	1,35	1,05	0,69	0,76	0,96	0,72	-0,20	-0,86	-1,37	0,54
2	0,76	-0,40	-1,34	-0,90	-1,40	-0,40	-0,96	-0,52	-1,40	-1,34	-0,93	-0,46	-1,00	-0,68	-0,64	-0,08	-0,21	0,20	0,18	0,54	-0,69	-1,72
3	0,00	0,00	0,00	0,15	-0,11	-0,05	-0,51	0,44	-0,02	0,56	0,86	0,92	1,58	1,55	1,55	1,59	1,00	0,98	1,18	0,00	0,00	-0,21
4	0,30	-0,18	-0,65	1,08	-0,14	0,00	0,24	0,65	1,44	1,39	-0,46	-0,50	-0,60	-0,11	-0,31	0,14	-0,57	-0,39	-0,19	-0,10	-0,43	0,92
5	0,00	0,00	0,00	-0,11	1,50	-0,13	-1,14	-0,80	0,62	0,15	0,87	-0,69	-1,39	-1,42	-0,87	-1,91	-1,86	-0,39	-1,20	0,00	0,00	-0,21
6	-1,83	1,88	-0,21	-0,15	0,56	2,16	1,62	1,32	1,05	-0,71	-1,90	-1,41	-0,11	-0,26	-0,48	-0,50	0,55	0,36	-0,45	0,00	0,99	1,68
7	0,20	-0,31	0,47	-2,05	0,92	0,51	-0,82	0,98	0,41	-1,11	-0,18	-0,18	0,08	-0,12	0,97	0,18	0,72	0,49	1,68	0,97	1,16	-0,21
8	-0,34	-1,08	1,58	0,43	0,24	-0,89	-0,42	-1,68	-1,35	0,80	-0,03	0,00	0,47	0,98	0,61	0,58	0,50	0,39	0,36	1,11	0,34	-0,96
9																						
10	0,00	0,00	0,00	0,34	-1,59	0,24	1,01	-0,86	-0,69	-0,75	0,55	0,30	-0,37	-0,99	-1,52	-0,77	-1,08	-2,37	-1,37	-1,66	0,00	0,17
11																						

Grandezza statistica h di Mandel

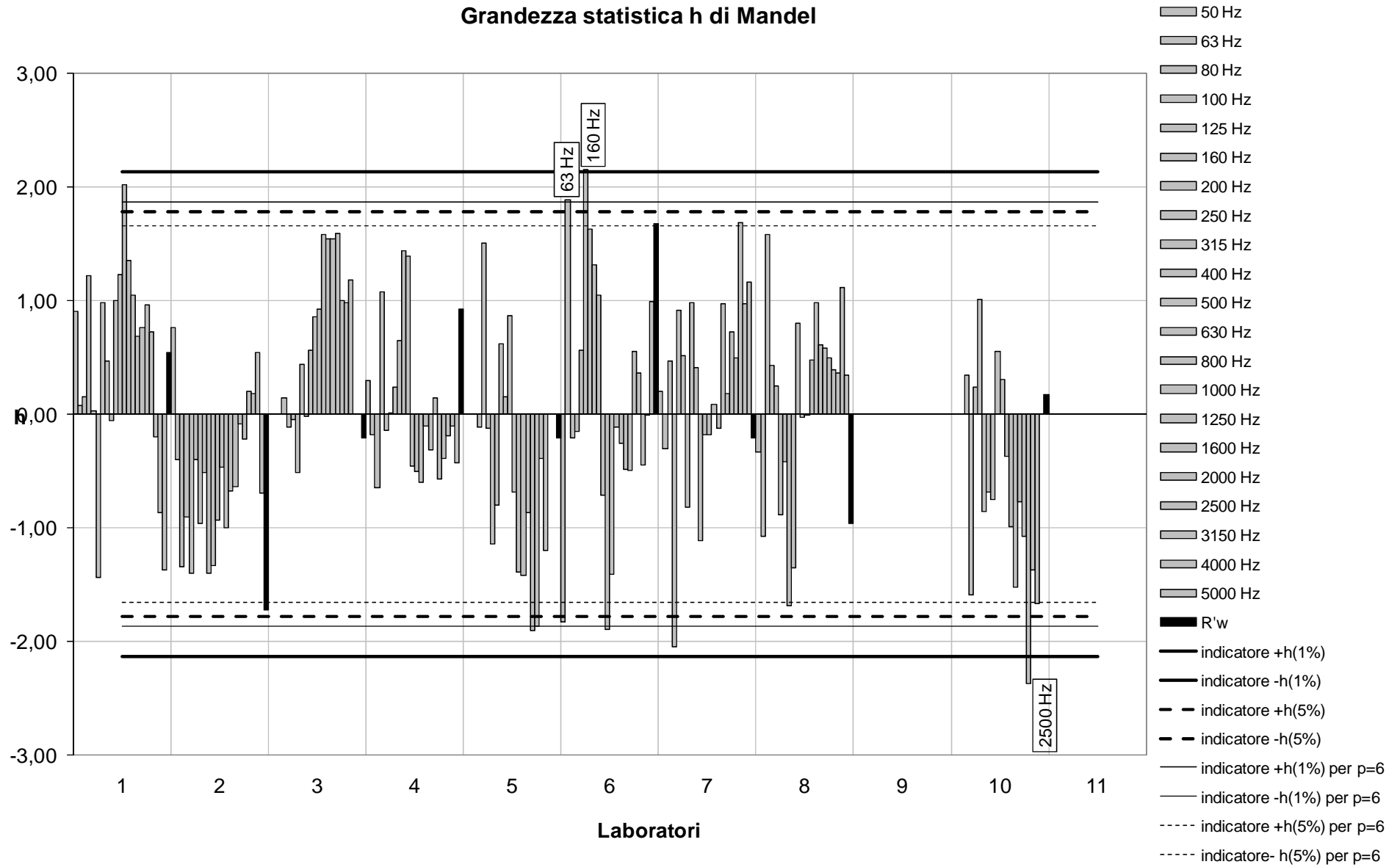


Figura 207– Grafico della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LABORATORIO 9)

Tabella 341 Risultati per il test k di coerenza intralaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LABORATORIO 9)

k	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R_W'
1	0,37	0,62	0,71	1,34	1,98	0,80	1,60	1,05	1,44	1,31	1,30	1,21	1,10	0,85	0,65	0,30	0,60	0,32	0,64	0,83	0,91	1,59
2	1,43	1,48	1,85	0,54	0,97	1,85	0,82	1,03	1,37	1,21	1,14	1,00	1,01	0,53	0,65	0,90	1,04	0,43	0,73	0,89	0,39	1,04
3	0,00	0,00	0,00	1,60	1,61	1,29	0,77	1,69	1,23	0,99	1,31	1,21	0,89	0,90	0,73	0,53	0,42	0,55	1,18	0,00	0,00	1,04
4	0,95	1,60	1,18	1,08	0,58	1,22	1,76	0,66	1,26	0,91	1,63	0,97	0,44	0,85	0,73	0,38	0,57	1,22	0,83	1,02	1,64	0,00
5	0,00	0,00	0,00	1,43	0,77	1,00	1,02	0,94	1,06	1,50	0,66	0,77	1,90	1,96	1,66	2,28	2,29	1,24	1,34	0,00	0,00	1,04
6	1,46	0,30	0,76	0,75	0,50	0,44	0,56	1,28	0,75	1,16	0,68	1,71	0,86	0,65	0,65	0,31	0,60	0,52	0,37	0,27	1,42	1,04
7	0,84	0,50	0,23	0,66	0,39	0,33	0,45	0,71	0,16	0,49	0,51	0,34	0,74	0,54	1,06	0,33	0,28	0,45	0,61	0,40	0,17	1,04
8	0,31	0,72	0,21	0,37	0,37	0,49	0,38	0,70	0,24	0,21	0,62	0,57	0,61	1,07	0,68	0,66	0,49	0,51	1,12	0,87	0,53	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,12	0,32	0,49	0,61	0,13	0,39	0,41	0,33	0,39	0,71	0,87	1,53	1,35	1,05	2,16	1,55	1,87	0,00	1,04
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

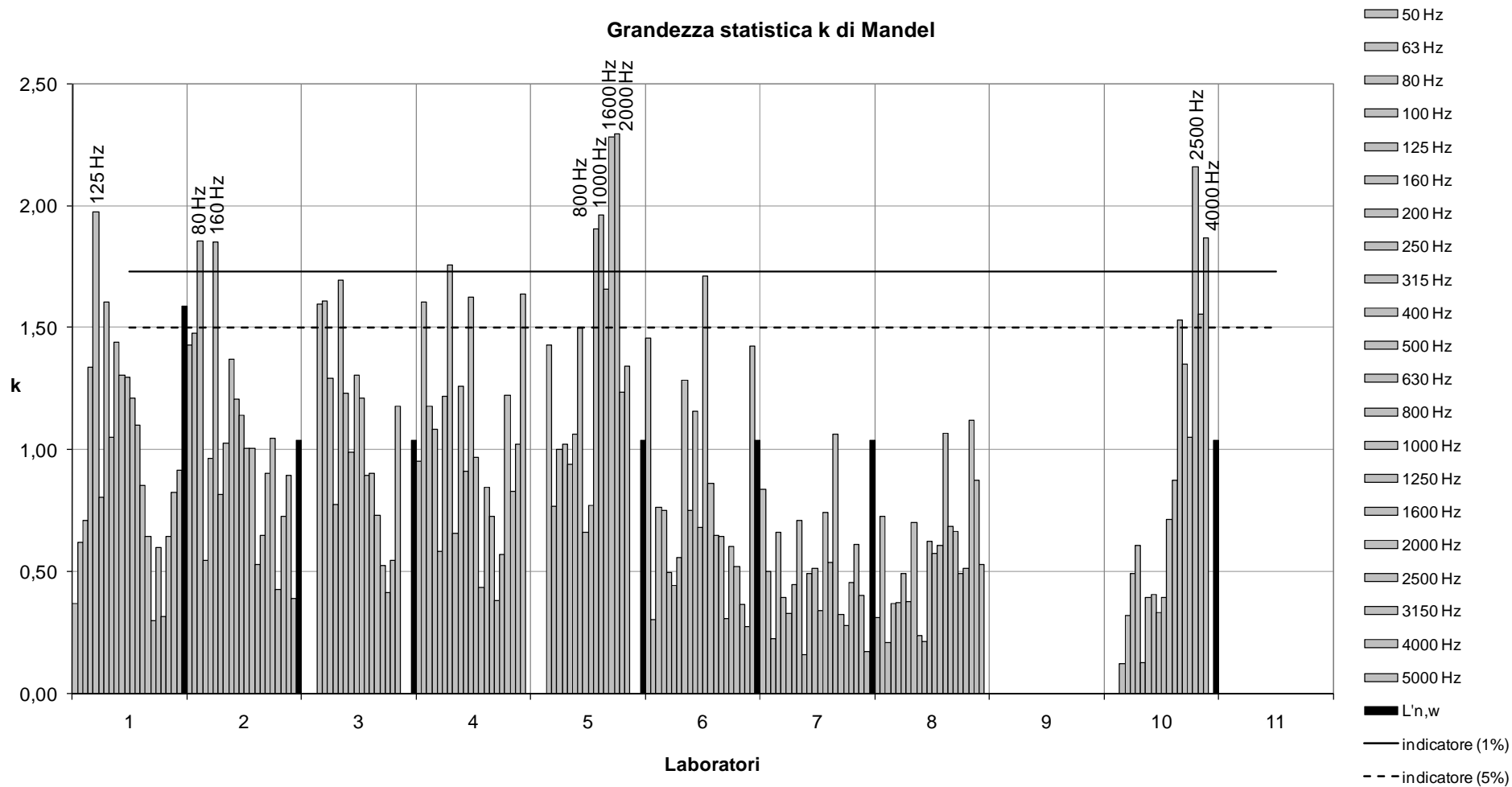


Figura 208 - Grafico della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LABORATORIO 9)

Nota: per chiarezza grafica sono state riportate solo le linee indicatrici riferite ai valori critici per $p = 9$ (e $n=5$), per le cui risulta $k(1\%)=\pm 1,73$ e $k(5\%)=\pm 1,5$; per $p=6$ (condizione che si verifica ad esempio per le basse frequenze) risulta invece $k(1\%)=\pm 1,68$ e $k(5\%)=\pm 1,48$

Tabella 342 - Calcolo dei valori critici per il test di Cochran, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LABORATORIO 9)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
n° di lab per livello	p_j	6	6	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	6	9
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
valore critico al livello 1%	$C_{cr}(1\%)$	0,56	0,56	0,56	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,51	0,56	0,43
valore critico al livello 5%	$C_{cr}(5\%)$	0,48	0,48	0,48	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,43	0,48	0,36

Tabella 343 – Risultati dell'applicazione del test di Cochran sugli scarti massimi, con indicazione del laboratorio che ha prodotto i risultati dispersi e anormali (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) (DOPO L'ELIMINAZIONE DEL LABORATORIO 9)

C_j		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
		0,35	0,43	0,57	0,28	0,43	0,38	0,34	0,32	0,23	0,25	0,29	0,33	0,40	0,43	0,31	0,58	0,58	0,52	0,27	0,50	0,45	0,28
Relativo lab				2		1	2							5	5		5	5	10		10		

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali

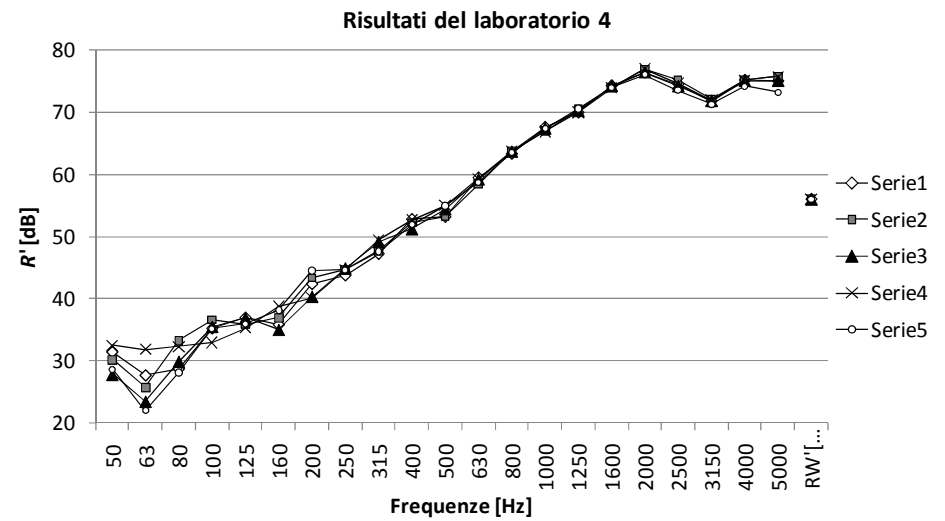
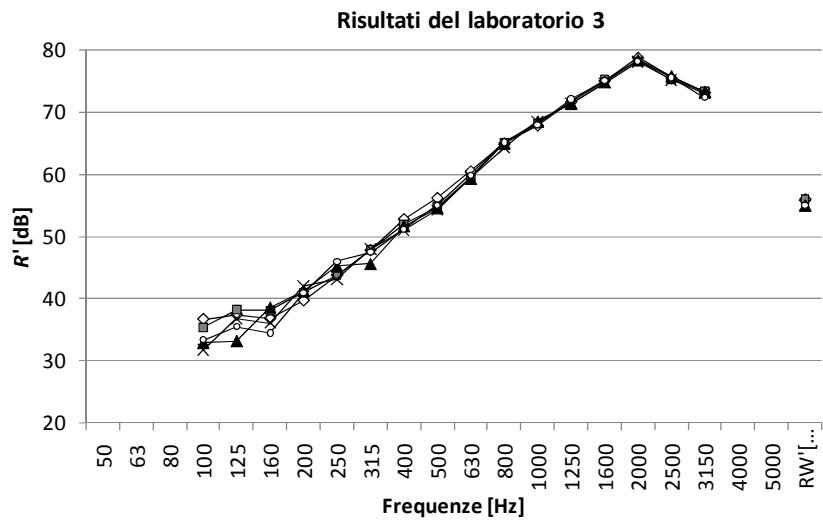
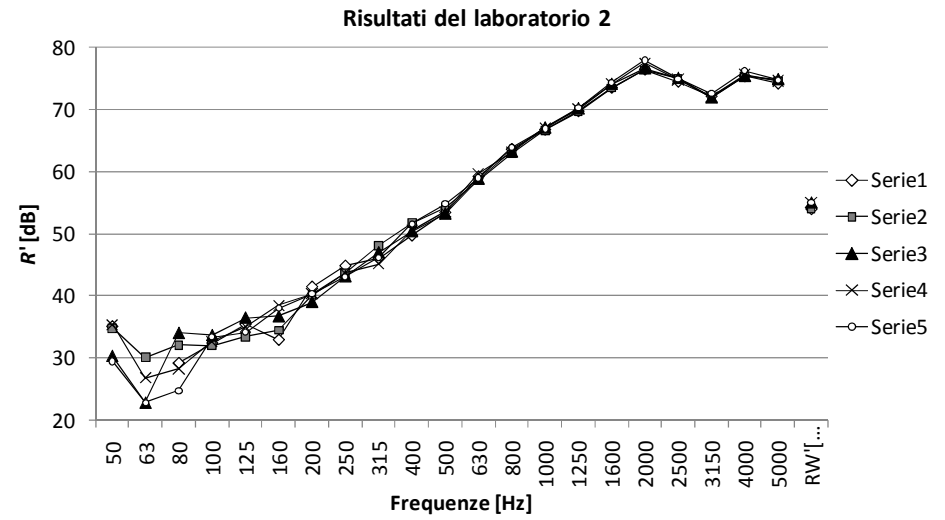
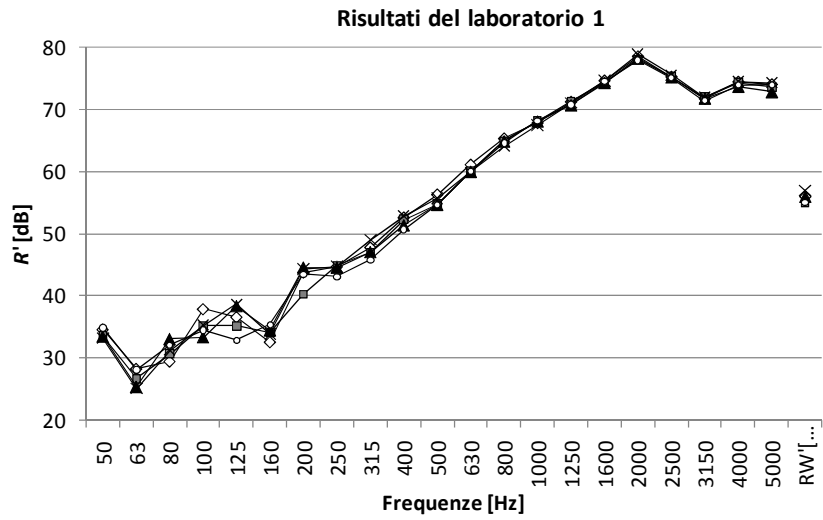


Figura 209 – Risultati delle cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) per i laboratori 1, 2, 3 e 4

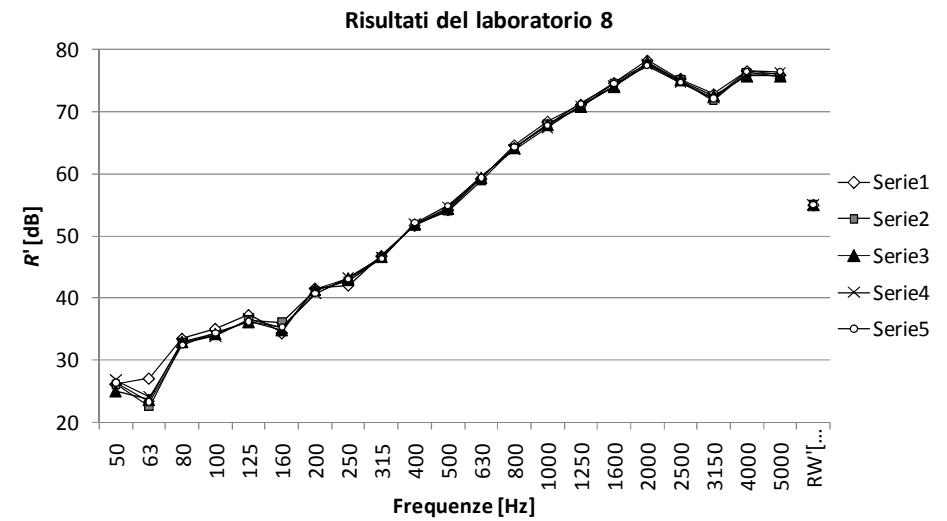
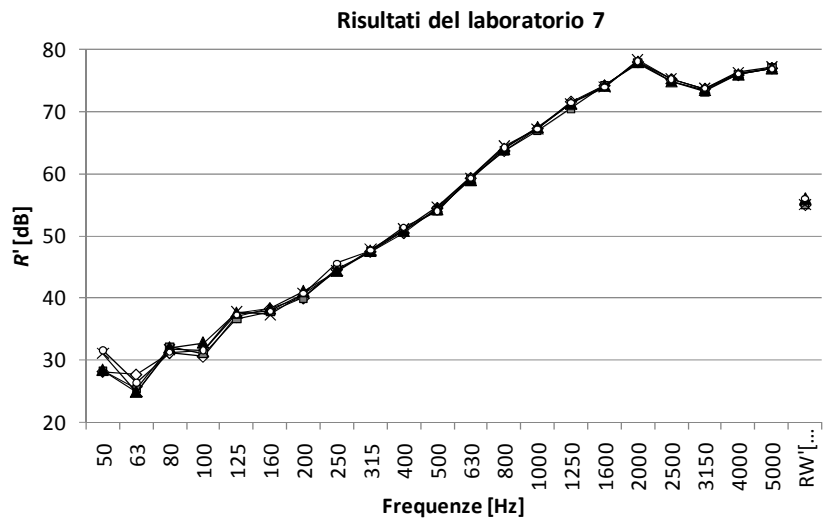
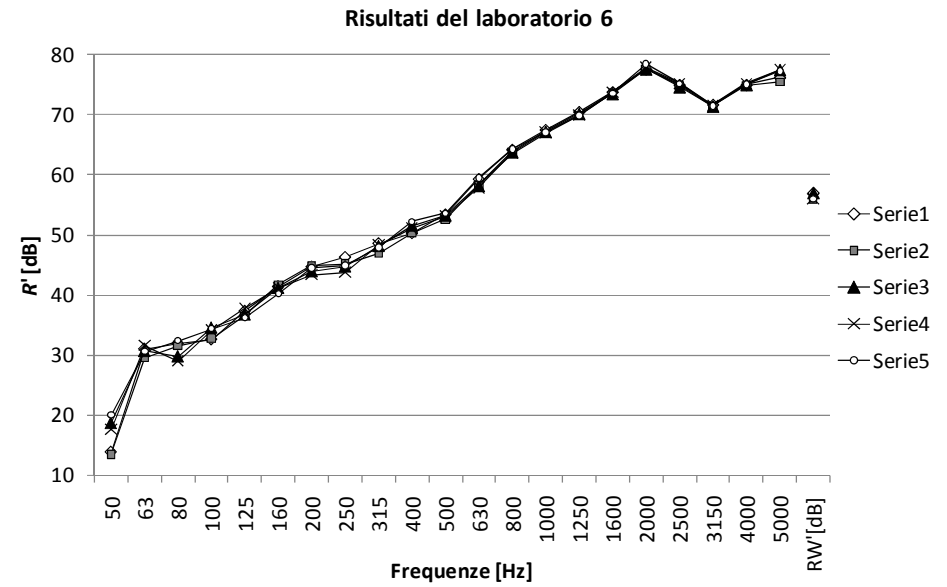
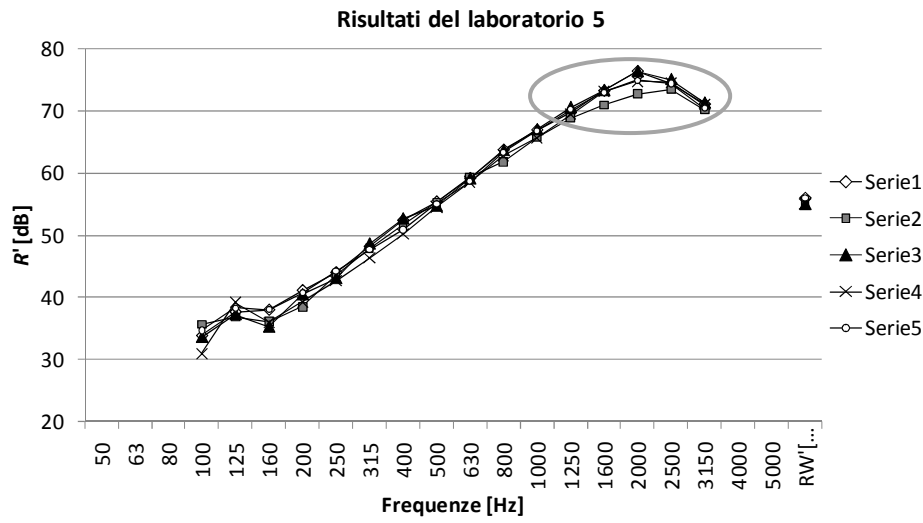


