

CRITERI SEMPLIFICATI DI CAMPIONAMENTO PER LE MISURE IN EDIFICI A CARATTERE NON SERIALE

Renzo Cremonini (1), Patrizio Fausti (1), Simone Secchi (2)

1) Dipartimento di Ingegneria, Università di Ferrara

2) Dipartimento di Tecnologie dell'Architettura e Design "Pierluigi Spadolini",
Università degli Studi di Firenze

1. Introduzione

In caso di edifici con tipologia seriale, cioè con elementi tecnici che si ripetono uguali secondo schemi che dipendono da caratteristiche distributive, organizzative e funzionali degli ambienti delle unità immobiliari, la norma UNI 11367 [1] prevede, alle appendici G ed H, la possibilità di adottare criteri di campionamento, per ciascun requisito acustico, al fine di ridurre il numero di prove. Tale campionamento si basa sull'individuazione di insiemi omogenei di elementi da cui ricavare le prestazioni acustiche rappresentative dell'intero gruppo ed estendibili a tutti gli elementi tecnici con le stesse caratteristiche, adottando un'apposita incertezza di campionamento.

In caso di sistemi edilizi non seriali, caratterizzati da un insieme di unità immobiliari con elementi tecnici che non si ripetono in maniera frequente, l'applicazione della tecnica di campionamento indicata dalla norma UNI 11367, per tutti o solo alcuni dei requisiti acustici, non risulta idonea per limitare adeguatamente il numero di prove, rendendo molto onerosa la procedura per la classificazione acustica delle unità immobiliari e quindi poco applicabile la UNI 11367 stessa. Infatti, considerando i sistemi edilizi più frequenti (residenziali e non), si hanno solitamente tipologie con un ridotto numero di elementi tecnici omogenei e quindi con un elevato numero di gruppi; il numero di misure rimane pertanto elevato in relazione al sistema edilizio da classificare. In queste situazioni, peraltro, anche l'approccio statistico alla base del calcolo dell'incertezza di campionamento risulta poco attendibile.

I criteri di seguito riportati sono quindi di supporto ai tecnici che, come indicato al punto 6.2 della norma UNI 11367, decidono di derogare dall'esecuzione delle prove su tutte le tipologie misurabili all'interno della singola unità immobiliare residenziale o dalla procedura di campionamento prevista alle appendici G e H della UNI 11367.

Nella memoria sono riportate le indicazioni che saranno oggetto di discussione all'interno del gruppo di lavoro 5 della sottocommissione 1 (acustica edilizia) dell'UNI incaricato di redigere il rapporto tecnico relativo all'applicazione della UNI 11367 ad edifici non seriali.

Il metodo suggerito potrebbe quindi essere utilizzato sui seguenti ambiti:

- 1) sistemi edilizi non seriali costituiti da più U.I., per i quali si vuole classificare una o più U.I. che siano rappresentative del sistema edilizio, con l'eventuale intento di estendere il valore della classe ottenuta anche alle altre U.I. del sistema edilizio stesso (ambito tipicamente riferibile a sistemi edilizi di nuova realizzazione);
- 2) sistemi edilizi non seriali costituiti da più U.I., per i quali si vuole classificare l'intero sistema edilizio attraverso la selezione di un certo numero di elementi tecnici da misurare, basandosi su un criterio "progressivamente cautelativo" (ambito riferibile sia a sistemi edilizi nuovi che esistenti).

Le indicazioni riportano i criteri di selezione degli elementi tecnici da misurare e suggerimenti per il numero minimo di prove da eseguire, per ciascun requisito acustico.

2. Criterio di selezione delle unità immobiliari

Il metodo si fonda sull'individuazione di due o più unità immobiliari nel complesso edilizio oggetto di valutazione. Di queste unità immobiliari, individuate sulla base dei criteri di seguito descritti, dovrebbero essere misurati i parametri acustici descrittivi della classificazione acustica per tutti gli elementi tecnici ritenuti rilevanti ai fini della classificazione.