Figura 210 – Risultati delle cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) per i laboratori 5, 6, 7 e 8

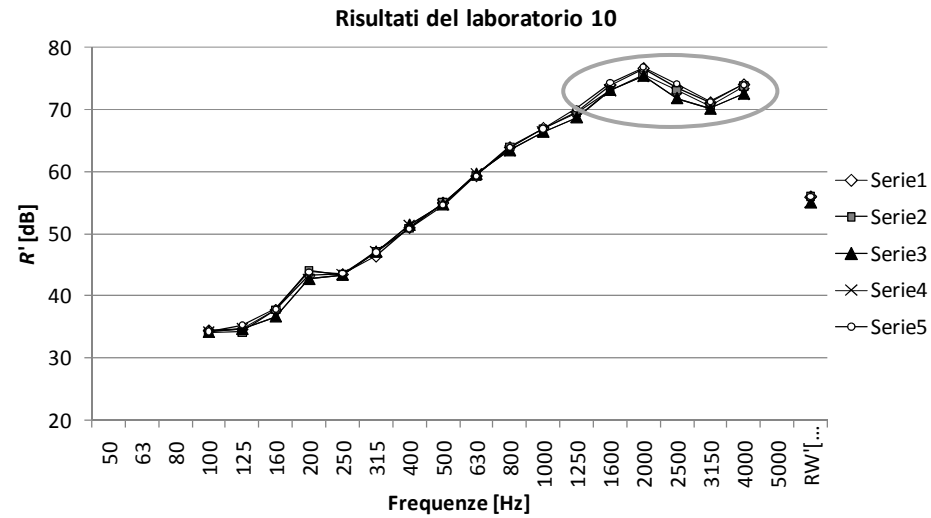


Figura 211 – Risultati delle cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4) per i laboratori 9 e 10

Dall'analisi dei grafici delle cinque ripetizioni della misura nei laboratori, si vede come, almeno alle alte frequenze, i valori anormali del test k e del test di Cochran (per i laboratori 5 e 10), corrispondono ad una maggiore dispersione delle ripetizioni (almeno a confronto con gli altri laboratori).

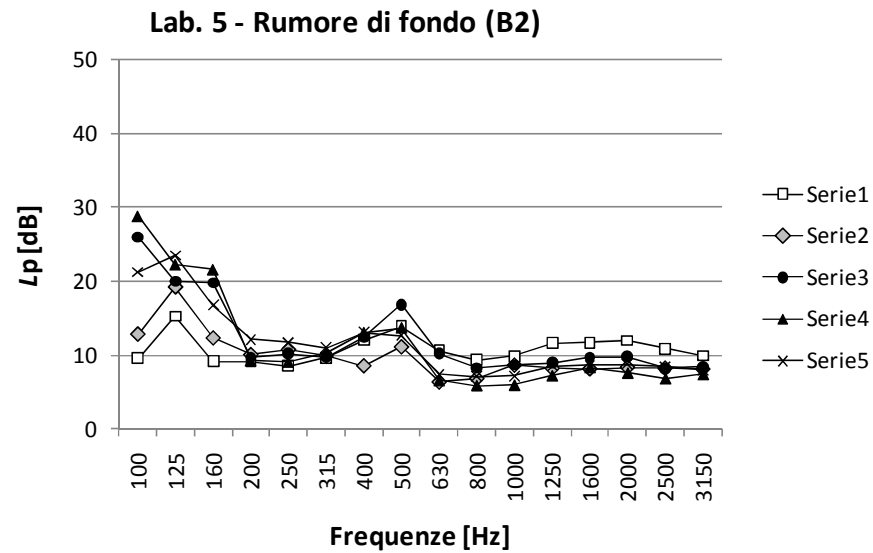
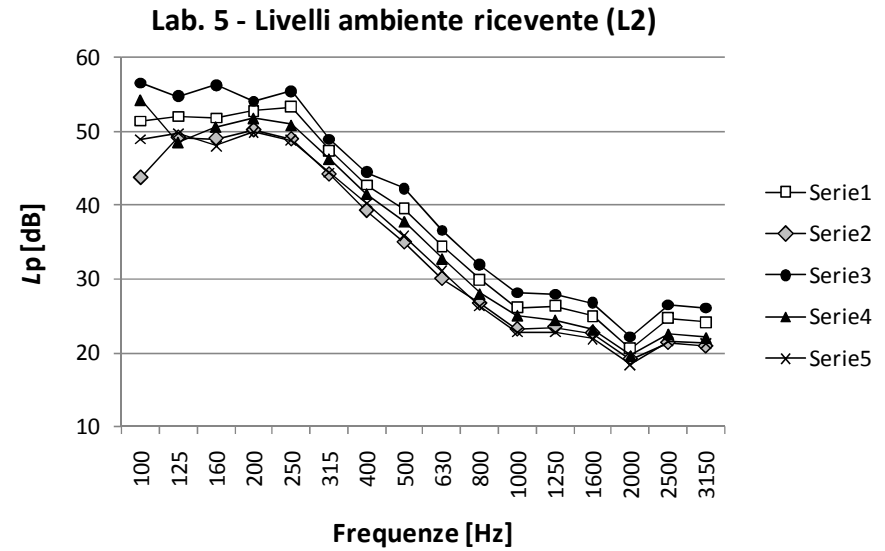
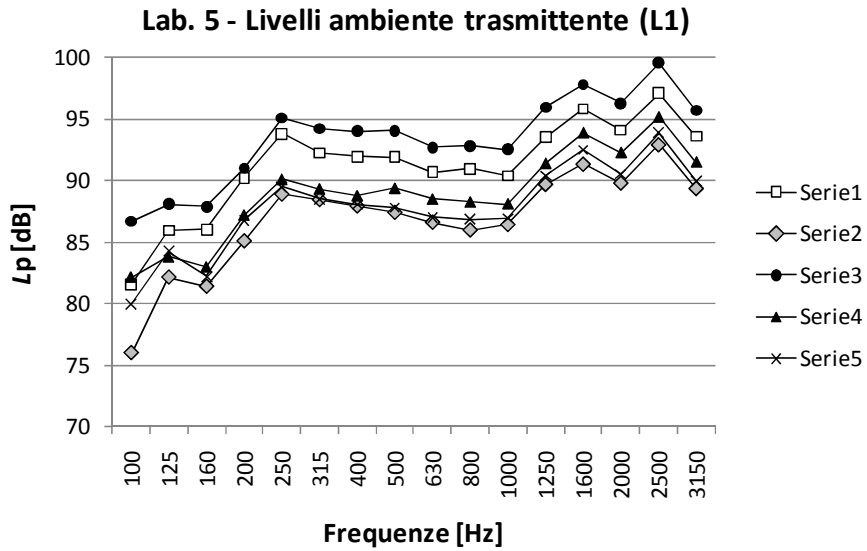


Figura 212 – Livelli nell’ambiente trasmettente (L1), nell’ambiente ricevente (L2) e rumore di fondo (B2) nelle cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4) del laboratorio 5.

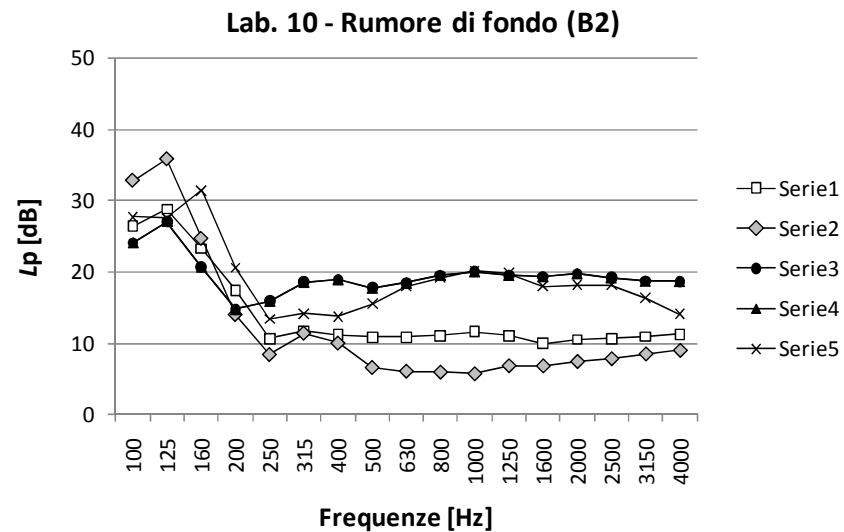
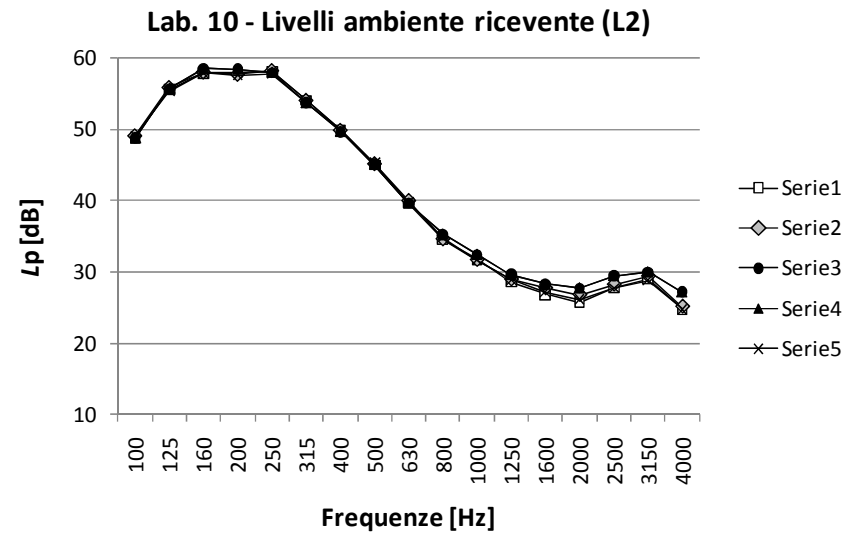
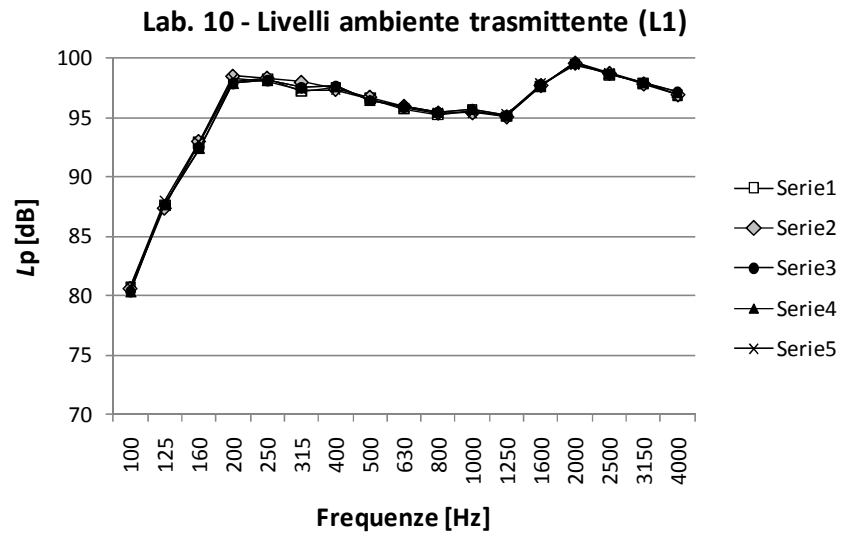


Figura 213 – Livelli nell’ambiente trasmittente (L1), nell’ambiente ricevente (L2) e rumore di fondo (B2) nelle cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4) del laboratorio 10.

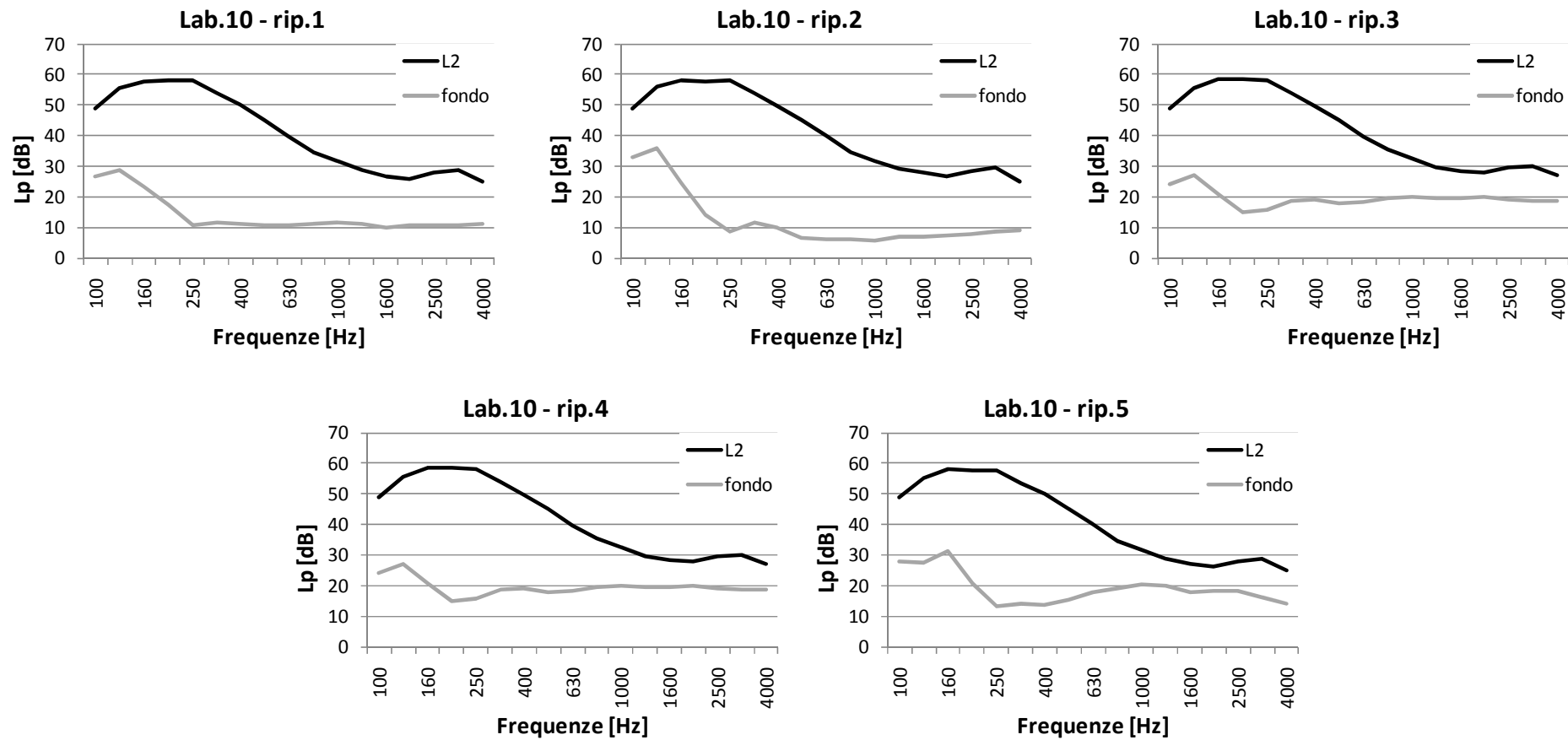


Figura 214 – Livelli di pressione sonora nell’ambiente ricevente con la sorgente sonora in funzione (L2) e livelli di rumore di fondo per le cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 140-4) per il laboratorio 10

Tabella 344 – Valori critici per il test di Grubbs, singolo e doppio, applicato alle medie di cella, in funzione del numero di laboratori per livello (per il parametro R' , valutato secondo la norma 140-4) (dopo l'eliminazione del lab. 9)

livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
$p_i =$	6	6	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	6	9
Valore critico test singolo (1%)																						
G_{cr} (1%)	1,97	1,97	1,97	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,14	1,97	2,39
Valore critico test singolo (5%)																						
G_{cr} (5%)	1,89	1,89	1,89	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,02	1,89	2,22
Valore critico test doppio (1%)																						
G_{cr} (1%)	0,01	0,01	0,01	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,03	0,01	0,09
Valore critico test doppio (5%)																						
G_{cr} (5%)	0,03	0,03	0,03	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,07	0,03	0,15

Tabella 345 – Test di Grubbs singolo applicato al valore maggiore e al valore minore delle medie di cella (parametro R' , secondo la UNI EN ISO 140-4) (dopo l'eliminazione del lab. 9)

Medie di cella: verifica del valore maggiore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
G_p	0,91	1,88	1,58	1,22	1,50	2,16	1,62	1,32	1,44	1,39	1,22	2,02	1,58	1,55	1,55	1,59	1,00	0,98	1,68	1,11	1,16	1,68

Medie di cella: verifica del valore minore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
G_l	1,83	1,08	1,34	2,05	1,59	1,44	1,14	1,68	1,40	1,34	1,90	1,41	1,39	1,42	1,52	1,91	1,86	2,37	1,37	1,66	1,37	1,72
LAB																		10				

Tabella 346 - Test di Grubbs doppio applicato i due valori maggiori e ai due valori minori delle medie di cella (parametro R' , secondo la UNI EN ISO 140-4) (dopo l'eliminazione del lab. 9)

Medie di cella: verifica dei due valori maggiori																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
G	0,58	0,10	0,25	0,58	0,51	0,26	0,42	0,57	0,49	0,53	0,64	0,23	0,31	0,44	0,47	0,51	0,69	0,76	0,32	0,49	0,30	0,42

Medie di cella: verifica del valore minore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
G	0,07	0,63	0,36	0,22	0,28	0,55	0,64	0,44	0,39	0,52	0,30	0,61	0,53	0,52	0,51	0,34	0,27	(0,14)	0,47	0,20	0,31	0,39

J.11 Valori di ripetibilità e riproducibilità per il potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4

Tabella 347 - Media generale (\bar{y}_j), varianze di ripetibilità (s_{rj}^2), interlaboratorio (s_{Lj}^2) e di riproducibilità (s_{Rj}^2), scarti tipo di ripetibilità (s_{rj}), interlaboratorio (s_{Lj}) e di riproducibilità (s_{Rj}), per il potere fonoisolante (utilizzando la norma UNI EN ISO 140-4) (escludendo il lab. 9)

Livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
Media generale																						
\bar{y}_j	28,2	26,6	31,2	33,9	36,3	36,9	41,8	44,1	47,4	51,5	54,4	59,3	63,9	67,3	70,5	74,0	77,2	74,7	72,0	75,0	75,5	55,5
Varianze																						
s_{rj}^2	4,05	5,44	3,69	1,54	1,47	1,61	1,16	0,49	0,66	0,48	0,31	0,17	0,17	0,11	0,16	0,19	0,42	0,23	0,13	0,17	0,40	0,28
s_{Lj}^2	38,79	3,89	0,46	0,99	0,73	3,51	2,19	0,40	0,23	0,15	0,36	0,17	0,34	0,34	0,56	0,39	1,26	0,55	0,89	1,01	1,60	0,23
s_{Rj}^2	42,84	9,33	4,15	2,53	2,21	5,12	3,35	0,89	0,89	0,64	0,68	0,35	0,52	0,45	0,72	0,57	1,68	0,78	1,02	1,19	2,00	0,50
Scarti tipo																						
s_{rj}	2,01	2,33	1,92	1,24	1,21	1,27	1,08	0,70	0,81	0,70	0,56	0,42	0,41	0,34	0,40	0,43	0,65	0,48	0,36	0,42	0,64	0,53
s_{Lj}	6,23	1,97	0,68	1,00	0,85	1,87	1,48	0,63	0,48	0,39	0,60	0,41	0,59	0,58	0,75	0,62	1,12	0,74	0,94	1,01	1,26	0,47
s_{Rj}	6,55	3,05	2,04	1,59	1,49	2,26	1,83	0,94	0,94	0,80	0,82	0,59	0,72	0,67	0,85	0,76	1,30	0,88	1,01	1,09	1,41	0,71

Tabella 348 – Valori finali di ripetibilità e riproducibilità per il potere fonoisolante (utilizzando la norma UNI EN ISO 140-4) (escludendo il lab. 9)

Livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
Ripetibilità																						
$r_{..}$	5,63	6,53	5,38	3,47	3,40	3,55	3,02	1,96	2,28	1,95	1,57	1,17	1,16	0,95	1,11	1,21	1,82	1,34	1,00	1,17	1,78	1,48
Riproducibilità																						
R	18,33	8,55	5,70	4,45	4,16	6,34	5,13	2,64	2,64	2,24	2,30	1,64	2,01	1,88	2,37	2,12	3,63	2,48	2,82	3,05	3,96	1,99

J.12 Analisi dei dati del potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (ANALISI INIZIALE SU TUTTI I DATI)

Tabella 349 - Modulo A (I parte) per la raccolta dati per il potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (TUTTI I DATI)

Y_{ijk}		MODULO A :potere fonoisolante R' [dB] (I parte)																					
		livello: f [Hz]																					
LAB	ripetizioni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w [dB]
1	1	39,9	34,0	30,6	33,7	39,0	35,3	44,2	45,8	50,0	54,2	54,1	59,1	65,0	66,9	69,6	68,2	69,3	73,7	69,0	65,7	64,8	57,0
	2	37,7	34,2	30,6	35,3	37,0	38,3	41,4	43,3	47,9	52,6	54,5	60,0	63,9	67,0	70,2	73,6	78,0	75,5	71,5	72,9	72,2	56,0
	3	38,9	29,2	32,3	33,6	38,3	35,5	43,1	43,4	46,5	52,2	54,8	60,2	64,5	68,3	70,8	74,9	78,6	76,2	71,9	73,9	73,3	56,0
	4	32,8	33,2	34,2	34,5	38,9	33,2	41,4	45,1	47,1	51,7	55,4	59,1	64,4	68,3	70,4	74,2	78,3	75,4	72,1	73,1	72,3	56,0
	5	39,1	32,1	30,1	31,4	35,8	37,2	42,4	43,7	48,4	50,2	54,4	59,8	64,6	67,1	70,0	73,4	77,7	75,5	71,7	73,1	72,5	55,0
2	1	39,2	0,0	31,6	34,2	36,6	34,4	40,7	43,0	45,1	50,0	54,4	58,7	63,7	67,4	70,2	74,9	77,5	74,7	72,0	74,9	73,4	55,0
	2	36,8	33,4	32,4	36,3	34,8	36,4	35,8	43,7	49,4	51,3	54,8	58,6	62,9	67,2	70,0	73,8	77,2	74,8	72,1	75,4	73,6	55,0
	3	31,8	27,9	29,2	34,0	34,5	36,8	39,3	42,1	47,2	50,6	53,7	59,0	62,9	66,9	69,6	73,9	76,9	74,5	71,9	74,9	73,4	55,0
	4	37,4	32,6	29,7	34,1	35,1	36,6	40,2	42,9	46,2	52,6	54,7	59,3	63,1	67,0	69,3	73,2	76,9	75,0	72,0	75,5	73,8	55,0
	5	38,2	33,9	30,6	35,5	33,9	39,0	37,9	42,8	46,6	51,0	55,1	58,2	63,4	66,7	69,6	73,8	77,0	74,7	72,1	75,5	73,7	55,0
3	1	0,0	0,0	0,0	37,0	36,2	35,9	39,2	44,1	46,6	53,4	55,0	59,5	64,2	66,7	71,2	74,6	77,6	75,1	72,4	0,0	0,0	56,0
	2	0,0	0,0	0,0	34,2	31,0	35,7	42,0	43,5	47,3	50,5	54,7	59,0	63,1	67,1	71,0	74,3	78,1	75,4	73,1	0,0	0,0	55,0
	3	0,0	0,0	0,0	32,7	30,6	39,2	39,6	45,1	44,6	51,3	54,0	58,3	64,2	67,9	71,6	74,9	77,8	75,0	72,9	0,0	0,0	54,0
	4	0,0	0,0	0,0	35,2	35,8	35,8	39,9	43,1	47,4	50,0	55,0	58,7	63,7	67,9	71,6	75,0	77,6	75,1	72,6	0,0	0,0	55,0
	5	0,0	0,0	0,0	34,2	36,1	35,8	40,2	47,6	47,9	50,4	54,8	58,9	63,8	67,3	71,4	75,2	77,9	75,2	72,6	0,0	0,0	56,0
4	1	32,6	36,4	31,3	32,7	35,7	34,9	40,9	46,0	46,7	52,2	54,1	58,7	63,9	67,2	70,2	74,2	77,0	74,9	71,5	75,2	74,6	55,0
	2	36,0	37,4	31,0	31,7	34,9	35,9	40,3	45,4	49,4	50,8	55,3	59,2	63,5	67,4	70,7	73,7	76,7	74,4	71,4	74,8	74,1	55,0
	3	38,0	32,4	29,7	30,4	32,0	36,8	42,2	43,4	47,3	51,6	55,6	59,3	63,6	67,3	69,9	73,9	77,2	75,1	71,6	75,3	74,6	55,0
	4	34,8	31,8	31,9	30,1	30,3	36,7	40,9	45,1	49,3	51,8	54,2	59,5	63,5	67,1	70,3	73,7	77,1	74,7	71,3	75,4	71,4	55,0
	5	35,0	36,9	33,3	31,0	34,4	36,3	41,7	44,4	49,9	52,8	54,6	59,0	63,5	66,8	70,7	74,4	77,6	74,9	71,4	75,4	75,0	55,0
5	1	0,0	0,0	0,0	36,4	34,5	38,1	36,7	45,0	49,4	50,5	54,8	58,7	62,6	67,0	70,7	73,8	75,9	75,0	71,0	0,0	0,0	55,0
	2	0,0	0,0	0,0	37,6	34,7	38,2	37,0	45,5	49,2	50,0	54,5	58,8	62,2	66,6	70,4	73,5	75,2	74,5	71,0	0,0	0,0	56,0
	3	0,0	0,0	0,0	36,7	35,1	36,2	41,3	44,9	49,0	51,9	54,3	59,2	63,4	67,3	70,7	74,2	78,1	75,5	71,7	0,0	0,0	56,0
	4	0,0	0,0	0,0	33,0	37,0	34,6	40,8	43,1	46,7	51,0	54,7	59,1	63,1	66,9	70,4	73,9	76,5	75,0	71,3	0,0	0,0	55,0
	5	0,0	0,0	0,0	40,4	36,1	41,9	36,7	44,3	46,5	51,3	54,3	58,7	63,6	67,0	70,9	74,0	76,8	75,5	71,5	0,0	0,0	56,0

Tabella 350- Modulo A (II parte) per la raccolta dati per il potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (TUTTI I DATI)

Y_{ijk}		MODULO A :potere fonoisolante R' [dB] (II parte)																					
		livello: f [Hz]																					
LAB	ripetizioni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w [dB]
6	1	25,2	36,2	31,0	36,0	38,5	40,3	43,3	45,7	47,9	51,4	54,6	59,5	64,2	67,2	70,4	73,5	76,9	75,0	71,5	75,4	77,1	57,0
	2	23,1	33,0	32,9	33,9	39,3	40,9	42,8	45,3	47,4	52,0	54,6	59,3	64,0	67,4	70,6	73,8	77,3	75,1	71,4	75,3	77,7	57,0
	3	22,8	34,2	30,9	35,9	39,2	40,9	43,0	44,8	46,8	52,0	55,0	59,2	64,2	67,4	70,4	73,8	77,0	74,8	71,4	75,2	77,1	57,0
	4	22,0	36,3	31,6	32,6	39,2	41,4	42,3	46,0	47,0	51,7	54,8	59,5	64,1	67,1	70,5	73,7	77,2	75,1	71,4	75,2	77,1	57,0
	5	20,4	34,1	32,3	33,0	39,5	40,2	41,6	44,3	46,0	52,1	54,9	59,7	64,3	67,4	70,6	73,7	77,3	75,0	71,4	75,2	77,4	56,0
7	1	33,4	26,0	29,1	32,7	34,6	36,7	40,1	43,7	47,5	50,6	53,7	57,4	62,3	66,4	70,1	72,7	75,7	72,6	71,4	73,8	73,2	55,0
	2	33,2	24,5	27,6	30,7	32,6	38,1	41,3	44,0	47,3	49,5	55,0	58,3	62,6	65,9	68,9	71,9	75,5	72,7	71,1	73,2	71,1	55,0
	3	34,0	24,8	31,6	32,1	34,9	38,6	41,5	43,9	49,2	51,5	56,3	59,7	64,6	67,5	71,7	74,4	78,3	75,3	73,5	75,8	76,4	56,0
	4	33,4	25,8	29,8	30,0	33,7	38,9	42,5	44,3	49,0	51,7	56,4	60,0	64,3	67,4	71,6	74,8	78,5	75,6	73,6	76,1	76,6	56,0
	5	35,2	23,3	31,2	34,4	34,3	36,8	40,5	44,5	47,7	50,7	55,4	59,1	64,3	66,8	70,6	73,3	77,4	74,8	72,9	75,7	75,5	55,0
8	1	28,0	32,7	32,2	34,7	34,9	33,3	40,9	42,2	46,2	50,9	51,8	58,5	64,3	67,0	71,3	75,7	79,4	76,4	73,4	75,8	75,2	54,0
	2	30,4	27,3	29,7	32,2	34,0	33,6	40,8	42,5	46,3	50,7	51,0	58,8	63,9	67,1	70,5	74,2	78,9	75,6	72,1	75,7	75,2	54,0
	3	28,2	29,9	31,7	33,3	33,1	33,7	41,5	42,7	46,6	50,6	50,8	58,2	64,2	67,0	70,5	73,9	77,8	74,6	71,9	75,5	75,1	54,0
	4	28,2	29,1	30,4	33,1	34,2	33,1	40,9	42,4	46,0	50,6	51,2	58,5	64,1	67,0	70,4	73,5	77,5	74,2	71,6	75,1	74,5	54,0
	5	29,7	28,3	30,0	32,6	33,8	33,2	40,7	42,1	46,1	50,5	51,2	58,7	64,2	66,8	71,1	75,3	78,5	75,1	72,7	74,7	74,5	54,0
9	1	0,0	0,0	0,0	33,5	37,5	32,6	44,1	43,1	47,5	52,5	54,2	58,8	64,1	67,7	70,5	72,6	75,5	72,9	69,2	69,3	0,0	55,0
	2	0,0	0,0	0,0	30,3	34,6	33,0	40,8	44,7	46,1	53,0	54,4	58,3	63,9	66,9	69,2	69,6	70,8	69,3	66,3	64,5	0,0	54,0
	3	0,0	0,0	0,0	33,1	37,4	31,7	46,2	46,1	47,7	51,7	55,6	59,6	64,3	68,4	71,1	73,8	76,4	74,3	71,2	72,6	0,0	56,0
	4	0,0	0,0	0,0	32,3	34,1	31,2	41,1	44,2	46,1	51,0	54,8	57,8	63,5	68,0	70,8	72,9	75,6	73,0	69,2	67,5	0,0	54,0
	5	0,0	0,0	0,0	32,6	34,8	34,9	44,3	43,8	48,4	53,7	54,4	58,6	63,7	67,2	70,7	74,6	77,8	75,2	71,4	74,2	0,0	56,0
10	1	0,0	0,0	0,0	27,5	30,2	38,5	37,7	44,3	47,8	50,3	54,9	58,6	64,2	67,4	69,9	73,4	76,8	73,9	71,2	74,8	0,0	54,0
	2	0,0	0,0	0,0	27,8	29,5	39,8	39,3	44,0	48,1	50,5	55,2	58,9	64,4	67,5	70,3	73,9	77,2	74,2	71,3	75,2	0,0	54,0
	3	0,0	0,0	0,0	27,4	29,7	39,1	38,2	44,5	48,2	51,1	55,7	58,8	64,2	67,6	70,2	73,8	77,2	74,1	71,4	75,3	0,0	54,0
	4	0,0	0,0	0,0	27,2	29,0	41,0	39,1	43,8	47,1	50,1	55,1	59,2	64,5	67,2	70,2	73,7	77,1	74,1	71,4	75,2	0,0	54,0
	5	0,0	0,0	0,0	27,6	28,8	40,4	39,1	43,7	48,0	50,5	55,3	59,0	64,3	67,4	70,1	73,7	77,0	74,1	71,5	75,3	0,0	54,0
11	1	30,3	28,4	34,2	33,7	34,0	36,8	39,2	43,4	45,4	51,6	54,2	59,3	63,9	66,5	70,9	74,7	74,5	72,5	72,1	72,8	67,7	55,0
	2	32,0	27,3	33,5	33,6	32,9	37,0	39,0	42,9	45,7	51,9	53,8	59,1	63,8	66,2	70,4	74,3	77,2	73,3	71,6	75,4	76,7	54,0
	3	33,0	30,8	32,8	33,4	34,2	36,9	38,6	43,9	45,3	51,6	53,9	59,0	64,0	66,1	70,0	73,1	74,7	72,1	70,9	73,9	74,0	54,0
	4	34,3	29,7	33,5	34,5	33,3	36,6	38,1	43,7	46,0	51,8	53,7	59,0	63,9	66,7	69,9	73,8	76,4	72,9	71,8	75,2	76,4	54,0
	5	34,7	28,2	33,1	33,7	34,0	36,4	38,4	43,3	45,4	51,2	53,8	59,0	63,9	66,5	70,4	74,4	76,7	73,1	71,6	75,2	76,5	54,0

Tabella 351 - Modulo B per la raccolta dei dati delle medie di cella (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (TUTTI I DATI)

\bar{y}_{ij}	MODULO B: medie del potere fonoisolante R' [dB]																					
	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w [dB]
1	37,7	32,5	31,6	33,7	37,8	35,9	42,5	44,3	48,0	52,2	54,6	59,6	64,5	67,5	70,2	72,9	76,4	75,3	71,2	71,7	71,0	56,0
2	36,7	32,0	30,7	34,8	35,0	36,6	38,8	42,9	46,9	51,1	54,5	58,7	63,2	67,0	69,7	73,9	77,1	74,8	72,0	75,2	73,6	55,0
3	0,0	0,0	0,0	34,7	33,9	36,5	40,2	44,7	46,8	51,1	54,7	58,9	63,8	67,4	71,4	74,8	77,8	75,2	72,7	0,0	0,0	55,2
4	35,3	35,0	31,4	31,2	33,5	36,1	41,2	44,9	48,5	51,8	54,8	59,1	63,6	67,2	70,4	74,0	77,1	74,8	71,4	75,2	73,9	55,0
5	0,0	0,0	0,0	36,8	35,5	37,8	38,5	44,6	48,2	50,9	54,5	58,9	63,0	66,9	70,6	73,9	76,5	75,1	71,3	0,0	0,0	55,6
6	22,7	34,8	31,7	34,3	39,1	40,7	42,6	45,2	47,0	51,8	54,8	59,4	64,2	67,3	70,5	73,7	77,1	75,0	71,4	75,3	77,3	56,8
7	33,8	24,9	29,9	32,0	34,0	37,8	41,2	44,1	48,1	50,8	55,4	58,9	63,6	66,8	70,6	73,4	77,1	74,2	72,5	74,9	74,6	55,4
8	28,9	29,5	30,8	33,2	34,0	33,4	41,0	42,4	46,2	50,7	51,2	58,5	64,1	67,0	70,8	74,5	78,4	75,2	72,3	75,4	74,9	54,0
9	0,0	0,0	0,0	32,4	35,7	32,7	43,3	44,4	47,2	52,4	54,7	58,6	63,9	67,6	70,5	72,7	75,2	72,9	69,5	69,6	0,0	55,0
10	0,0	0,0	0,0	27,5	29,4	39,8	38,7	44,1	47,8	50,5	55,2	58,9	64,3	67,4	70,1	73,7	77,1	74,1	71,4	75,2	0,0	54,0
11	32,8	28,9	33,4	33,8	33,7	36,8	38,6	43,4	45,6	51,6	53,9	59,1	63,9	66,4	70,3	74,1	75,9	72,8	71,6	74,5	74,2	54,2

Tabella 352 – Modulo C per la raccolta degli scarti tipo infracella (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (TUTTI I DATI)

S _{ij}	MODULO C: scarto tipo del potere fonoisolante R' [dB]																					
	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
1	2,84	2,04	1,69	1,46	1,37	1,95	1,19	1,12	1,34	1,45	0,49	0,51	0,40	0,72	0,45	2,67	3,97	0,93	1,27	3,40	3,50	0,71
2	2,88	2,75	1,30	1,03	1,01	1,63	1,99	0,59	1,57	0,95	0,53	0,40	0,36	0,28	0,39	0,61	0,25	0,19	0,10	0,30	0,16	0,00
3	0,00	0,00	0,00	1,58	2,87	1,52	1,08	1,80	1,29	1,36	0,41	0,44	0,45	0,52	0,26	0,35	0,21	0,15	0,28	0,00	0,00	0,84
4	1,98	2,66	1,32	1,08	2,26	0,78	0,74	1,01	1,38	0,74	0,69	0,33	0,16	0,22	0,35	0,32	0,35	0,26	0,12	0,26	1,46	0,00
5	0,00	0,00	0,00	2,68	1,05	2,73	2,33	0,92	1,42	0,71	0,23	0,23	0,55	0,24	0,21	0,25	1,07	0,41	0,31	0,00	0,00	0,55
6	1,75	1,44	0,86	1,60	0,38	0,49	0,67	0,68	0,71	0,29	0,18	0,19	0,11	0,14	0,10	0,12	0,18	0,12	0,04	0,09	0,27	0,45
7	0,82	1,09	1,62	1,73	0,91	1,02	0,93	0,32	0,89	0,87	1,10	1,06	1,08	0,67	1,16	1,19	1,41	1,44	1,18	1,32	2,36	0,55
8	1,08	2,05	1,09	0,95	0,65	0,26	0,31	0,24	0,23	0,15	0,37	0,23	0,15	0,11	0,41	0,94	0,78	0,86	0,72	0,46	0,37	0,00
9	0,00	0,00	0,00	1,24	1,64	1,43	2,30	1,13	1,02	1,06	0,56	0,66	0,32	0,60	0,74	1,90	2,64	2,25	2,06	3,89	0,00	1,00
10	0,00	0,00	0,00	0,22	0,56	1,00	0,69	0,34	0,44	0,37	0,30	0,22	0,13	0,15	0,15	0,19	0,17	0,11	0,11	0,21	0,00	0,00
11	1,77	1,37	0,51	0,44	0,56	0,25	0,44	0,37	0,29	0,27	0,18	0,12	0,05	0,23	0,39	0,62	1,20	0,49	0,44	1,11	3,84	0,45

Nota: in grigio sono segnate le celle che danno luogo a valori anormali nel successivo test grafico k di coerenza intralaboratorio

Tabella 353 – Calcolo degli indicatori per i test grafici h e k di Mandel, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero medio di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (TUTTI I DATI)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
n° di lab per livello	p_j	7	7	7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	9	7	11
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
indicatore k (1%) per ogni livello	k (1%)	1,7	1,7	1,7	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,73	1,7	1,74
indicatore k (5%) per ogni livello	k (5%)	1,49	1,49	1,49	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,5	1,49	1,51
indicatore h (1%) per ogni livello	h (1%)	1,98	1,98	1,98	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,13	1,98	2,22
indicatore h (5%) per ogni livello	h (5%)	1,71	1,71	1,71	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,78	1,71	1,82

Tabella 354 – Risultati per il test *h* di coerenza interlaboratorio (per il parametro *R'*, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (TUTTI I DATI)

h	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	<i>R'_w</i>
1	0,98	0,41	0,18	0,24	1,24	-0,35	1,08	0,21	0,75	1,28	0,22	2,01	1,43	1,05	-0,63	-1,47	-0,58	0,88	-0,39	-1,17	-1,72	1,04
2	0,79	0,25	-0,58	0,71	0,11	-0,05	-1,02	-1,38	-0,43	-0,40	0,12	-0,70	-1,38	-0,33	-1,78	0,21	0,26	0,31	0,51	0,55	-0,34	-0,13
3	0,00	0,00	0,00	0,64	-0,30	-0,11	-0,24	0,70	-0,59	-0,38	0,27	-0,30	-0,06	0,66	2,21	1,64	1,05	0,77	1,30	0,00	0,00	0,11
4	0,52	1,09	0,06	-0,81	-0,49	-0,25	0,35	0,93	1,33	0,73	0,34	0,42	-0,49	0,09	-0,26	0,32	0,26	0,36	-0,18	0,54	-0,16	-0,13
5	0,00	0,00	0,00	1,53	0,32	0,44	-1,19	0,58	0,94	-0,65	0,13	-0,24	-1,84	-0,56	0,40	0,19	-0,45	0,71	-0,32	0,00	0,00	0,57
6	-1,89	1,03	0,34	0,48	1,78	1,69	1,14	1,33	-0,30	0,75	0,34	1,40	0,73	0,43	0,10	-0,12	0,30	0,59	-0,18	0,57	1,65	1,98
7	0,25	-1,72	-1,35	-0,47	-0,27	0,46	0,33	0,00	0,92	-0,88	0,86	-0,24	-0,46	-0,98	0,30	-0,57	0,23	-0,31	1,05	0,40	0,18	0,34
8	-0,70	-0,45	-0,50	0,03	-0,28	-1,41	0,21	-1,98	-1,15	-1,10	-2,83	-1,33	0,69	-0,47	0,74	1,19	1,77	0,79	0,86	0,62	0,37	-1,30
9	0,00	0,00	0,00	-0,31	0,39	-1,71	1,53	0,35	-0,15	1,59	0,26	-1,09	0,16	1,39	0,01	-1,73	-1,91	-1,73	-2,41	-2,21	0,00	-0,13
10	0,00	0,00	0,00	-2,32	-2,10	1,28	-1,09	-0,02	0,59	-1,35	0,75	-0,24	1,08	0,77	-0,78	-0,12	0,20	-0,45	-0,25	0,52	0,00	-1,30
11	0,05	-0,61	1,85	0,27	-0,40	0,01	-1,10	-0,74	-1,90	0,42	-0,46	0,29	0,14	-2,03	-0,31	0,47	-1,13	-1,91	0,03	0,18	0,01	-1,06

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali per il test grafico *h*

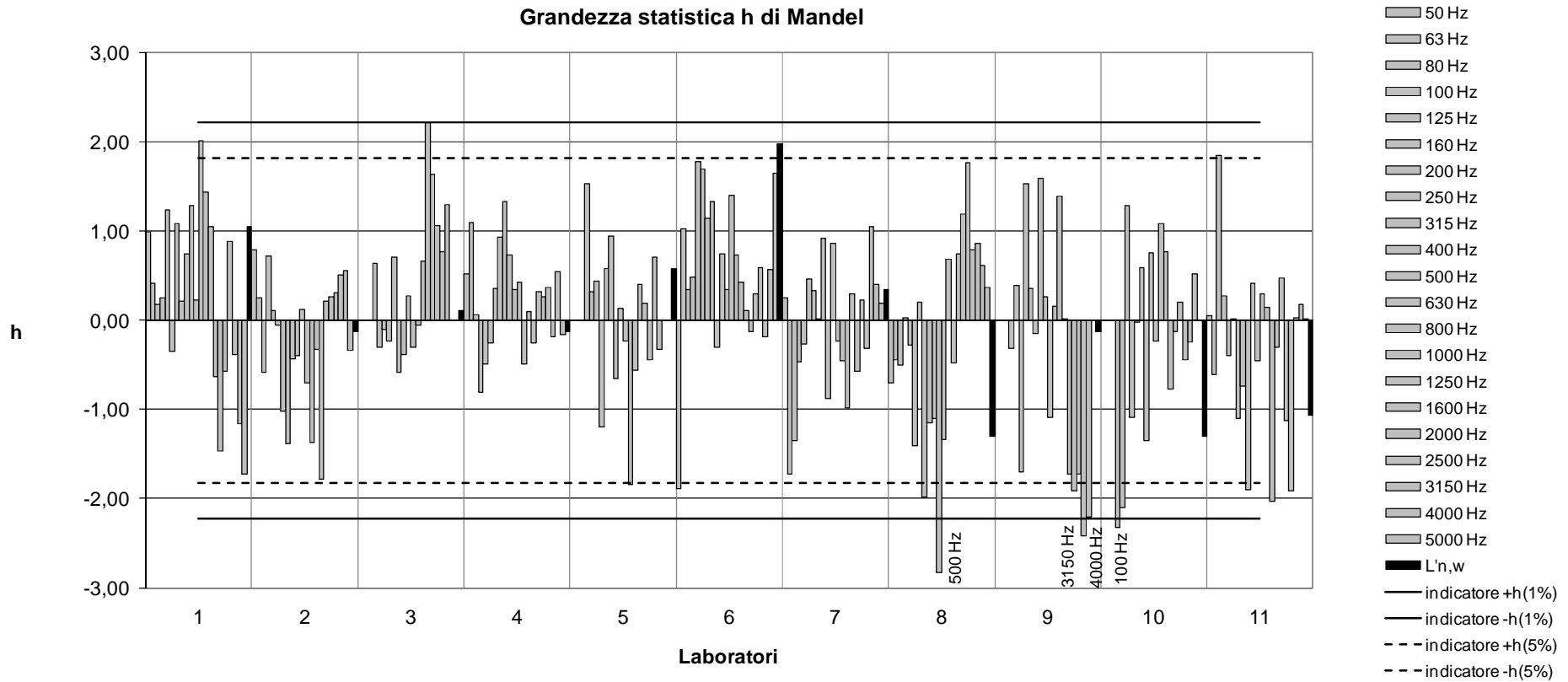


Figura 215 – Grafico della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (elaborazione iniziale su tutti i dati)

Nota: per chiarezza grafica in figura sono state riportate solo le linee indicatrici dei valori critici per $p=11$ (caso che si verifica nella maggior parte dei livelli), cioè $h(1\%)=\pm 2,22$ e $h(5\%)=\pm 1,82$. Nel caso con $p=7$ (che si verifica a 50, 63, 80 e 5000 Hz) risulta invece $h(1\%)=\pm 1,98$ e $h(5\%)=\pm 1,71$.