In considerazione del fatto che:

- le unità immobiliari vengono scelte dal tecnico esecutore delle misure in accordo con l'impresa e/o il direttore lavori sulla base delle indicazioni di seguito descritte;
- per ogni unità vengono misurate le prestazioni di tutti gli elementi tecnici (pareti, solai, facciate ed impianti);
- il tecnico esecutore delle misurazioni certifica la classificazione acustica delle unità immobiliari individuate sulla base della metodologia descritta dalla norma UNI 11367, senza procedere al campionamento sui singoli elementi tecnici;
- l'eventuale estensione della classificazione acustica determinata dal tecnico che esegue le misure alle altre unità immobiliari del complesso edilizio è responsabilità dell'impresa e/o della direzione lavori;

si ritiene che:

- l'incertezza di campionamento legata all'applicazione di questo metodo alle singole unità immobiliari sia trascurabile;
- la classificazione acustica ottenuta per le unità immobiliari oggetto di misurazione sia rappresentativa di quella delle altre unità immobiliari, salvo differenze esecutive o progettuali.

Il numero ed il tipo di unità immobiliari da selezionare ai fini della loro classificazione acustica sono scelti in accordo tra tecnico esecutore delle misurazioni ed impresa e/o direzione lavori secondo i criteri di maggiore criticità e rappresentatività delle unità selezionate di seguito descritti.

In generale si dovrebbe selezionare un numero di unità immobiliari pari almeno a due e comunque relazionato al numero complessivo di unità immobiliari contenute nel complesso edilizio. L'eventuale indicazione della percentuale minima di unità immobiliare da selezionare all'interno del complesso edilizio potrà essere oggetto di discussione all'interno del gruppo di lavoro UNI.

Le indicazioni di seguito riportate si riferiscono al caso in cui tutte le unità immobiliari siano realizzate con la medesima tecnologia costruttiva e le stesse tipologie di elementi tecnici. Nel caso in cui alcune unità immobiliari siano realizzate con tipologie costruttive differenti o con differenti tipi di elementi tecnici (per esempio solai in cemento armato invece che in laterocemento) le stesse dovranno essere oggetto di ulteriori specifiche misurazioni.

I criteri di classificazione descritti fanno riferimento alle tipologie più diffuse per l'edilizia residenziale.

2.1 Tipologie edilizie in linea ed a torre

Le tipologie edilizie in linea sono quelle composte da unità immobiliari con locali distribuiti su un solo piano all'interno di edifici multipiano e con accesso da vani scala comuni (figure 1 e 2).

Le tipologie edilizie a torre sono quelle composte da unità immobiliari distribuite su più piani e servite normalmente da un unico vano distributivo verticale posto al centro della torre.

Per queste tipologie edilizie si dovrebbe selezionare almeno un'unità immobiliare posta al piano terra ed una ad un piano tipo. Infatti, le unità poste al piano terra sono spesso quelle più sfavorite per l'isolamento acustico di facciata, dal momento che non fruiscono della funzione di schermo fornita da eventuali davanzali di balconi o logge, mentre possono essere penalizzate dalla riflessione acustica generata dall'intradosso di eventuali balconi aggettanti posti ai piani superiori. Inoltre, le unità poste al piano terra sono generalmente quelle maggiormente esposte al rumore proveniente dall'esterno (rumore da traffico). A questo riguardo si deve comunque ricordare che le caratteristiche del contesto (come l'esposizione al rumore esterno) non influenzano la classificazione acustica dell'unità immobiliare che invece si fonda sulle caratteristiche intrinseche dei vari elementi tecnici misurati.

La selezione del campione dovrebbe inoltre escludere le unità immobiliari poste in corrispondenza dei giunti di separazione strutturale poiché in questo caso la trasmissione dei rumori aerei per via diretta e per via laterale tra unità adiacenti separate dal giunto di disaccoppiamento strutturale risulta fortemente ridotta.

Come ulteriore criterio di scelta, nel caso di edifici in linea, potrebbe essere scelta un'unità di testata ed una intermedia.

Nel caso di diversa distribuzione dei locali interni delle singole unità immobiliari, dovrebbero essere selezionate quelle unità che hanno un maggior numero di ambienti acusticamente verificabili. Ad esempio, se due unità confinano attraverso locali adibiti a servizio igienico, che non siano acusticamente verificabili, ed altre due attraverso locali soggiorno (acusticamente verificabili) è preferibile selezionare una di queste ultime due come unità campione.