Tabella 355– Risultati per il test k di coerenza intralaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (elaborazione iniziale su tutti i dati)

k	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R_w'
1	1,41	1,02	1,34	1,02	0,97	1,40	0,89	1,25	1,26	1,69	0,94	1,08	0,90	1,72	0,88	2,35	2,48	1,01	1,48	1,86	1,57	1,31
2	1,43	1,37	1,03	0,72	0,71	1,17	1,48	0,65	1,47	1,10	1,00	0,84	0,82	0,68	0,76	0,54	0,15	0,20	0,11	0,17	0,07	0,00
3	0,00	0,00	0,00	1,11	2,03	1,09	0,81	2,00	1,21	1,58	0,79	0,92	1,03	1,26	0,52	0,31	0,13	0,16	0,32	0,00	0,00	1,55
4	0,99	1,33	1,05	0,76	1,60	0,56	0,55	1,13	1,29	0,86	1,31	0,69	0,35	0,54	0,69	0,28	0,22	0,28	0,14	0,14	0,65	0,00
5	0,00	0,00	0,00	1,88	0,74	1,96	1,73	1,03	1,33	0,83	0,44	0,49	1,25	0,57	0,41	0,22	0,67	0,44	0,36	0,00	0,00	1,02
6	0,87	0,72	0,68	1,12	0,27	0,35	0,50	0,76	0,66	0,34	0,34	0,41	0,26	0,34	0,20	0,11	0,11	0,13	0,05	0,05	0,12	0,83
7	0,41	0,54	1,29	1,22	0,64	0,73	0,69	0,36	0,83	1,02	2,10	2,22	2,45	1,62	2,29	1,05	0,88	1,57	1,37	0,72	1,06	1,02
8	0,54	1,02	0,87	0,67	0,46	0,19	0,23	0,27	0,22	0,18	0,71	0,48	0,34	0,26	0,81	0,83	0,49	0,94	0,83	0,25	0,16	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,87	1,16	1,03	1,71	1,25	0,96	1,24	1,06	1,39	0,72	1,45	1,46	1,68	1,65	2,44	2,39	2,13	0,00	1,85
10	0,00	0,00	0,00	0,16	0,39	0,72	0,52	0,37	0,41	0,44	0,57	0,47	0,30	0,36	0,30	0,16	0,10	0,12	0,13	0,11	0,00	0,00
11	0,88	0,68	0,41	0,31	0,40	0,18	0,33	0,41	0,27	0,32	0,34	0,26	0,12	0,56	0,77	0,55	0,75	0,53	0,51	0,61	1,72	0,83

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali

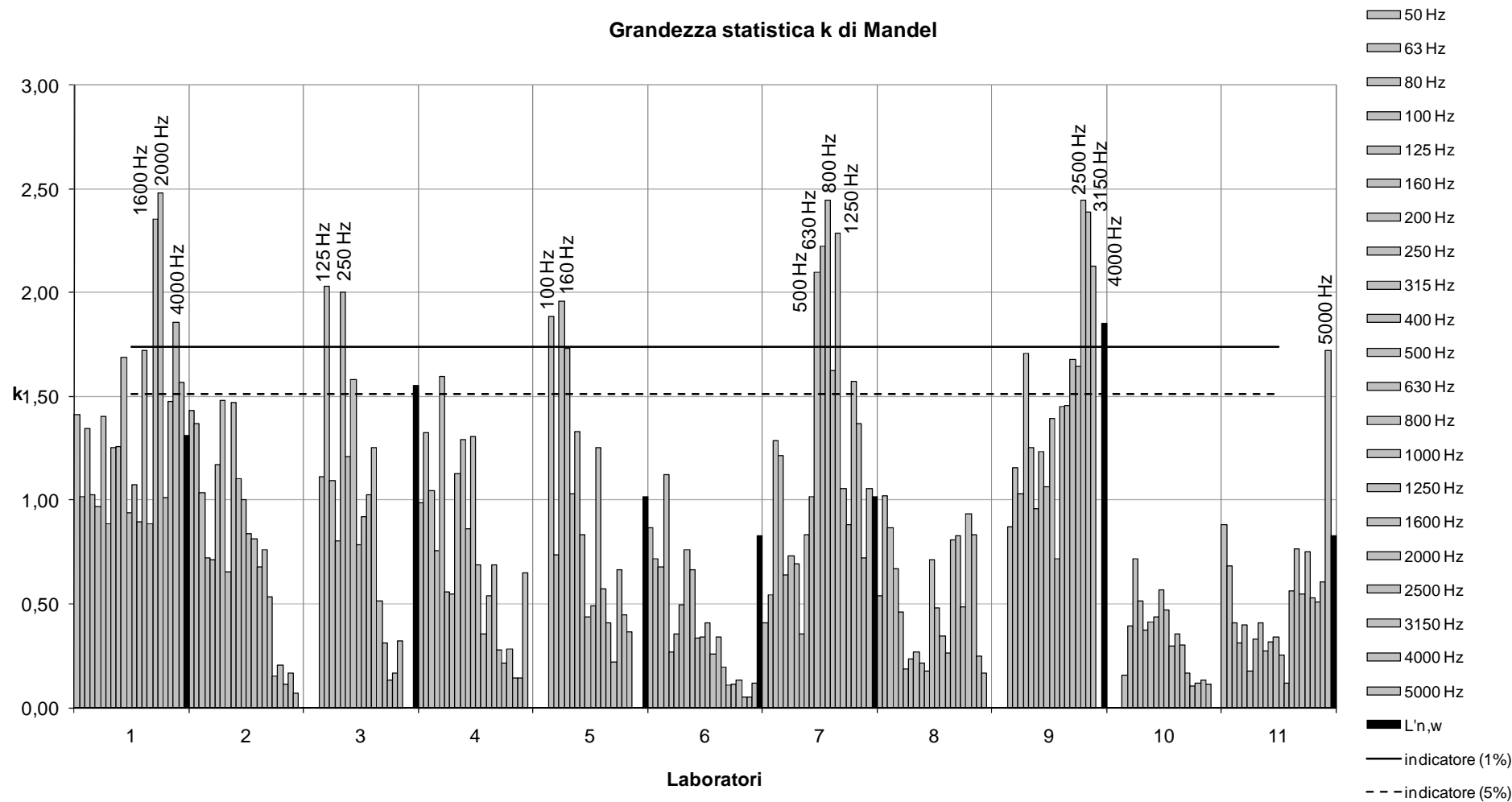


Figura 216- Grafico della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (elaborazione iniziale su tutti i dati)

Nota: per chiarezza grafica in figura sono state riportate solo le linee indicatrici dei valori critici per $p=11$ (caso che si verifica nella maggior parte dei livelli), cioè $k(1\%)=1,74$ e $k(5\%)=1,51$. Nel caso con $p=7$ (che si verifica a 50, 63, 80 e 5000 Hz) risulta invece $k(1\%)=1,7$ e $k(5\%)=1,49$.
 (il valore a 5000 Hz del laboratorio 11 è un valore anormale, a 5000 Hz il numero p di laboratori è 7, il corrispondente valore critico all'1% è pari a 1,7)

Tabella 356 - Calcolo dei valori critici per il test di Cochran, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (elaborazione iniziale su tutti i dati)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
n° di lab per livello	p_j	7	7	7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	9	7	11
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
valore critico al livello 1%	$C_{cr}(1\%)$	0,51	0,51	0,51	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,43	0,51	0,37
valore critico al livello 5%	$C_{cr}(5\%)$	0,43	0,43	0,43	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,36	0,43	0,31

Tabella 357 – Risultati dell'applicazione del test di Cochran sugli scarti massimi, con indicazione del laboratorio che ha prodotto i risultati dispersi e anomali (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (elaborazione iniziale su tutti i dati)

C_j		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
		0,29	0,27	0,26	0,32	0,37	0,35	0,27	0,36	0,20	0,26	0,40	0,45	0,54	0,27	0,48	0,50	0,56	0,54	0,52	0,50	0,42	0,31
Relativo lab					5	3	5		3			7	7	7		7	1	1	9	9	9		9

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anomali

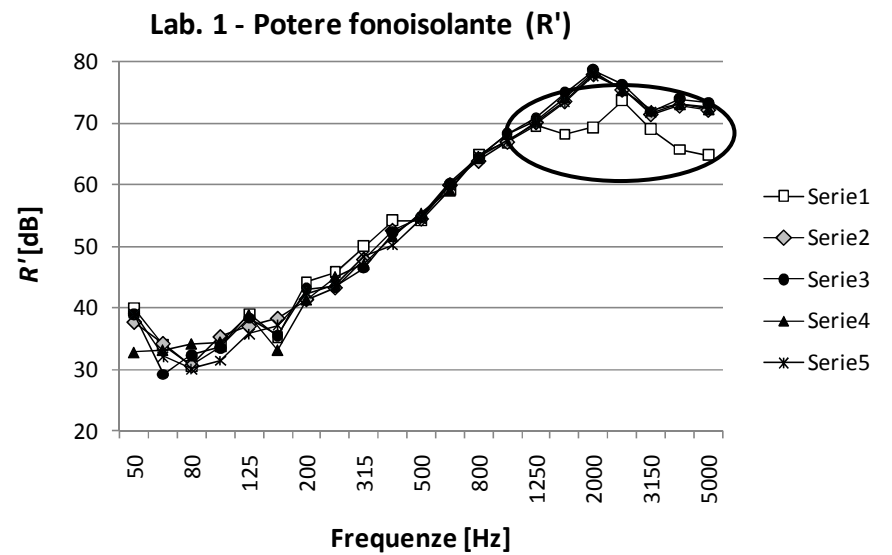
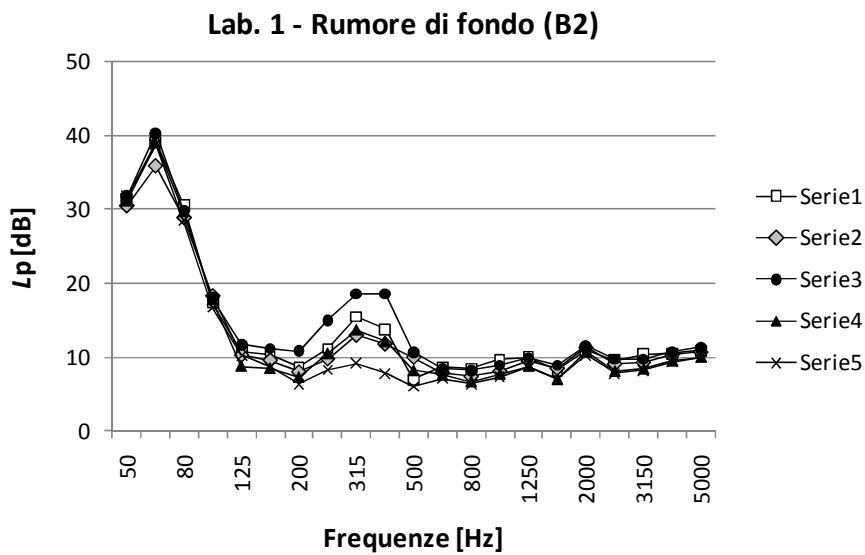
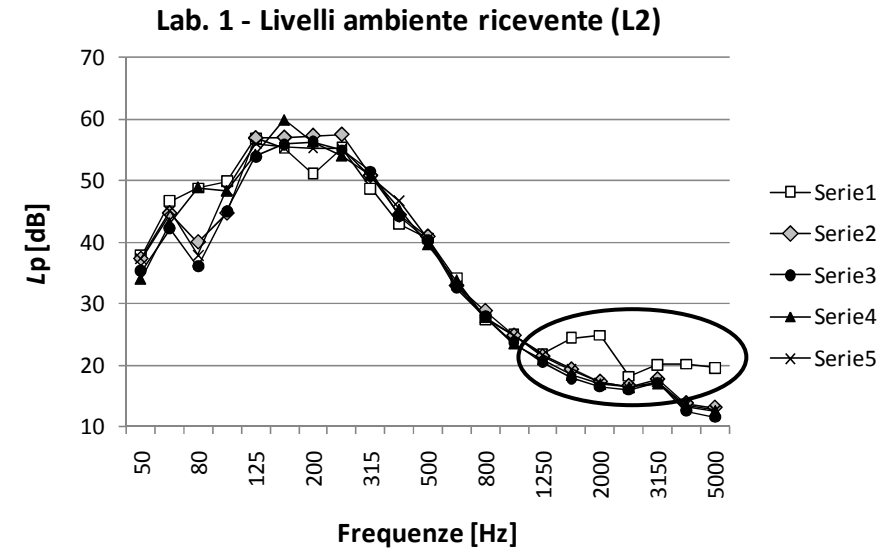
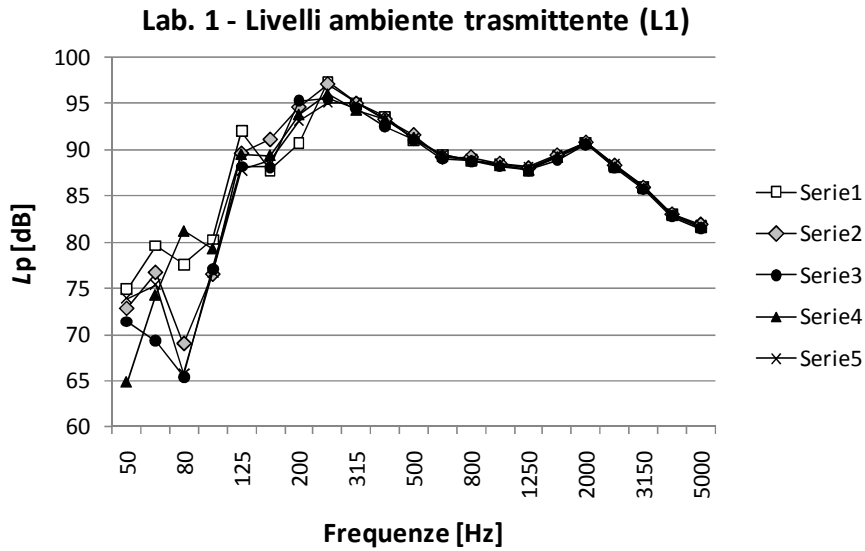


Figura 217 – Livelli nell'ambiente trasmittente (L1), nell'ambiente ricevente (L2), rumore di fondo (B2) e potere fonoisolante (R') nelle cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052) del laboratorio 1.

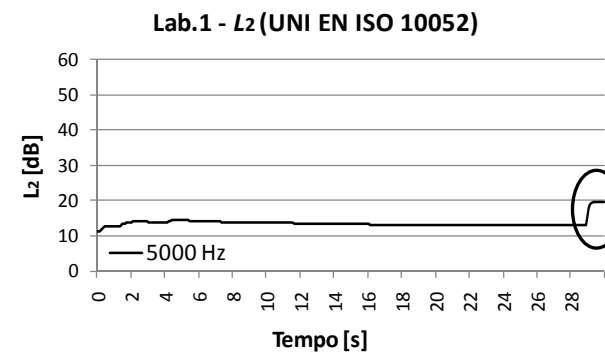
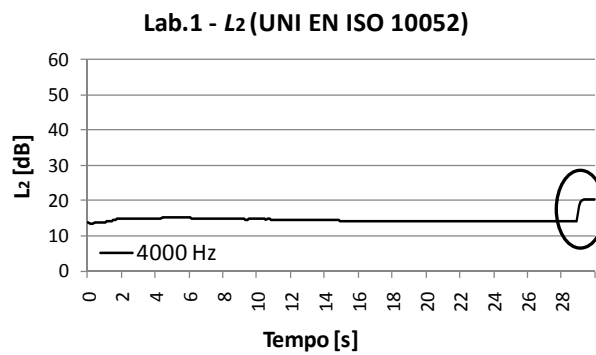
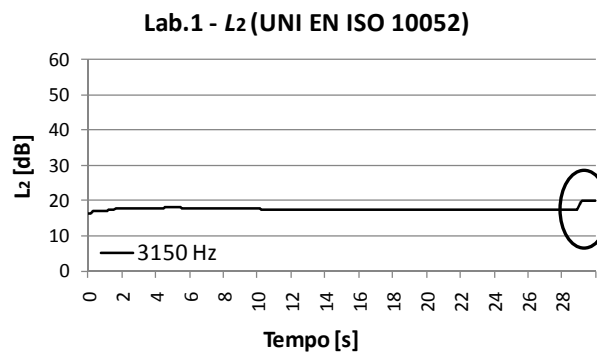
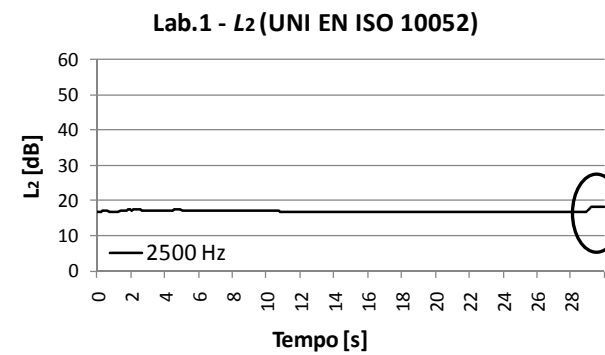
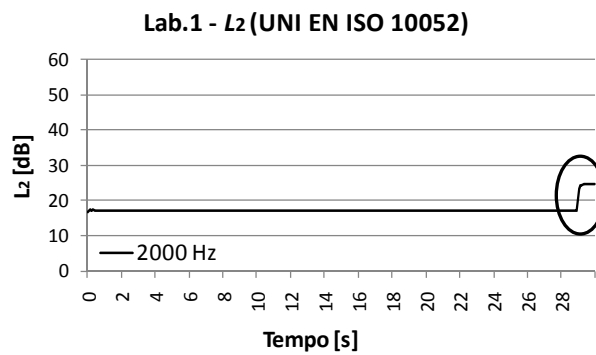
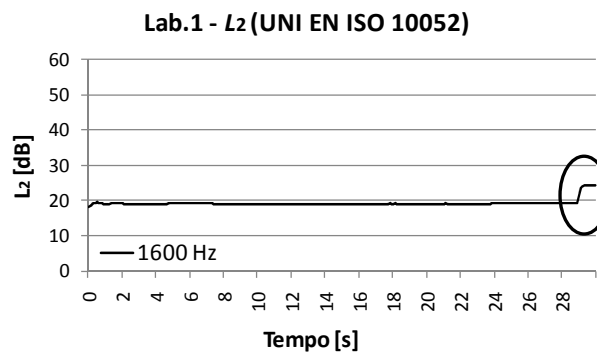
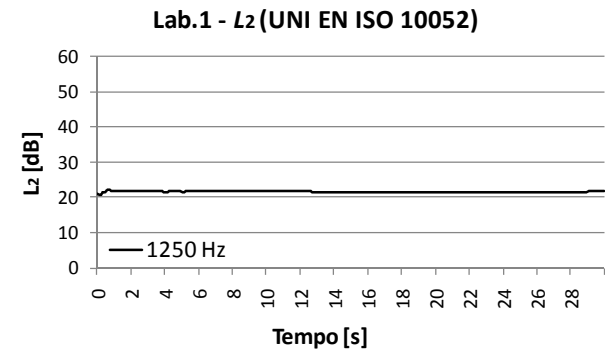
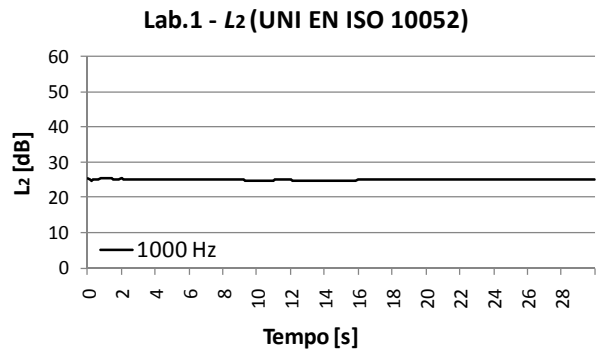
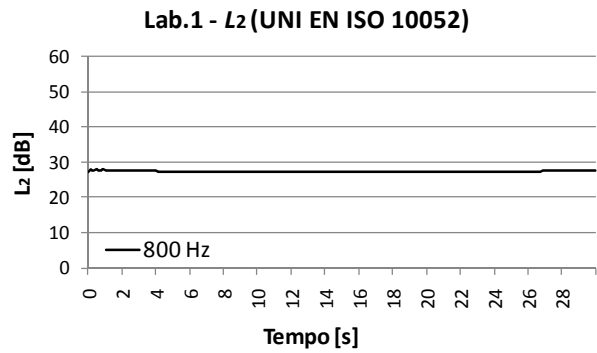


Figura 218 – Andamenti temporali dei livelli nell'ambiente ricevente (L_2) per la prima ripetizione del laboratorio 1 (parametro R' secondo la norma UNI EN ISO 10052)

Tabella 358 – Correzioni apportate al livello in ricevente e al potere fonoisolante in seguito all'eliminazione dell'ultimo secondo di misura (per la prima ripetizione del laboratorio 1 delle misure di potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 10052)

<i>f</i>	[Hz]	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
<i>L₂</i>	[dB]	37,8	46,7	48,8	49,9	56,9	55,2	51,1	55,3	48,7	43	40,7	34,1	27,5	25	21,8	24,5	24,9	18,2	20,1	20,2	19,6
<i>R</i>	[dB]	39,9	34	30,6	33,7	39	35,3	44,2	45,8	50	54,2	54,1	59,1	65	66,9	69,6	68,2	69,3	73,7	69	65,7	64,8
<i>L₂(corretto)</i>	[dB]	37,8	46,7	48,8	49,9	56,9	55,2	51,1	55,3	48,7	43	40,7	34,1	27,5	24,9	21,6	19,1	17,2	16,8	17,5	14,2	13,1
<i>R (corretto)</i>	[dB]	39,9	34	30,6	33,7	39	35,3	44,2	45,8	50	54,2	54,1	59,1	65	67	69,8	73,6	78,1	75,3	72,1	72,5	71,9

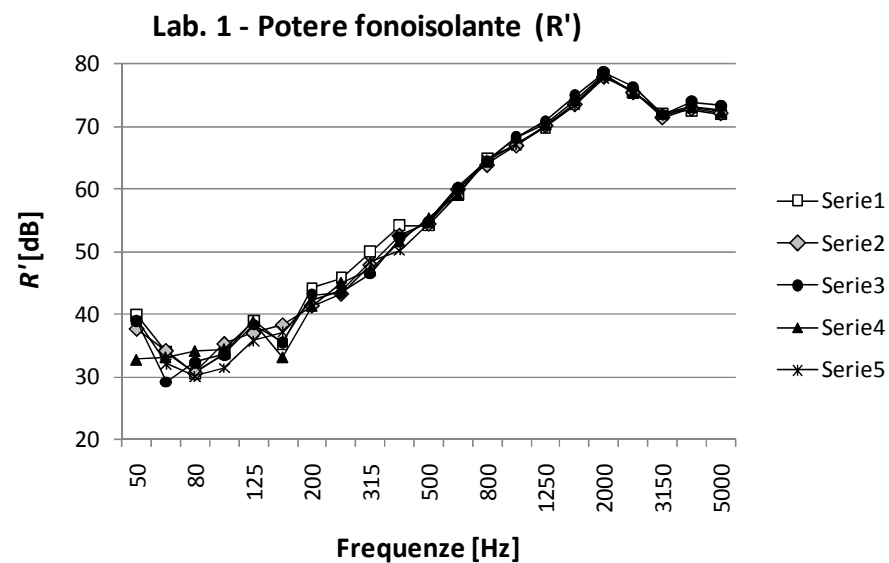
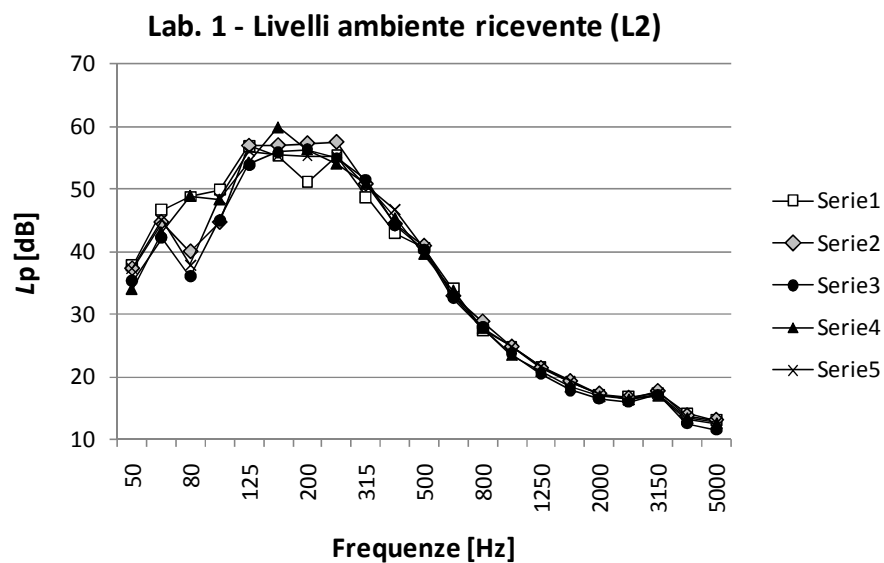


Figura 219 - Livelli nell'ambiente ricevente (*L₂*) e potere fonoisolante (*R'*) nelle cinque ripetizioni della misura del laboratorio 1 (secondo la norma UNI EN ISO 10052), dopo la correzione della prima ripetizione

J.13 Analisi dei dati del potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LABORATORIO 1)

Tabella 359 – Risultati per il test h di coerenza interlaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1)

h	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R_w'
1	0,98	0,41	0,18	0,24	1,24	-0,35	1,08	0,21	0,75	1,28	0,22	2,01	1,43	1,10	-0,54	0,12	1,18	1,16	0,26	-0,62	-1,33	1,04
2	0,79	0,25	-0,58	0,71	0,11	-0,05	-1,02	-1,38	-0,43	-0,40	0,12	-0,70	-1,38	-0,34	-1,80	0,06	0,08	0,27	0,45	0,51	-0,56	-0,13
3	0,00	0,00	0,00	0,64	-0,30	-0,11	-0,24	0,70	-0,59	-0,38	0,27	-0,30	-0,06	0,65	2,21	1,70	0,82	0,71	1,24	0,00	0,00	0,11
4	0,52	1,09	0,06	-0,81	-0,49	-0,25	0,35	0,93	1,33	0,73	0,34	0,42	-0,49	0,09	-0,27	0,19	0,07	0,32	-0,25	0,50	-0,33	-0,13
5	0,00	0,00	0,00	1,53	0,32	0,44	-1,19	0,58	0,94	-0,65	0,13	-0,24	-1,84	-0,57	0,39	0,03	-0,59	0,65	-0,39	0,00	0,00	0,57
6	-1,89	1,03	0,34	0,48	1,78	1,69	1,14	1,33	-0,30	0,75	0,34	1,40	0,73	0,42	0,10	-0,32	0,10	0,53	-0,25	0,53	1,92	1,98
7	0,25	-1,72	-1,35	-0,47	-0,27	0,46	0,33	0,00	0,92	-0,88	0,86	-0,24	-0,46	-0,98	0,29	-0,83	0,04	-0,33	0,99	0,35	0,09	0,34
8	-0,70	-0,45	-0,50	0,03	-0,28	-1,41	0,21	-1,98	-1,15	-1,10	-2,83	-1,33	0,69	-0,48	0,73	1,18	1,48	0,73	0,80	0,59	0,32	-1,30
9	0,00	0,00	0,00	-0,31	0,39	-1,71	1,53	0,35	-0,15	1,59	0,26	-1,09	0,16	1,38	0,00	-2,16	-1,96	-1,70	-2,49	-2,47	0,00	-0,13
10	0,00	0,00	0,00	-2,32	-2,10	1,28	-1,09	-0,02	0,59	-1,35	0,75	-0,24	1,08	0,76	-0,79	-0,32	0,02	-0,46	-0,32	0,48	0,00	-1,30
11	0,05	-0,61	1,85	0,27	-0,40	0,01	-1,10	-0,74	-1,90	0,42	-0,46	0,29	0,14	-2,02	-0,32	0,35	-1,23	-1,88	-0,04	0,12	-0,12	-1,06

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali per il test grafico h

Nota 2: i dati del laboratorio 1 sono stati corretti, quindi rispetto all'analisi iniziale su tutti i dati non è variato il numero di laboratori, quindi i valori critici per i test delle grandezze statistiche h e k sono gli stessi (vedi Tabella 353 – Calcolo degli indicatori per i test grafici h e k di Mandel, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero medio di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (TUTTI I DATI) Tabella 353)

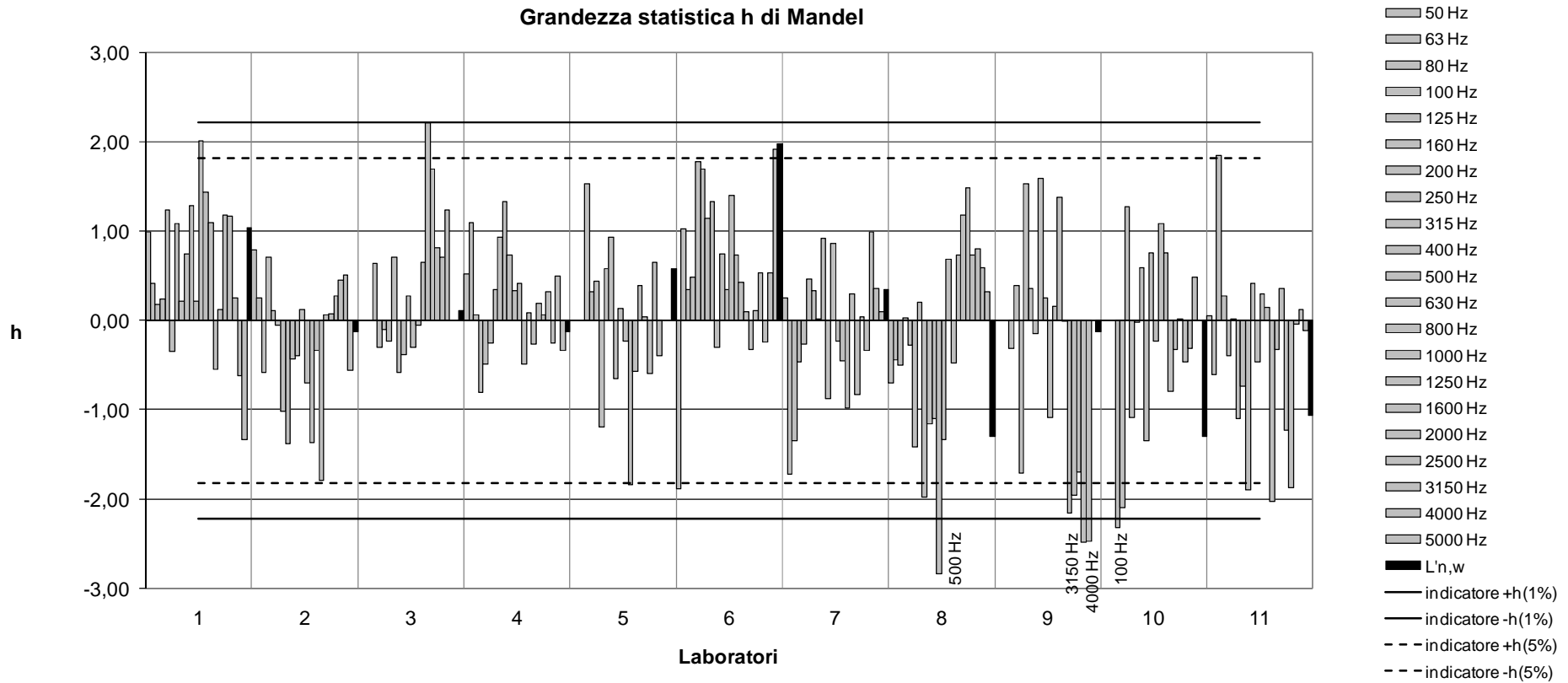


Figura 220 – Grafico della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1)

Nota: per chiarezza grafica in figura sono state riportate solo le linee indicatrici dei valori critici per $p=11$ (caso che si verifica nella maggior parte dei livelli), cioè $h(1\%)=\pm 2,22$ e $h(5\%)=\pm 1,82$. Nel caso con $p=7$ (che si verifica a 50, 63, 80 e 5000 Hz) risulta invece $h(1\%)=\pm 1,98$ e $h(5\%)=\pm 1,71$.

Tabella 360– Risultati per il test k di coerenza intralaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1)

k	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R_w'
1	1,41	1,02	1,34	1,02	0,97	1,40	0,89	1,25	1,26	1,69	0,94	1,08	0,90	1,69	0,77	0,75	0,31	0,40	0,34	0,35	0,29	1,31
2	1,43	1,37	1,03	0,72	0,71	1,17	1,48	0,65	1,47	1,10	1,00	0,84	0,82	0,68	0,77	0,74	0,23	0,21	0,13	0,21	0,09	0,00
3	0,00	0,00	0,00	1,11	2,03	1,09	0,81	2,00	1,21	1,58	0,79	0,92	1,03	1,27	0,52	0,43	0,20	0,17	0,36	0,00	0,00	1,55
4	0,99	1,33	1,05	0,76	1,60	0,56	0,55	1,13	1,29	0,86	1,31	0,69	0,35	0,54	0,69	0,39	0,32	0,30	0,16	0,18	0,80	0,00
5	0,00	0,00	0,00	1,88	0,74	1,96	1,73	1,03	1,33	0,83	0,44	0,49	1,25	0,58	0,41	0,30	1,00	0,46	0,40	0,00	0,00	1,02
6	0,87	0,72	0,68	1,12	0,27	0,35	0,50	0,76	0,66	0,34	0,34	0,41	0,26	0,34	0,20	0,15	0,17	0,14	0,06	0,06	0,15	0,83
7	0,41	0,54	1,29	1,22	0,64	0,73	0,69	0,36	0,83	1,02	2,10	2,22	2,45	1,64	2,31	1,46	1,32	1,64	1,52	0,91	1,30	1,02
8	0,54	1,02	0,87	0,67	0,46	0,19	0,23	0,27	0,22	0,18	0,71	0,48	0,34	0,27	0,82	1,15	0,73	0,98	0,92	0,32	0,20	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,87	1,16	1,03	1,71	1,25	0,96	1,24	1,06	1,39	0,72	1,46	1,47	2,32	2,47	2,55	2,65	2,69	0,00	1,85
10	0,00	0,00	0,00	0,16	0,39	0,72	0,52	0,37	0,41	0,44	0,57	0,47	0,30	0,36	0,30	0,23	0,16	0,12	0,15	0,14	0,00	0,00
11	0,88	0,68	0,41	0,31	0,40	0,18	0,33	0,41	0,27	0,32	0,34	0,26	0,12	0,57	0,77	0,76	1,13	0,55	0,56	0,77	2,12	0,83

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali

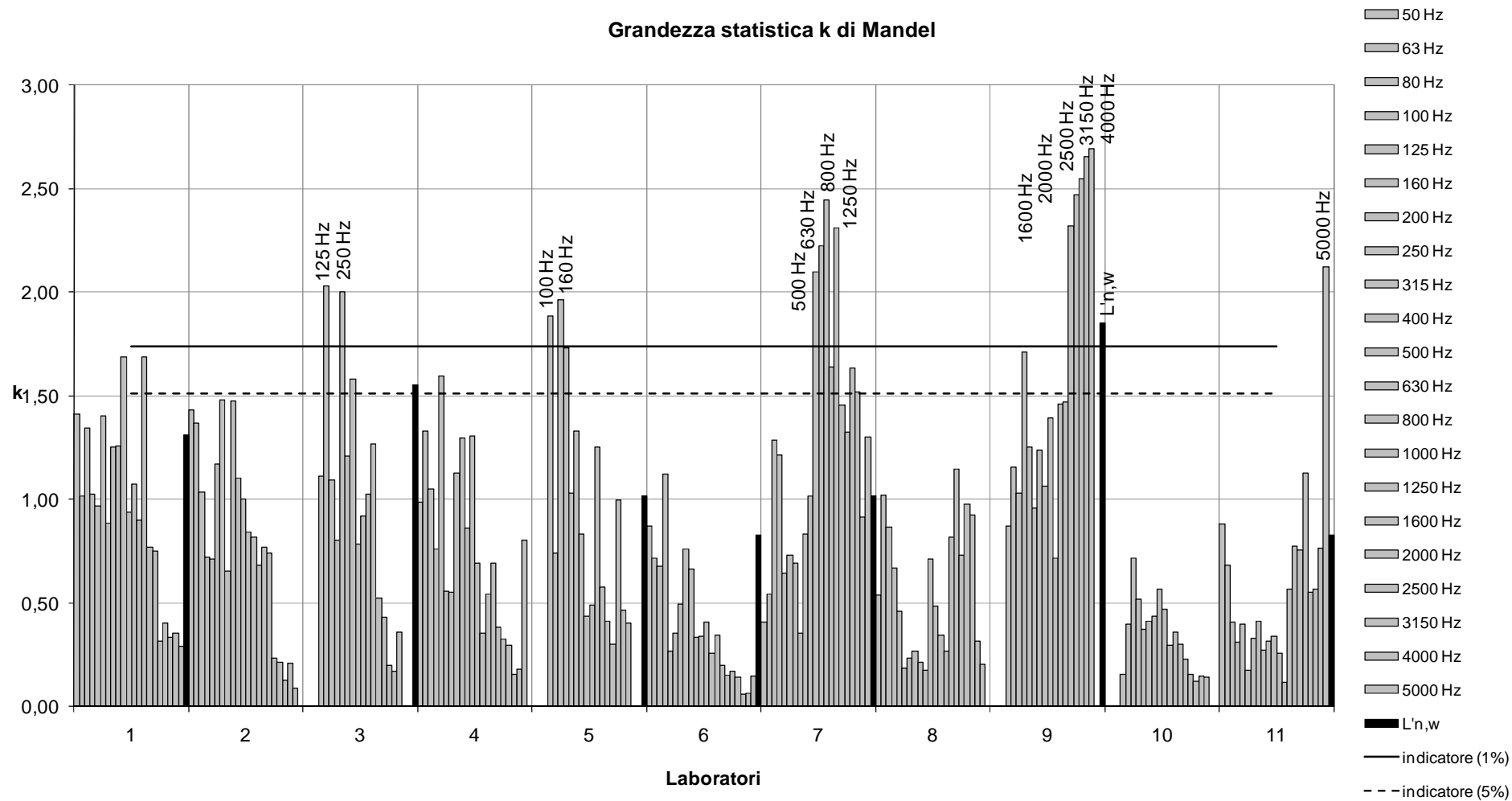


Figura 221- Grafico della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1)

Nota: per chiarezza grafica in figura sono state riportate solo le linee indicatrici dei valori critici per $p=11$ (caso che si verifica nella maggior parte dei livelli), cioè $k(1\%)=1,74$ e $k(5\%)=1,51$. Nel caso con $p=7$ (che si verifica a 50, 63, 80 e 5000 Hz) risulta invece $k(1\%)=1,7$ e $k(5\%)=1,49$.

Tabella 361 – Risultati dell'applicazione del test di Cochran sugli scarti massimi, con indicazione del laboratorio che ha prodotto i risultati dispersi e anomali (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1)

C _j	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R _w '
	0,29	0,27	0,26	0,32	0,37	0,35	0,27	0,36	0,20	0,26	0,40	0,45	0,54	0,26	0,48	0,49	0,55	0,59	0,64	0,81	0,64	0,31
LAB				5	3	5		3			7	7	7		7	9	9	9	9	9	11	9

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali

Nota 2: i dati del laboratorio 1 sono stati corretti, quindi rispetto all'analisi iniziale su tutti i dati non è variato il numero di laboratori, quindi i valori critici per i test delle grandezze statistiche h e k sono gli stessi (vedi Tabella 356)

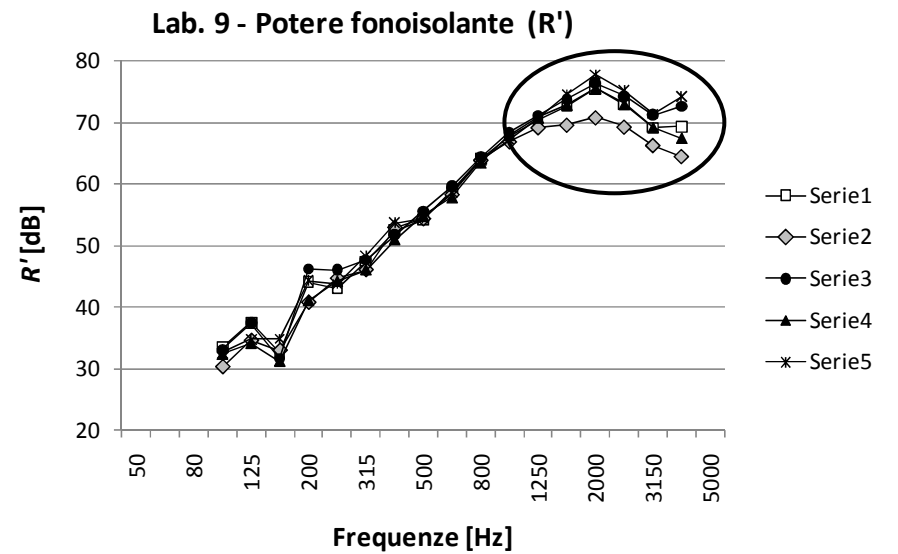
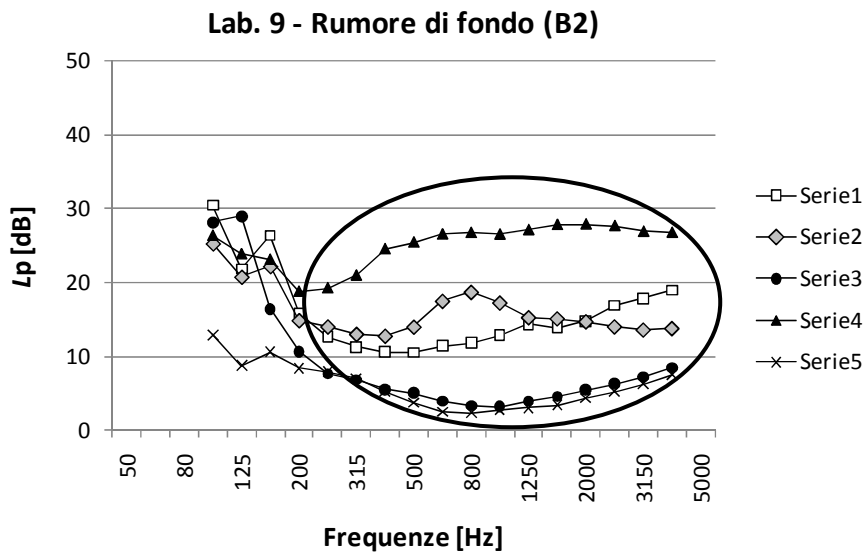
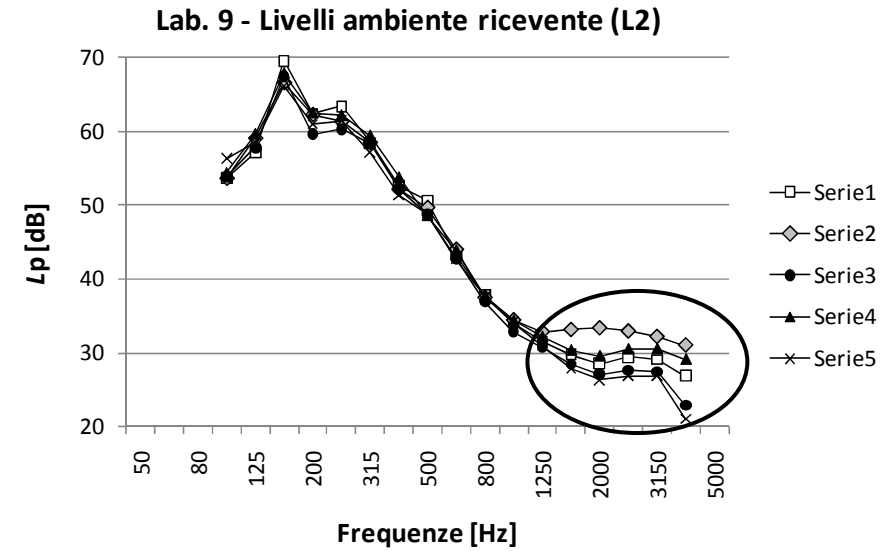
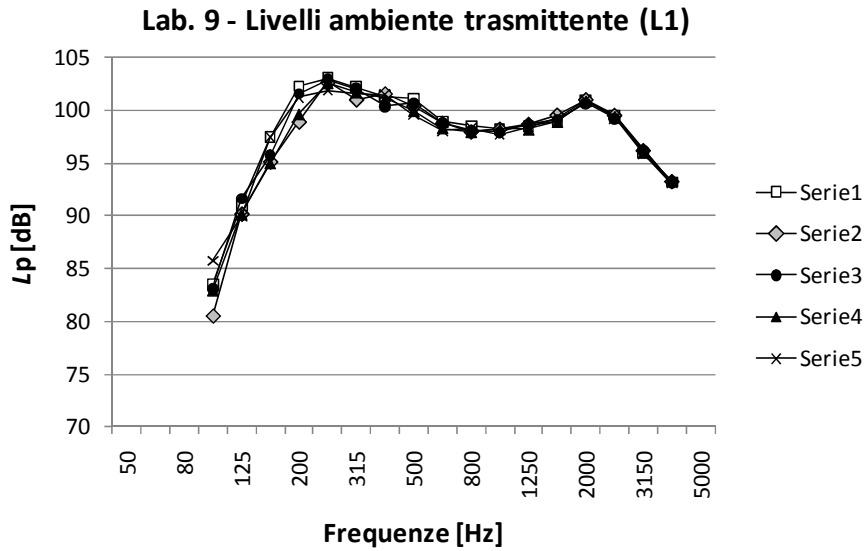