Nel caso di cavedi impiantistici e vani ascensore che interessano solo alcune unità immobiliari, è preferibile selezionare queste ultime.

2.2 Tipologie edilizie a schiera ed a ballatoio

Le tipologie edilizie a schiera sono quelle composte da unità immobiliari del tipo "terra – tetto" confinanti tra loro attraverso le pareti laterali (figura 3).

Le tipologie edilizie a ballatoio sono quelle disposte su più piani e con accesso ai vari piani da un ballatoio comune.

Per queste tipologie edilizie deve essere selezionata almeno un'unità di testata ed un'unità intermedia, escludendo le unità immobiliari eventualmente poste in corrispondenza dei giunti di separazione strutturale.

Per le tipologie a ballatoio, come ulteriore criterio di scelta, in analogia con le tipologie in linea ed a torre, potrebbero essere selezionate almeno un'unità a piano terra ed una ad un piano intermedio.

Valgono inoltre le indicazioni riferite alle tipologie in linea laddove applicabili (presenza di cavedi impiantistici, ascensori etc.).



Figura 1 – Esempio di edificio in linea rappresentato in sezione, con individuazione dell’unità al piano terra e di una ad un piano tipo.

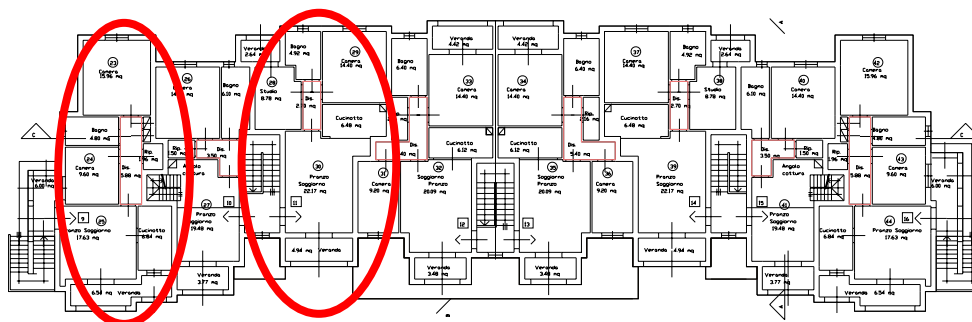


Figura 2 – Esempio di edificio in linea rappresentato in pianta ad un piano tipo; si nota un giunto di separazione strutturale a metà dell’estensione: si seleziona un ambiente di testata ed uno intermedio non in corrispondenza del giunto di separazione strutturale.

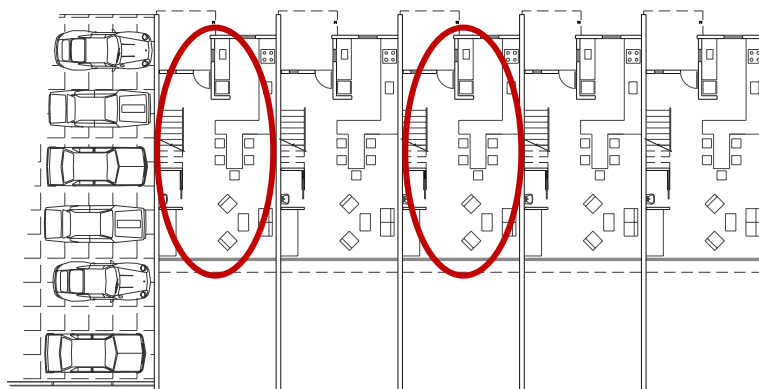


Figura 3 – Esempio di edificio a schiera con individuazione di due unità immobiliari campione.

2.3 Criteri particolari di selezione del campione

Per la selezione delle unità immobiliari più critiche da sottoporre a prova, oltre ai criteri descritti per ogni tipologia edilizia, valgono le indicazioni riportate al successivo paragrafo 3; potranno cioè essere individuate quelle unità immobiliari per le quali si verifica una maggiore ricorrenza delle criticità riferite ai singoli elementi tecnici. Ad esempio, potranno essere selezionate quelle unità immobiliari con maggior numero di pavimenti in ceramica (invece che in parquet) o con maggior numero di porte finestre (invece che finestre).