Figura 222 – Livelli nell'ambiente trasmettente (L1), nell'ambiente ricevente (L2), rumore di fondo (B2) e potere fonoisolante (R') nelle cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052) del laboratorio 9

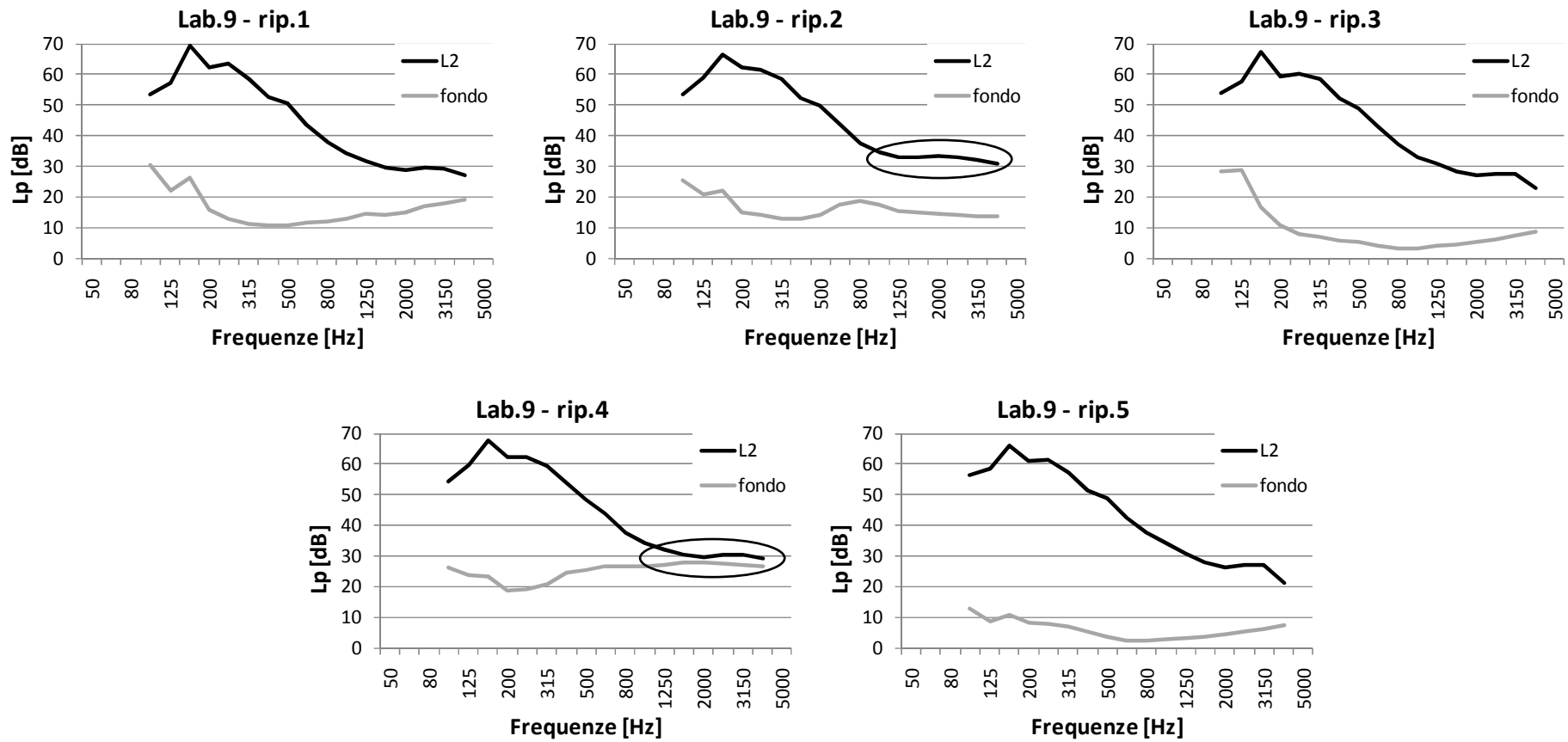


Figura 223 - Livelli di pressione sonora nell'ambiente ricevente con la sorgente sonora in funzione (L2) e livelli di rumore di fondo per le cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052) per il laboratorio 9

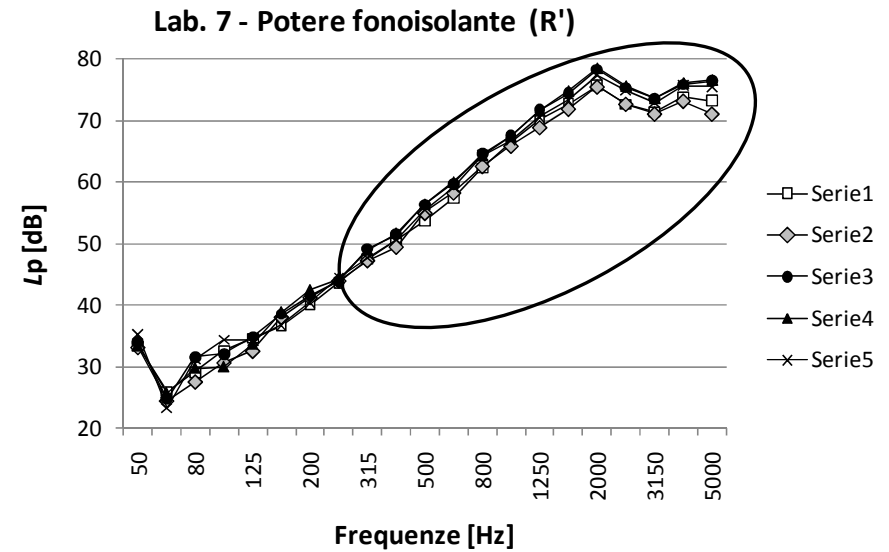
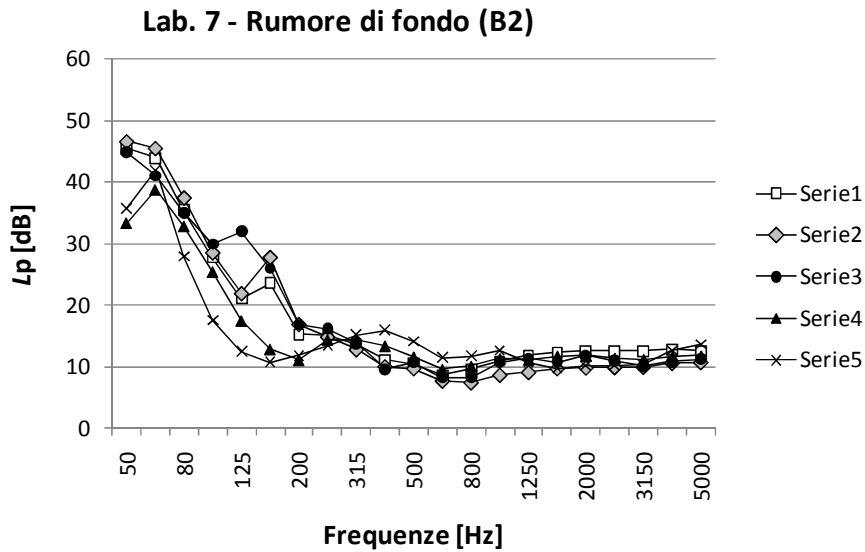
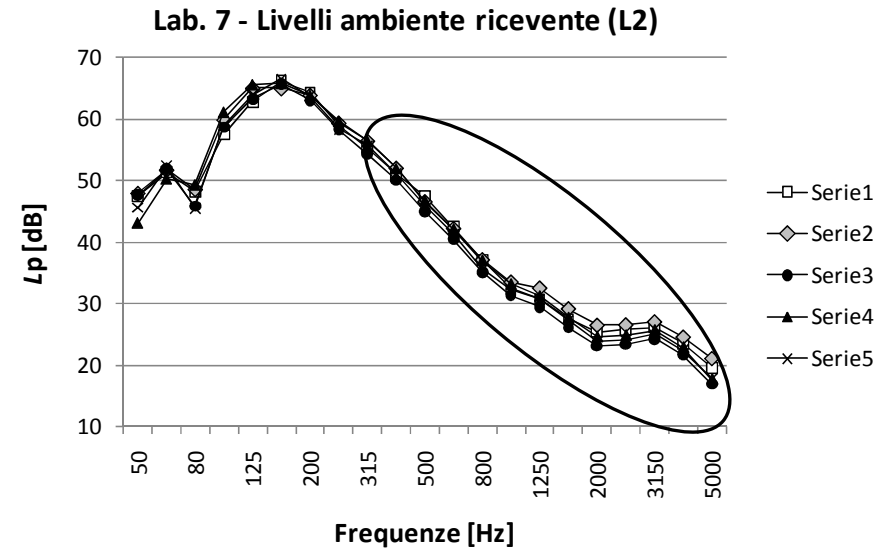
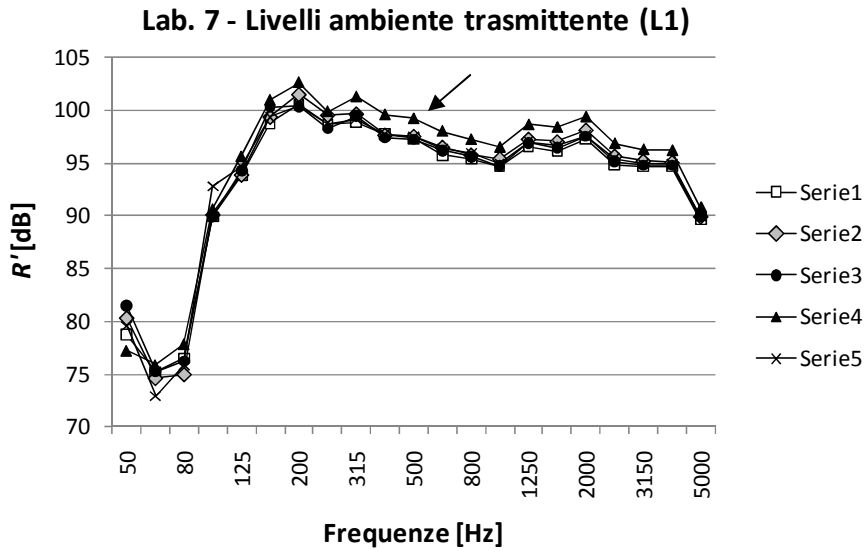


Figura 224– Livelli nell'ambiente trasmittente (L1), nell'ambiente ricevente (L2), rumore di fondo (B2) e potere fonoisolante (R') nelle cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052) del laboratorio 7.

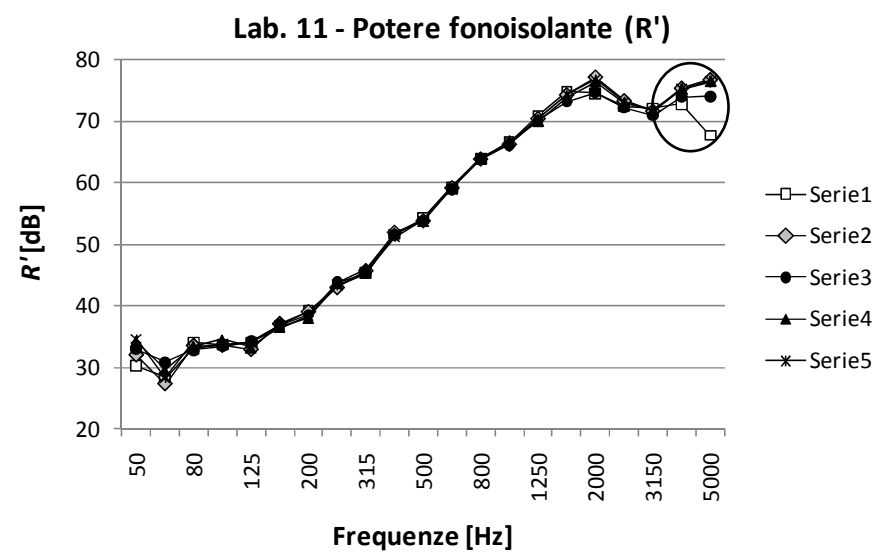
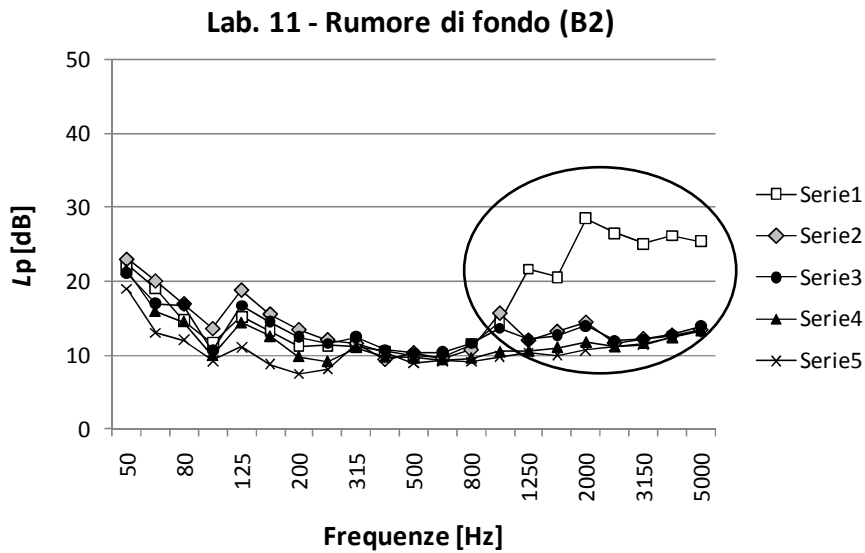
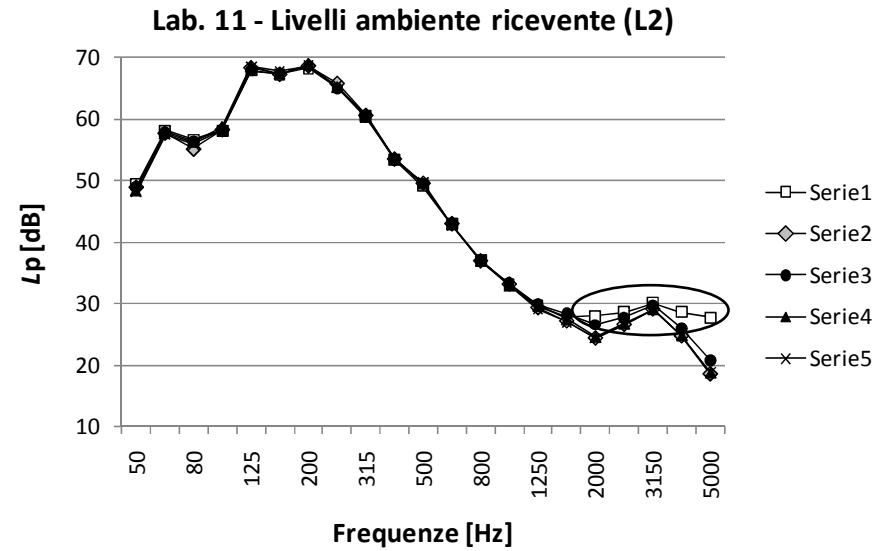
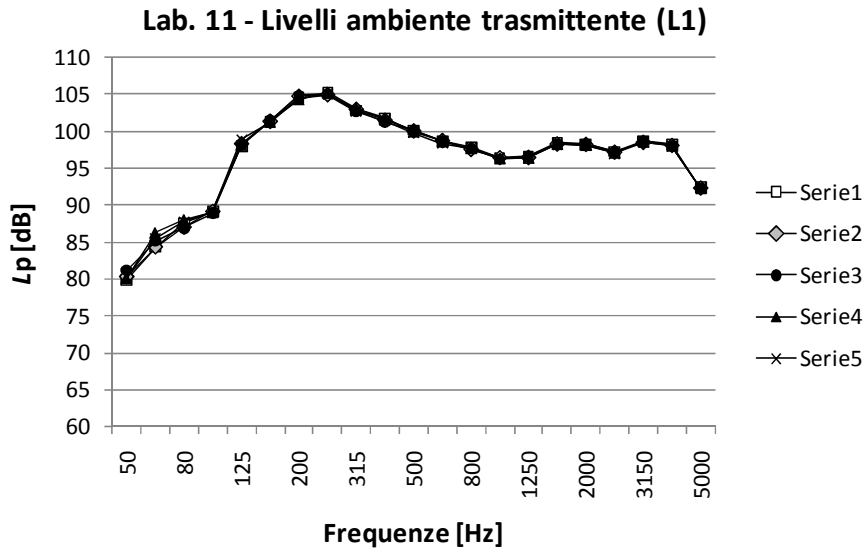


Figura 225– Livelli nell’ambiente trasmittente (L1), nell’ambiente ricevente (L2), rumore di fondo (B2) e potere fonoisolante (R') nelle cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052) del laboratorio 11.

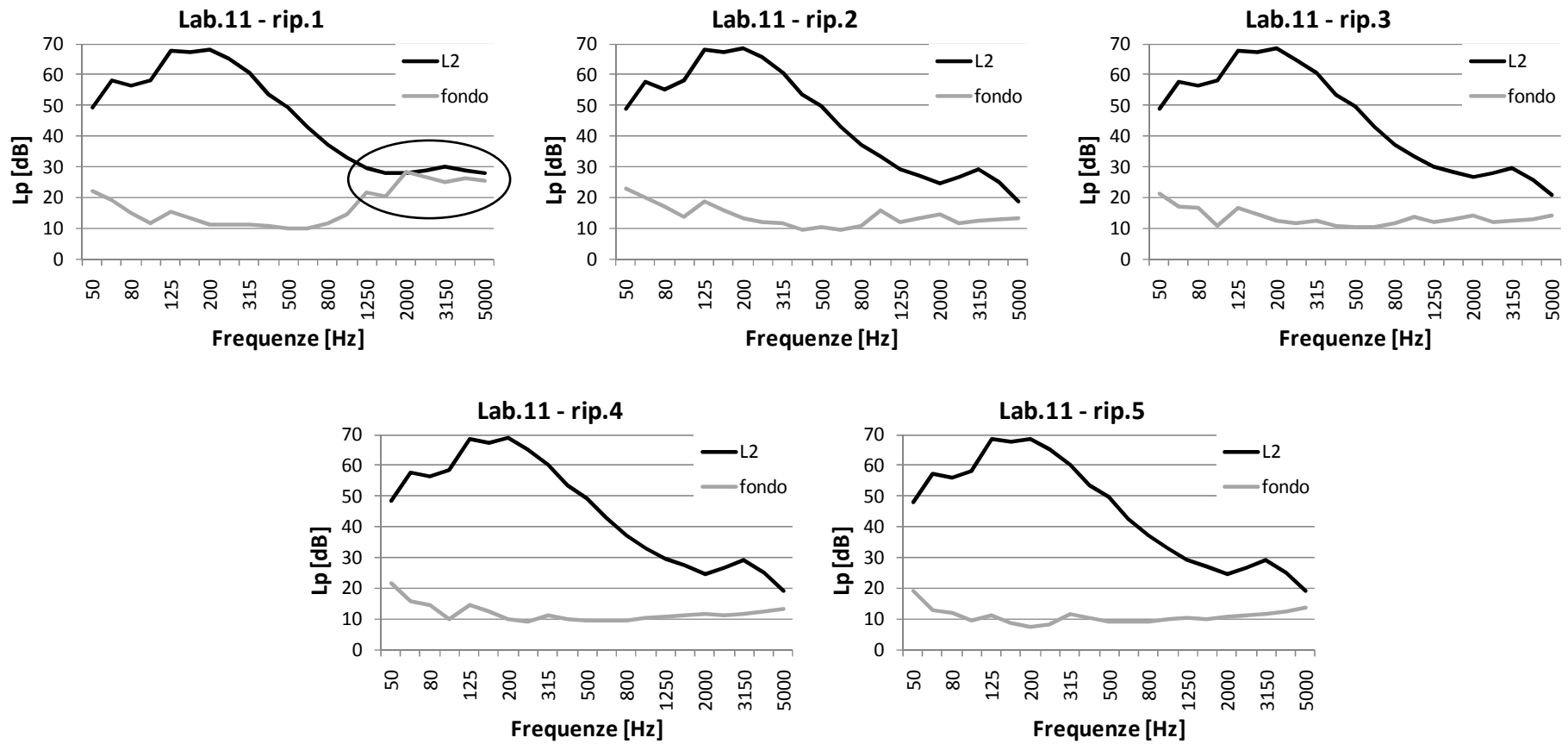


Figura 226 - Livelli di pressione sonora nell'ambiente ricevente con la sorgente sonora in funzione (L2) e livelli di rumore di fondo per le cinque ripetizioni della misura di potere fonoisolante (secondo la norma UNI EN ISO 10052) per il laboratorio 11

J.14 Analisi dei dati del potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052 (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LABORATORIO 1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB. 7 E 9, E DI DUE DATI DEL LAB. 11)

Tabella 362 – Calcolo degli indicatori per i test grafici h e k di Mandel, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero medio di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
n° di lab per livello	p_j	6	6	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	5	9
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
indicatore k (1%) per ogni livello	k (1%)	1,68	1,68	1,68	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,68	1,65	1,73
indicatore k (5%) per ogni livello	k (5%)	1,48	1,48	1,48	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,48	1,46	1,5
indicatore h (1%) per ogni livello	h (1%)	1,87	1,87	1,87	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	1,87	1,72	2,13
indicatore h (5%) per ogni livello	h (5%)	1,66	1,66	1,66	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,66	1,57	1,78

Tabella 363 – Risultati per il test h di coerenza interlaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

h	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R_w'
1	0,94	0,17	-0,05	0,14	1,13	-0,53	1,36	0,23	0,78	1,49	0,32	1,80	1,27	1,21	-0,46	-0,32	1,14	1,04	0,16	-2,04	-1,09	0,96
2	0,76	-0,06	-0,92	0,57	0,11	-0,21	-0,86	-1,21	-0,32	-0,35	0,23	-0,82	-1,27	-0,31	-1,59	-0,40	-0,16	0,05	0,49	0,39	-0,46	-0,09
3	0,00	0,00	0,00	0,51	-0,26	-0,27	-0,03	0,67	-0,47	-0,33	0,37	-0,43	-0,08	0,73	2,02	2,01	0,71	0,53	1,89	0,00	0,00	0,12
4	0,52	1,13	-0,19	-0,81	-0,43	-0,43	0,59	0,87	1,33	0,89	0,43	0,26	-0,47	0,14	-0,21	-0,21	-0,17	0,10	-0,73	0,36	-0,28	-0,09
5	0,00	0,00	0,00	1,32	0,30	0,33	-1,04	0,55	0,96	-0,63	0,24	-0,37	-1,70	-0,55	0,38	-0,44	-0,95	0,47	-0,98	0,00	0,00	0,54
6	-1,70	1,04	0,13	0,36	1,62	1,69	1,42	1,24	-0,20	0,91	0,44	1,22	0,63	0,49	0,11	-0,97	-0,13	0,34	-0,73	0,43	1,57	1,80
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	-0,61	-1,03	-0,83	-0,05	-0,24	-1,69	0,44	-1,75	-1,00	-1,12	-2,55	-1,43	0,59	-0,46	0,69	1,26	1,50	0,56	1,12	0,54	0,26	-1,15
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	-2,20	-1,89	1,24	-0,93	0,02	0,64	-1,40	0,82	-0,37	0,95	0,85	-0,68	-0,97	-0,23	-0,76	-0,85	0,32	0,00	-1,15
11	0,09	-1,25	1,85	0,17	-0,35	-0,14	-0,95	-0,63	-1,71	0,55	-0,32	0,14	0,10	-2,10	-0,26	0,03	-1,70	-2,32	-0,36	0,00	0,00	-0,94

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali per il test grafico h

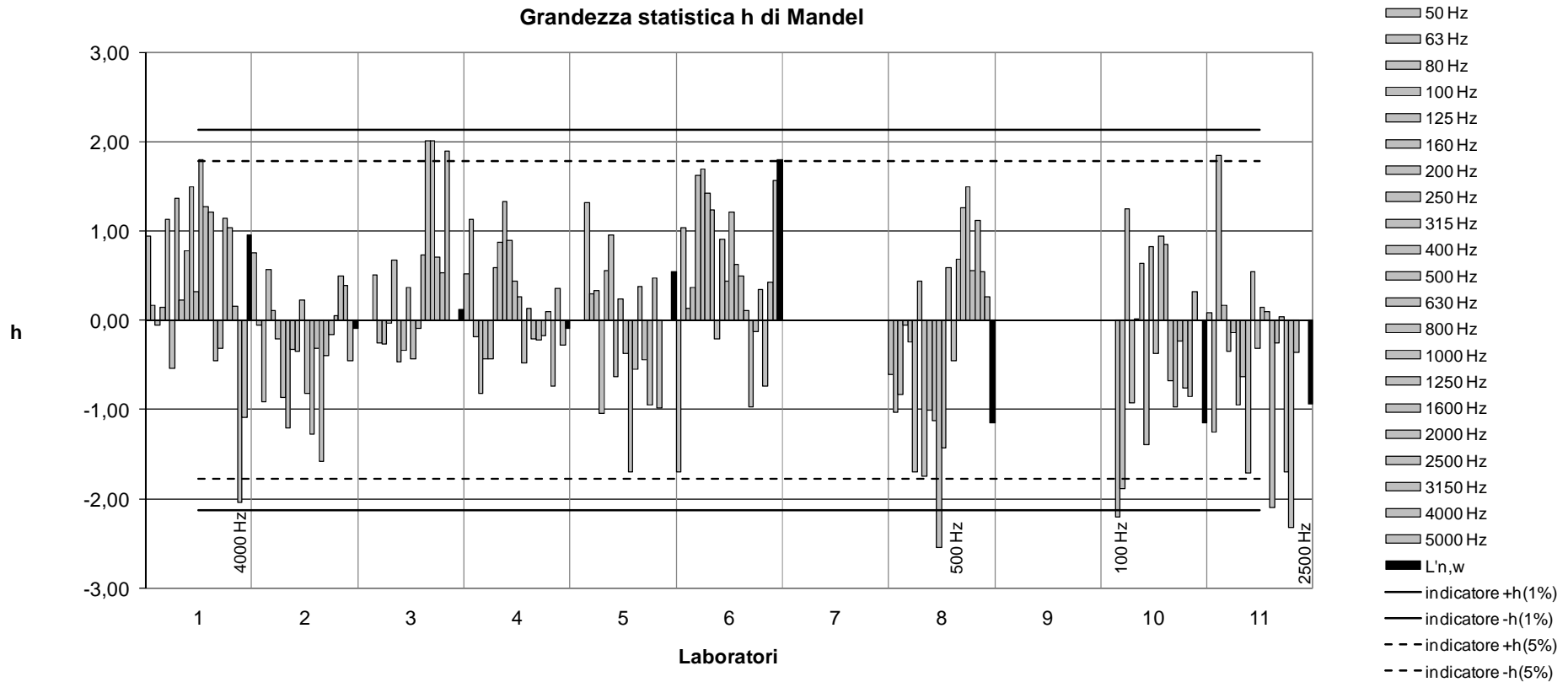


Figura 227 – Grafico della grandezza statistica h di coerenza interlaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

Nota: per chiarezza grafica in figura sono state riportate solo le linee indicatrici dei valori critici per $p=9$ (caso che si verifica nella maggior parte dei livelli), cioè $h(1\%)=\pm 2,13$ e $h(5\%)=\pm 1,78$. Nel caso con $p=6$ (che si verifica a 50, 63, 80 e 4000 Hz) risulta invece $h(1\%)=\pm 1,87$ e $h(5\%)=\pm 1,66$.

Tabella 364– Risultati per il test k di coerenza intralaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052(DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

k	livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LAB	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R_w'
1	1,32	0,96	1,42	1,04	0,96	1,37	0,96	1,23	1,23	1,74	1,21	1,59	1,27	2,03	1,23	1,20	0,53	0,90	0,79	1,52	0,73	1,54
2	1,34	1,30	1,09	0,73	0,70	1,15	1,61	0,64	1,44	1,14	1,29	1,24	1,15	0,83	1,23	1,19	0,39	0,47	0,30	0,90	0,22	0,00
3	0,00	0,00	0,00	1,13	2,00	1,07	0,88	1,97	1,19	1,63	1,01	1,36	1,45	1,53	0,83	0,69	0,34	0,38	0,84	0,00	0,00	1,82
4	0,92	1,26	1,11	0,77	1,57	0,55	0,60	1,11	1,27	0,89	1,68	1,02	0,50	0,66	1,11	0,62	0,55	0,65	0,37	0,78	2,01	0,00
5	0,00	0,00	0,00	1,91	0,73	1,92	1,88	1,01	1,30	0,86	0,56	0,73	1,77	0,70	0,66	0,49	1,69	1,03	0,95	0,00	0,00	1,19
6	0,81	0,68	0,72	1,14	0,26	0,35	0,54	0,75	0,65	0,35	0,44	0,60	0,37	0,41	0,32	0,24	0,29	0,31	0,14	0,27	0,37	0,97
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,50	0,97	0,92	0,68	0,45	0,18	0,25	0,26	0,21	0,18	0,91	0,71	0,49	0,32	1,31	1,84	1,23	2,16	2,16	1,36	0,51	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,16	0,39	0,70	0,56	0,37	0,40	0,45	0,73	0,69	0,42	0,43	0,49	0,37	0,26	0,28	0,34	0,62	0,00	0,00
11	0,82	0,65	0,43	0,31	0,39	0,17	0,36	0,40	0,27	0,33	0,44	0,38	0,17	0,68	1,24	1,21	1,90	1,22	1,32	0,00	0,00	0,97

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anormali

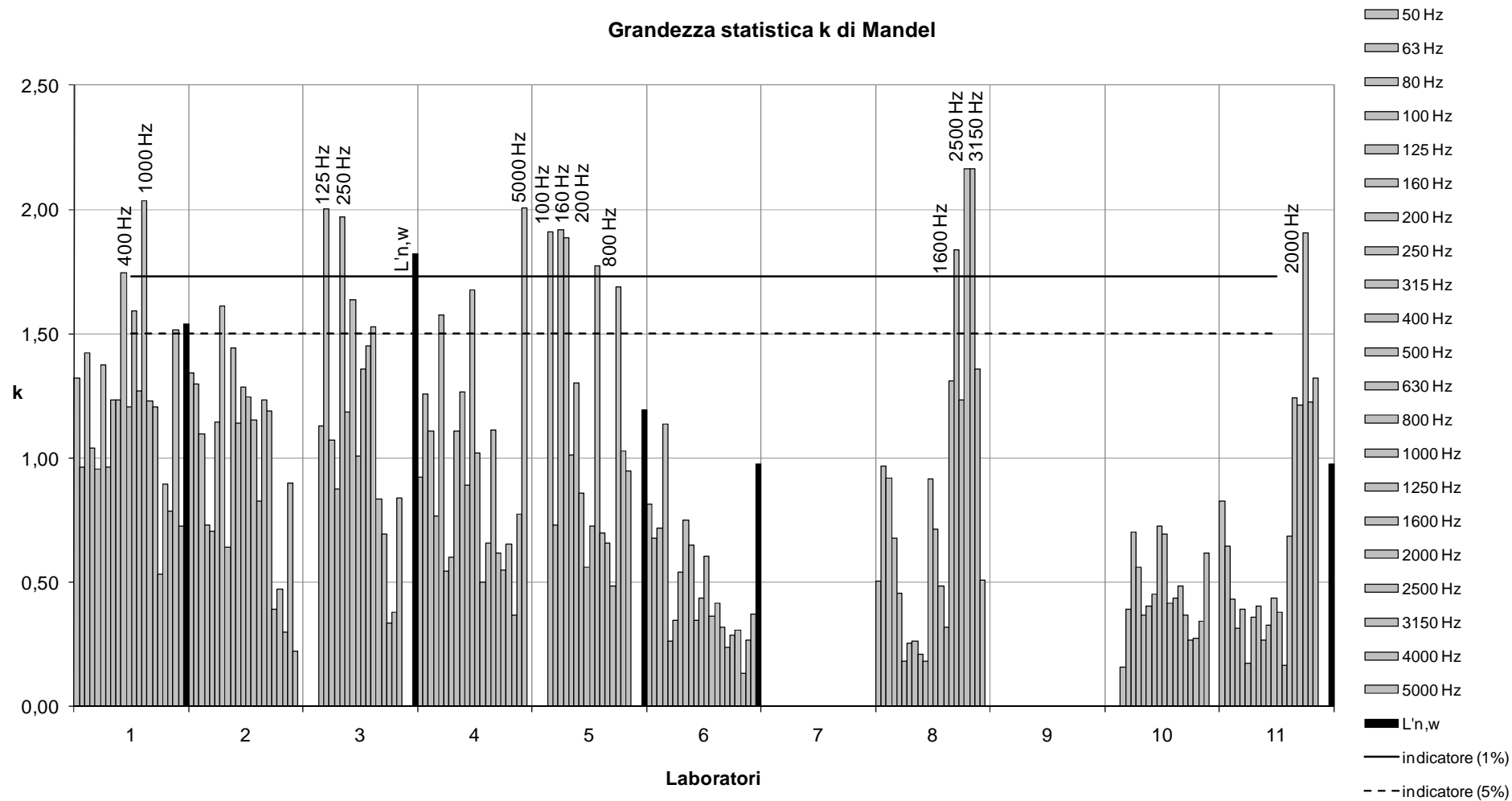


Figura 228- Grafico della grandezza statistica k di coerenza intralaboratorio (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

Nota: per chiarezza grafica in figura sono state riportate solo le linee indicatrici dei valori critici per $p=9$ (caso che si verifica nella maggior parte dei livelli), cioè $k(1\%)=1,73$ e $k(5\%)=1,5$. Nel caso con $p=6$ (che si verifica a 50, 63, 80 e 5000 Hz) risulta invece $k(1\%)=1,68$ e $k(5\%)=1,48$.

Tabella 365 - Calcolo dei valori critici per il test di Cochran, in base al numero di laboratori che ha fornito dei risultati per un dato livello e al numero di ripetizioni della misura nei vari laboratori (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
n° di lab per livello	p_j	6	6	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	5	9
n° di ripetizioni per livello	n_j	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
valore critico al livello 1%	$C_{cr}(1\%)$	0,56	0,56	0,56	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,56	0,63	0,43
valore critico al livello 5%	$C_{cr}(5\%)$	0,48	0,48	0,48	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,48	0,54	0,36

Tabella 366 – Risultati dell'applicazione del test di Cochran sugli scarti massimi, con indicazione del laboratorio che ha prodotto i risultati dispersi e anomali (per il parametro R' , valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

C_j		livello: f [Hz]																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
		0,30	0,28	0,34	0,41	0,44	0,41	0,39	0,43	0,23	0,34	0,31	0,28	0,35	0,46	0,19	0,38	0,40	0,52	0,52	0,38	0,81	0,37
Relativo lab					5	3	5	5	3						1		8	11	8	8		4	3

Nota: in grigio chiaro sono segnate le celle che danno luogo a valori dispersi e in grigio scuro quelle che danno luogo a valori anomali

Tabella 367 – Valori critici per il test di Grubbs, singolo e doppio, applicato alle medie di cella, in funzione del numero di laboratori per livello (per il parametro R' , valutato secondo la norma 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
$p_i =$	6	6	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	5	9
Valore critico test singolo (1%)																						
G_{cr} (1%)	1,97	1,97	1,97	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	1,97	1,76	2,39
Valore critico test singolo (5%)																						
G_{cr} (5%)	1,89	1,89	1,89	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	1,89	1,72	2,22
Valore critico test doppio (1%)																						
G_{cr} (1%)	0,01	0,01	0,01	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,01	0,00	0,09
Valore critico test doppio (5%)																						
G_{cr} (5%)	0,03	0,03	0,03	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,03	0,01	0,15

Tabella 368 – Test di Grubbs singolo applicato al valore maggiore e al valore minore delle medie di cella (parametro R' , secondo la UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

Medie di cella: verifica del valore maggiore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
G_p	0,94	1,13	1,85	1,32	1,62	1,69	1,42	1,24	1,33	1,49	0,82	1,80	1,27	1,21	2,02	2,01	1,50	1,04	1,89	0,54	1,57	1,80

Medie di cella: verifica del valore minore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
G_l	1,70	1,25	0,92	2,20	1,89	1,69	1,04	1,75	1,71	1,40	2,55	1,43	1,70	2,10	1,59	0,97	1,70	2,32	0,98	2,04	1,09	1,15
LAB											8											

Tabella 369 - Test di Grubbs doppio applicato i due valori maggiori e ai due valori minori delle medie di cella (parametro R' , secondo la UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

Medie di cella: verifica dei due valori maggiori																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
G	0,56	0,30	0,12	0,68	0,38	0,29	0,38	0,63	0,57	0,52	0,86	0,25	0,60	0,65	0,30	0,10	0,43	0,78	0,23	0,86	0,09	0,34

Medie di cella: verifica del valore minore																						
livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R'_w
G	0,08	0,22	0,54	0,15	0,44	0,52	0,68	0,28	0,38	0,48	(0,03)	0,57	0,28	0,29	0,54	0,70	0,40	(0,08)	0,73	(0,004)	0,45	0,58

Nota: se non si elimina il valore responsabile del superamento del test di grubbs singolo, non va applicato il test doppio. Non vanno quindi considerati i tre valori anormali del test sui due valori minori.

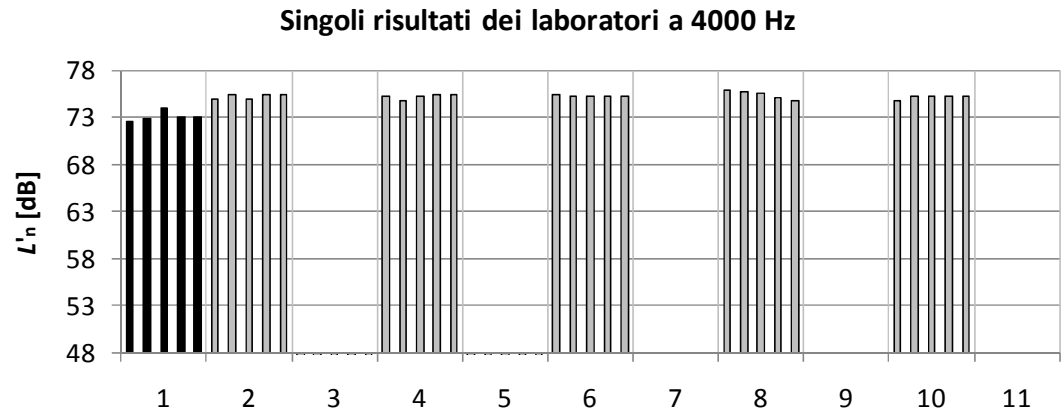
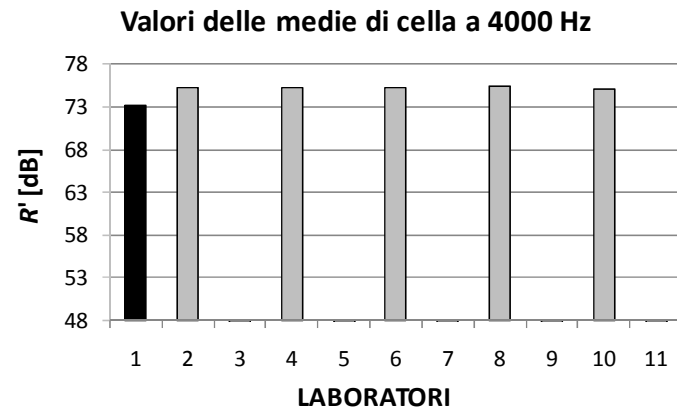
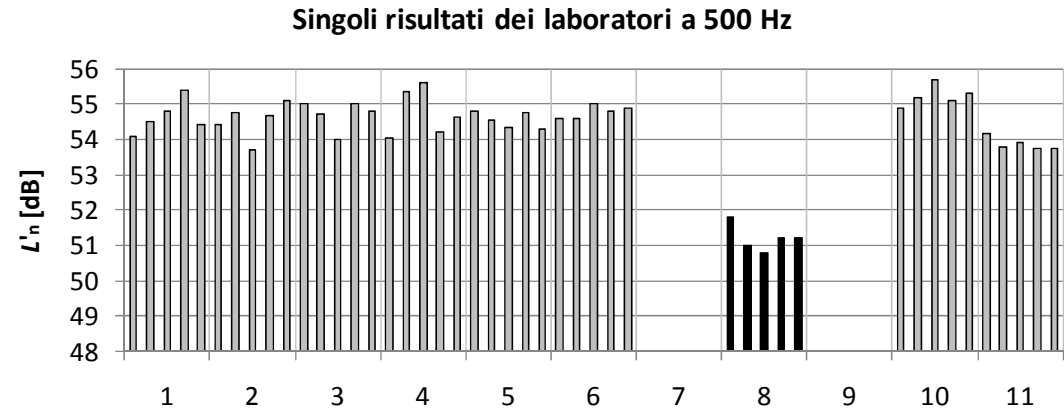
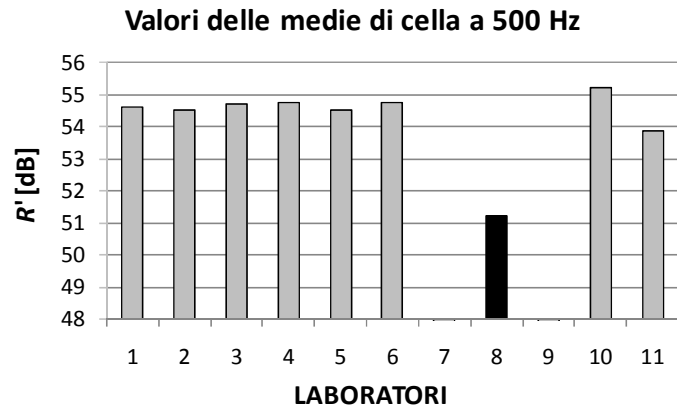


Figura 229 – Analisi grafica delle medie di cella e dei singoli valori, per i livelli in cui il test di Grubbs ha evidenziato dei valori anormali

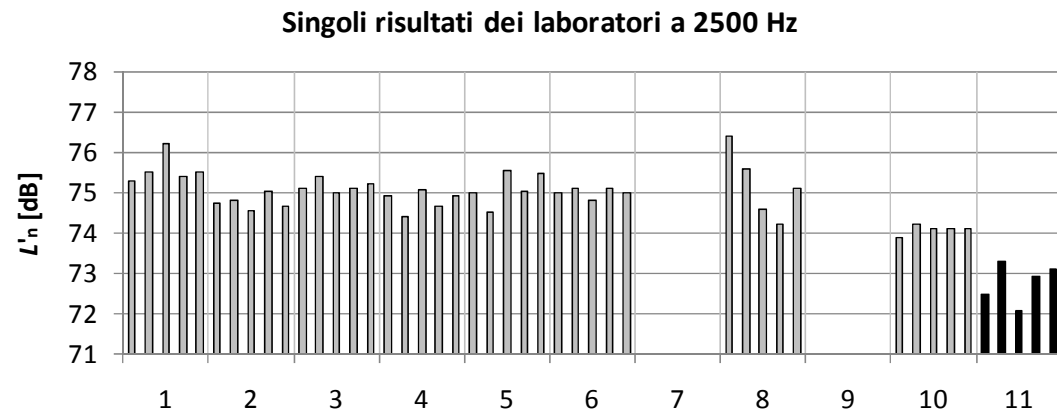
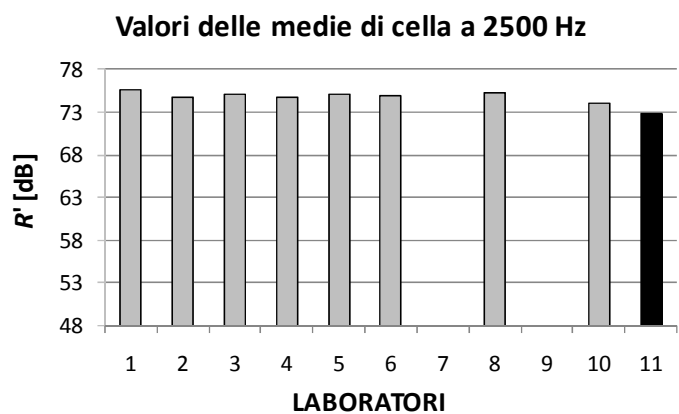


Figura 230– Analisi grafica delle medie di cella e dei singoli valori, per i livelli in cui il test di Grubbs ha evidenziato dei valori dispersi

J.15 Valori di ripetibilità e riproducibilità per il potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 10052

Tabella 370 - Media generale (\bar{y}_j), varianze di ripetibilità (s_{rj}^2), interlaboratorio (s_{Lj}^2) e di riproducibilità (s_{Rj}^2), scarti tipo di ripetibilità (s_{rj}), interlaboratorio (s_{Lj}) e di riproducibilità (s_{Rj}), per il potere fonoisolante (utilizzando la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

Livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
Media generale																						
\bar{y}_j	32,3	32,1	31,6	33,3	34,7	37,1	40,2	44,0	47,2	51,3	54,3	59,0	63,8	67,1	70,4	74,1	77,2	74,7	71,8	74,9	74,4	55,1
Varianze																						
s_{rj}^2	4,60	4,36	1,42	1,97	2,06	2,02	1,53	0,83	1,19	0,69	0,17	0,10	0,10	0,12	0,10	0,26	0,40	0,16	0,11	0,11	0,53	0,21
s_{Lj}^2	31,24	5,92	0,67	6,61	7,25	4,31	2,48	0,74	0,71	0,20	1,40	0,09	0,23	0,09	0,19	0,08	0,54	0,66	0,22	0,75	3,21	0,86
s_{Rj}^2	35,85	10,28	2,09	8,58	9,31	6,33	4,00	1,57	1,90	0,89	1,57	0,20	0,33	0,21	0,28	0,35	0,94	0,82	0,33	0,86	3,74	1,07
Scarti tipo																						
s_{rj}	2,15	2,09	1,19	1,40	1,44	1,42	1,24	0,91	1,09	0,83	0,41	0,32	0,31	0,34	0,31	0,51	0,63	0,40	0,33	0,34	0,73	0,46
s_{Lj}	5,59	2,43	0,82	2,57	2,69	2,08	1,57	0,86	0,84	0,45	1,18	0,31	0,48	0,30	0,43	0,29	0,73	0,82	0,47	0,86	1,79	0,93
s_{Rj}	5,99	3,21	1,44	2,93	3,05	2,52	2,00	1,25	1,38	0,94	1,25	0,45	0,58	0,45	0,53	0,59	0,97	0,91	0,58	0,93	1,93	1,03

Tabella 371 – Valori finali di ripetibilità e riproducibilità per il potere fonoisolante (utilizzando la norma UNI EN ISO 10052) (DOPO LA CORREZIONE DEI DATI DEL LAB.1, L'ELIMINAZIONE DEI LAB.7 E 9 E DI DUE DATI DEL LAB.11)

Livello: f [Hz]																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	L'_{nw}
Ripetibilità																						
..r..	6,01	5,85	3,33	3,93	4,02	3,98	3,46	2,55	3,06	2,33	1,15	0,90	0,87	0,96	0,88	1,43	1,77	1,11	0,93	0,94	2,03	1,29
Riproducibilità																						
R	16,76	8,98	4,04	8,20	8,54	7,05	5,60	3,51	3,86	2,64	3,51	1,25	1,61	1,27	1,49	1,64	2,71	2,54	1,62	2,59	5,41	2,90

Confronto valori di ripetibilità

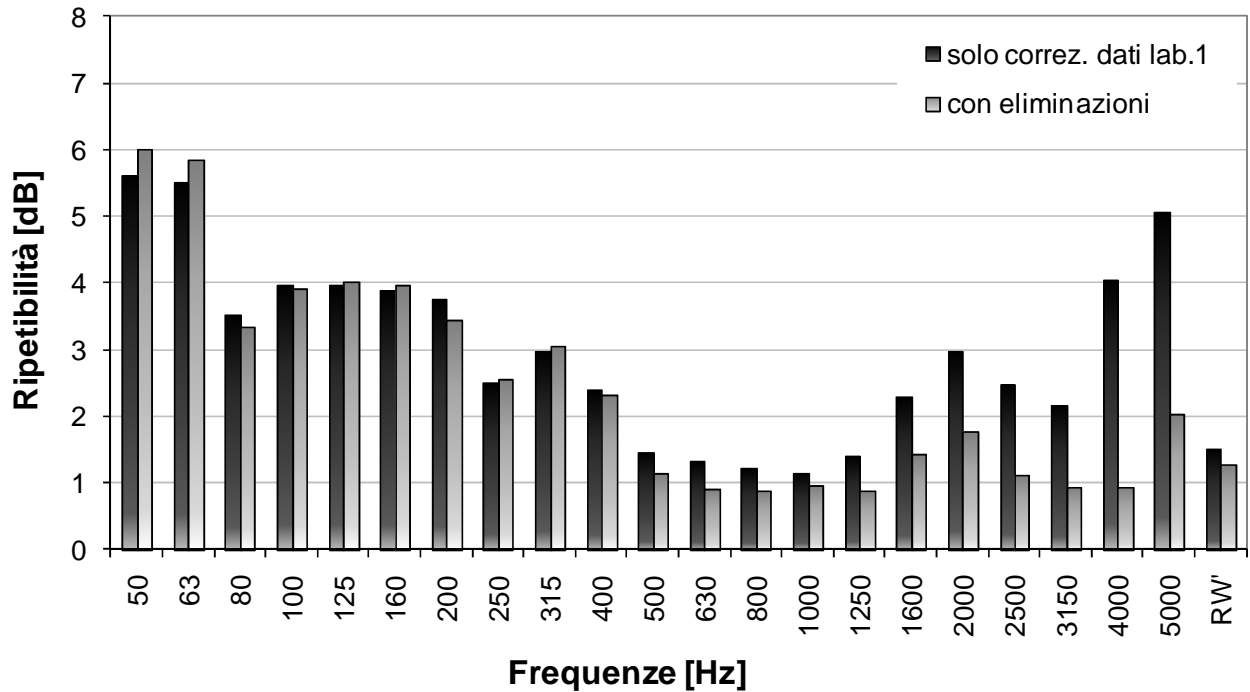


Figura 231 – Confronto dei valori di ripetibilità che si ottengono nel caso del potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 10052, nel caso delle sola correzione dei dati del laboratorio 1 e nel caso in cui si effettuino anche le eliminazioni (lab. 7, lab. 9 e due valori del lab.11)

Confronto valori di riproducibilità

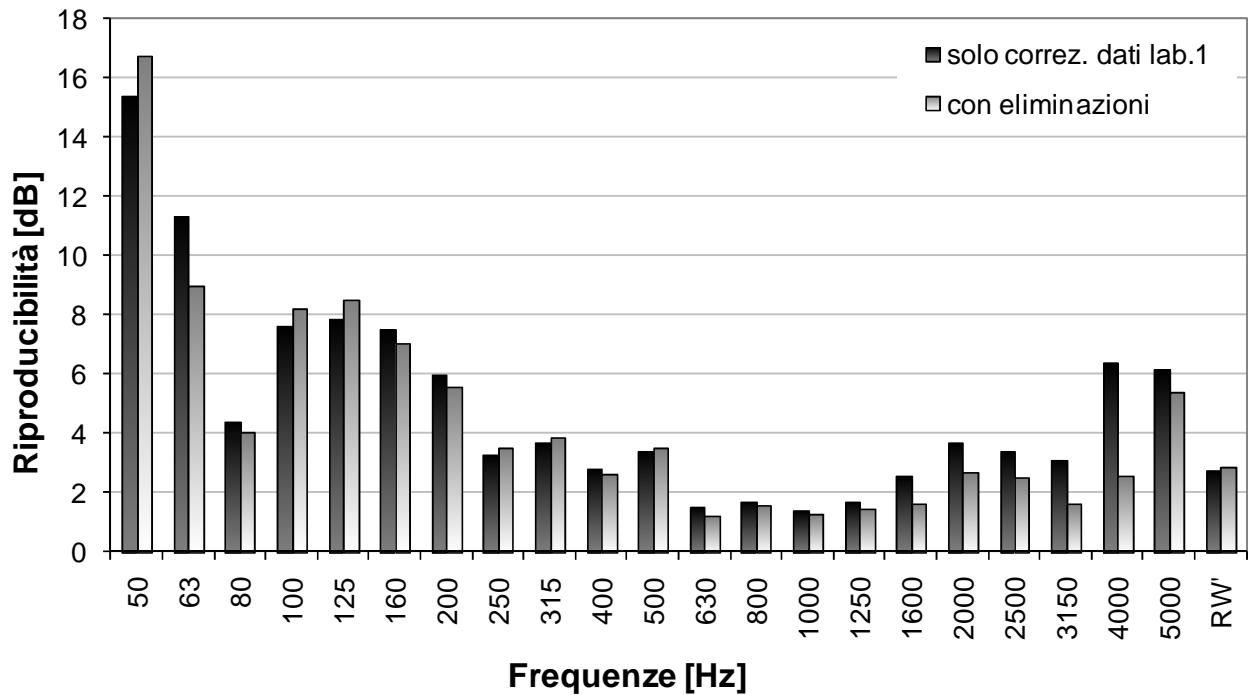


Figura 232 - Confronto dei valori di riproducibilità che si ottengono nel caso del potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 10052, nel caso delle sola correzione dei dati del laboratorio 1 e nel caso in cui si effettuino anche le eliminazioni (lab. 7, lab. 9 e due valori del lab.11)

J.16 Confronto dei valori di precisione per il potere fonoisolante, valutato secondo la norma UNI EN ISO 140-4 e 10052, senza l'eliminazione di alcun dato

Tabella 372 - Valori di ripetibilità e riproducibilità per il potere fonoisolante secondo le norme UNI EN ISO 140-4 e 10052, in entrambi i casi senza l'eliminazione di alcun laboratorio

	Livello: f [Hz]																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	R _w '
r (UNI EN ISO 10052) senza eliminazioni	5,63	5,52	3,53	3,98	3,97	3,89	3,77	2,51	2,99	2,40	1,47	1,34	1,24	1,15	1,40	2,30	2,99	2,47	2,17	4,05	5,07	1,51
R (UNI EN ISO 10052) senza eliminazioni	15,43	11,34	4,43	7,64	7,86	7,50	5,98	3,29	3,71	2,80	3,42	1,51	1,69	1,43	1,69	2,56	3,73	3,40	3,12	6,38	6,16	2,75
r (UNI EN ISO 140-4) senza eliminazioni	5,63	6,53	5,38	3,47	3,54	3,60	3,51	2,11	2,34	2,07	1,57	1,25	1,13	1,04	1,24	2,04	2,90	2,36	2,05	4,01	1,78	1,66
R (UNI EN ISO 140-4) senza eliminazioni	18,33	8,55	5,70	4,52	4,18	7,15	5,35	2,67	2,63	2,42	2,23	1,74	1,92	1,86	2,31	2,75	4,38	3,33	3,82	6,98	3,96	2,09

Nota: nel caso del potere fonoisolante secondo la norma UNI EN ISO 10052, è stata però considerata la correzione dei dati del lab.1.

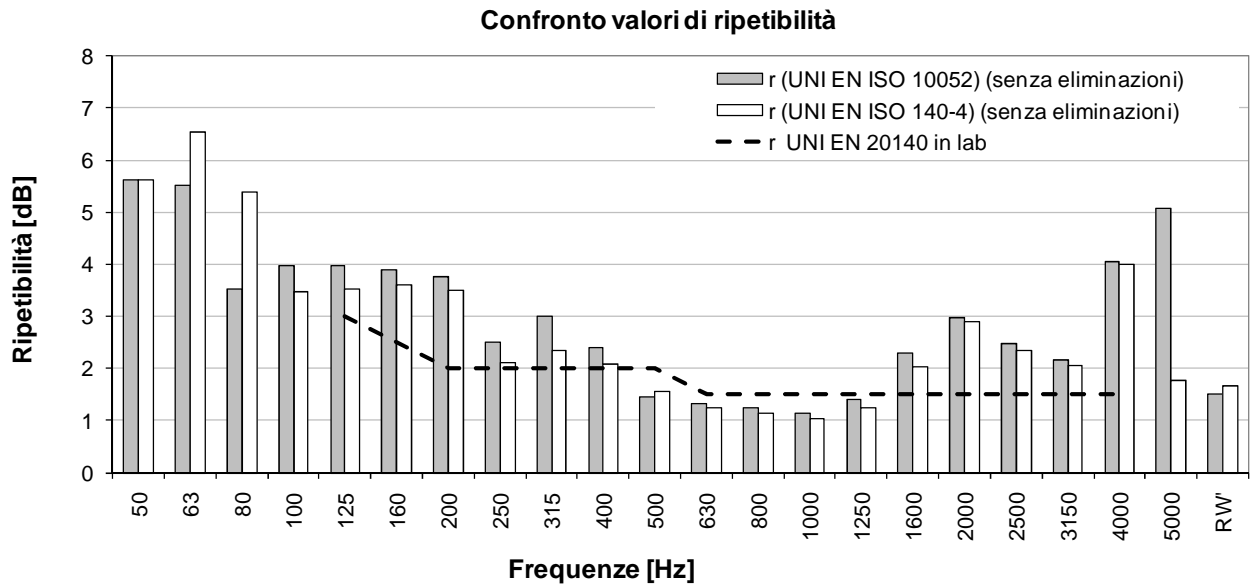


Figura 233 – Confronto valori di ripetibilità per il potere fonoisolante (secondo le norme UNI EN ISO 140-4 e 10052) nel caso in cui non si effettui alcuna eliminazione dei laboratori

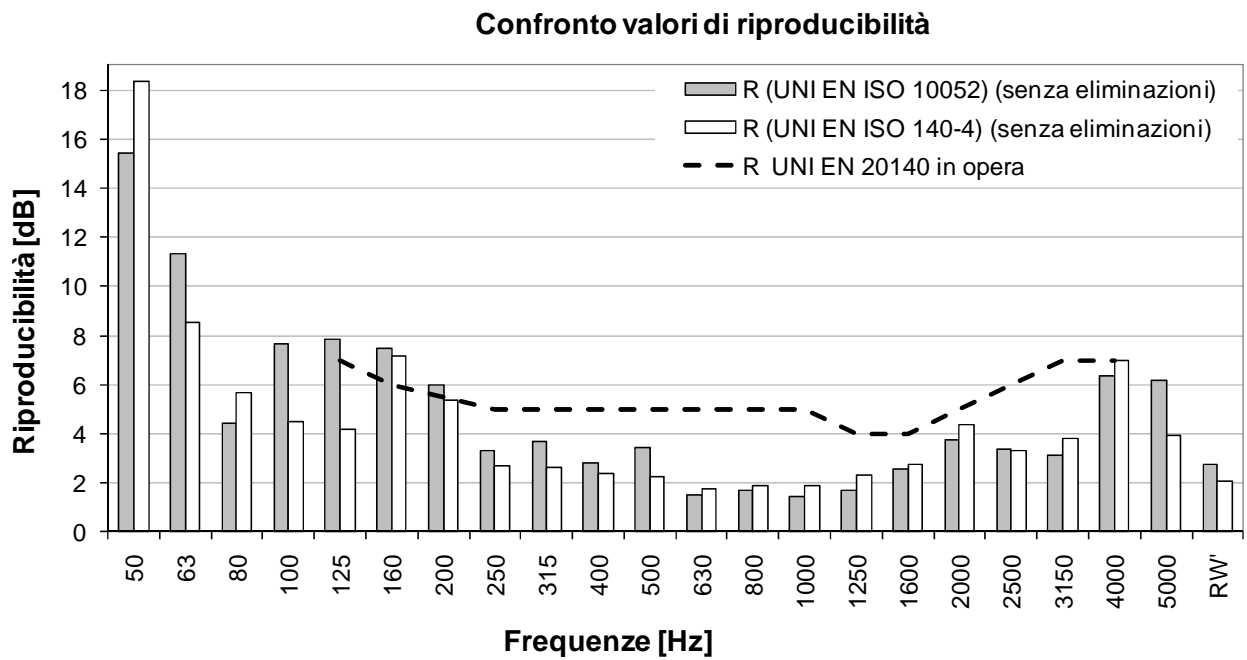


Figura 234 - Confronto valori di riproducibilità per il potere fonoisolante (secondo le norme UNI EN ISO 140-4 e 10052) nel caso in cui non si effettui alcuna eliminazione dei laboratori

Bibliografia

1. D.P.C.M. 5/12/97, "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".
2. UNI 11367, "Classificazione acustica delle unità immobiliari. Procedura di valutazione e verifica in opera".
3. UNI EN ISO 10052: 2010, "Acustica. Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti. Metodo di controllo".
4. UNI EN ISO 16032: 2005, "Acustica. Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici. Metodo tecnico progettuale".
5. "La classificazione acustica degli edifici: esempio applicativo". **Pontarollo, C. M.; Granzotto, N.; Di Bella, A.** Siracusa, 26-28 Maggio 2010 : s.n. Atti del convegno nazionale dell'associazione italiana di acustica.
6. UNI EN ISO 140-4: 2000, "Acustica. Misura dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti".
7. UNI EN ISO 10140-5: 2010, "Acustica. Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio. Parte 5: Requisiti per le apparecchiature e le strutture di prova".
8. UNI EN ISO 140-7: 2000, "Acustica. Misura dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai".
9. "Comparazione tra metodi di misura per la determinazione delle prestazioni acustiche in opera di elementi edilizi". **Di Bella, A., et al.** Siracusa, 26-28 Maggio 2010 : s.n. Atti del convegno nazionale dell'associazione italiana di acustica.
10. "Comparison between manually moving microphone technique and standard method in field measurements, performed according to ISO 140 part 4, 5 and 7". **Pontarollo, C. M., et al.** Ljubljana, 15-18 Sett : s.n. Proceedings EUROREGIO 2010.
11. UNI EN ISO 5725-2: 2004, "Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione, Parte 2: Metodo base per determinare la ripetibilità e la riproducibilità di un metodo di misurazione normalizzato".
12. UNI EN ISO 12345 (tutte le parti) "Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti".
13. UNI EN ISO 140-14: 2004, "Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 14: Linee guida per situazioni particolari in opera".
14. "Variabilità dei risultati delle misurazioni di collaudo in opera". **Fausti, P. e Cremonini, R.** Ferrara, 11-12 Marzo 2009 : s.n. Atti Convention Nazionale del Gruppo di Acustica Edilizia.
15. "Variability of results in acoustic measurements in buildings". **Fausti, P. e Cremonini, R.** Edinburgh, 26 – 27 October 2009 : s.n. Proceedings of Euronoise 2009.
16. UNI EN ISO 140-1: 2006, "Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 1: Requisiti per le attrezzature di laboratorio con soppressione della trasmissione laterale. (Norma attualmente ritirata).

17. *"Using Round Robin Test for the Accreditation of Laboratories in the Field of Building Acoustics in Germany"*. **Wieland, Weise e Volker, Wittstock**. 2005, Building Acoustics, p. Vol. 12, No 3, pp.189-206.
18. *"An empirical study of the effects of occupied test rooms and a moving microphone when measuring Airborne Sound Insulation"*. **Critchley, I. C. e Dunbavin, P. R.** April 2008 : s.n. Proceedings of the IOA Spring Conference.
19. *"Sound Insulation measurements in buildings"*. **Hall, R.** Edinburgh, 26 – 27 October 2009 : s.n. Proceedings of Euronoise 2009.
20. UNI EN ISO 717-1: 2007, "Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea".
21. UNI EN ISO 717-2: 2007, "Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento del rumore di calpestio".
22. UNI EN 20140-2: 1994, "Acustica. Misura dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Determinazione, verifica e applicazione della precisione dei dati".
23. *"Round Robin on uncertainty in sound insulation measurements"*. **Critchley, I. C., et al.** April 2007 : s.n. Proceedings of the IOA Spring Conference.
24. *"An examination of some aspects of the use of ISO 140 Part 4 and 7 in field measurements"*. **Dunbavin, P.** Edinburgh, 26 – 27 October 2009 : s.n. Proceedings of Euronoise 2009.
25. *"Repeatability and reproducibility of field measurements in buildings"*. **Scamoni, F., et al.** Edinburgh, 26 – 27 October 2009 : s.n. Proceedings of Euronoise 2009.
26. *"Round Robin Test per la valutazione dell'incertezza delle misurazioni in opera delle prestazioni acustiche di edifici"*. **Scamoni, F., et al.** Torino, 10 – 12 Giugno 2009 : s.n. Atti del 36° Convegno Nazionale dell'Associazione di Acustica.
27. *"A Round Robin Test on Sound Insulation in Buildings"*. **Lang, J.** 1997, Applied Acoustics, p. Vol. 52, No. 3/4, pp. 225-238.
28. **Simmons, C.** *"Reproducibility of measurements with ISO 140 and calculation with EN 12354"*. Norden, Nordic Innovation Center – TN technical report 603/2005 : s.n.
29. *"Reproducibility in interlaboratory impact sound insulation measurements"*. **Carvalho.** Vienna, 2 -6 July 2006 : s.n. Proceedings of Thirteen International Congress on Sound and Vibration.
30. *"Interlaboratory comparison of the on site measurements of the airborne sound insulation"*. **Prezelj, J. e Cudina, M.** Ljubljana, 13 – 15 September 2010 : s.n. Proceedings of 1st EAA Euroregio 2010.
31. UNI EN ISO 140-5: 2000, "Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate".
32. UNI EN ISO 5725-1: 2004, "Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione, Parte 1: Principi generali e definizioni".

33. ISO/WD 140-2: 2008-05-14, "Acoustics. Measurements of sound insulation in buildings and of buildings elements. Part 2: Determination and application of uncertainties".
34. ISO/TR 22971:2005, "Accuracy (trueness and precision) of measurements methods and results. Practical guidance for the use of ISO 5725-2:1994 in designing, implementing and statistically analyzing interlaboratory repeatability and reproducibility results".
35. ISO/TS 21748:2004, "Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation" .
36. "Interpretation of uncertainties in acoustic measurements in buildings". **Gerretsen, E.** Le Mans, 27 – 28 June 2005 : s.n. Proceedings of Symposium dB.
37. "Espressione dell'incertezza in acustica applicata: stato dell'arte e prospettive". **Garai, M.** Torino, 10 – 12 Giugno 2009 : s.n. Atti del 36° Convegno Nazionale dell'Associazione di Acustica.
38. "Prove interlaboratorio per la determinazione dei valori di ripetibilità e riproducibilità nella misura del potere fono isolante". **Farina, A., et al.** Trento, 12 – 14 Giugno 1996 : s.n. Atti del XXIV Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica.
39. "La dichiarazione dell'incertezza nella determinazione del potere fono isolante e riflessi nella stima dell'isolamento acustico in opera". **Pisani, R., Onali, P. e Devecchi, C.** Torino, 10 – 12 Giugno 2009 : s.n. Atti del 36° Convegno Nazionale dell'Associazione di Acustica.
40. "Uncertainty evaluation in field measurements of airborne sound insulation". **Michalski, R.L.X.N., et al.** Paris, June 29- July 4 2008 : s.n. Proceedings of Acoustics 08.
41. "La variabilità dei risultati delle misure in opera dei requisiti acustici passivi". **Fausti, P. e Secchi, S.** Ancona, 22 Settembre 2008 : s.n. Strumenti e metodi di misura per l'acustica e le vibrazioni.
42. "Field measurement of airborne sound insulation between rooms with non-diffuse sound fields at low frequencies". **Hopkins, C. e Turner, P.** 2005, Applied Acoustics, Vol. 66, pp. 1339–1382.
43. "Ripetibilità e riproducibilità di misure in opera ai fini della classificazione acustica degli edifici". **Pontarollo, C. M.** Siracusa, 26-28 Maggio 2010 : s.n. Atti del convegno nazionale dell'associazione italiana di acustica.
44. "Applicazione della classificazione acustica in un progetto di riqualificazione urbana". **Pontarollo, C. M., Ruggeri, P. e Granzotto, N.** Firenze 13 dicembre 2010 : s.n. Atti della 2°Convention Nazionale del Gruppo di Acustica Edilizia.
45. "Valutazione della rumorosità degli impianti a funzionamento discontinuo secondo la norma UNI 11367". **Pontarollo, C. M. e Luison, L.** Firenze 13 dicembre 2010 : s.n. Atti della 2°Convention Nazionale del Gruppo di Acustica Edilizia.