3. Criterio di selezione degli elementi tecnici più critici

Questo criterio si applica nel caso di sistemi edilizi non seriali, per i quali si vuole classificare l'intero insieme di unità immobiliari, ed è basato su un criterio "progressivamente cautelativo" di selezione di un certo numero di elementi tecnici da misurare.

La scelta di un numero ridotto di elementi tecnici da misurare dovrebbe essere effettuata in maniera cautelativa per l'utente, privilegiando cioè le situazioni che si ritengono più critiche. Operando in questa maniera si riducono gli oneri per l'esecuzione della classificazione acustica ma si ottiene un risultato cautelativo che tutela maggiormente l'utente. Viceversa, all'aumentare del numero di prove con situazioni progressivamente meno critiche, aumenta di pari passo l'onere per l'esecuzione della classificazione acustica ma si ottiene un risultato che si avvicina sempre di più a quello effettivo ottenibile misurando tutti gli elementi tecnici misurabili.

La selezione del campione può essere effettuata sulla base dei criteri di seguito specificati per ciascun requisito.

Riguardo all'**isolamento acustico di facciata**, l'elemento debole risulta essere normalmente il serramento, per cui si scelgono le facciate che hanno maggiori criticità sui serramenti secondo questo ordine: maggior numero di ante, tipologia di serramento (solitamente è più critica la porta di ingresso e/o la portafinestra rispetto alla finestra), superficie finestrata più grande. In presenza di tipologie con e senza cassonetto, scegliere prima quelle con cassonetto. In presenza di tipologie con diverso numero di guarnizioni, si scelgono prima quelle con minor numero di guarnizioni. Analogamente, in presenza di tipologie con diverse stratigrafie della parte trasparente, scegliere prima la stratigrafia più debole. Per gli ambienti che hanno più di una parete esposta verso l'esterno, si eseguirà la prova inizialmente soltanto nella parete finestrata più critica secondo i criteri sopra elencati. Per i sottotetti abitabili, si eseguirà la misurazione della relativa porzione di tetto soltanto per quegli edifici situati nelle aree di influenza degli aeroporti. In presenza di tipologie con o senza balconi e logge, scegliere prima le facciate senza balconi, poi quelle con logge (le riflessioni tendono ad aumentare il livello in facciata), quelle con balconi e parapetto trasparente, quelle con balconi e parapetto opaco. In presenza di ambienti distribuiti in maniera diversa, scegliere prima quelli con una maggiore superficie di facciata e minor volume, rispetto a quelli con minore superficie di facciata e maggior volume.

Per quanto concerne l'**isolamento al rumore aereo** di partizioni interne verticali, a parità di tipologia di parete, la scelta dovrebbe ricadere sulla situazione più critica secondo questo ordine: pareti attraversate da solaio in continuo senza la presenza della trave rompitratta (in questo caso privilegiare le situazioni in cui l'orditura delle pignatte del solaio è perpendicolare alla parete), pareti divisorie tra due ambienti abitabili di due U.I. confinanti lateralmente con ambienti accessori di uso collettivo, presenza di ambienti messi in comunicazione da impianti tecnologici (cappe di aspirazione adiacenti, scatole di impianti elettrici contrapposte e collegate, etc..), pareti poste in ambienti sot-

totetto abitabili (il giunto parete-copertura è un punto debole), pareti parzialmente o completamente attraversate da elementi di impianto, presenza di pareti laterali leggere o giunti critici, pareti divisorie con angoli o variazioni di spessore. Se il sistema edilizio presenta diverse tipologie di pareti, fatto salvo l'ordine di criticità sopra riportato, si devono privilegiare quelle che hanno riconosciute prestazioni inferiori (certificate in laboratorio o note per precedenti collaudi in opera o calcoli previsionali). In alternativa, a parità di prestazioni certificate o dichiarate, si devono scegliere prima quelle più sensibili alla posa in opera (tipicamente le pareti doppie rispetto alle pareti monostrato).

In riferimento all'**isolamento al rumore aereo** di partizioni orizzontali, scegliere coppie di ambienti in cui sia presente almeno una camera da letto e un ambiente da cui ci si aspetta il maggior rumore (soggiorni, altre camere da letto, cucine, negozi, etc). Privilegiare la scelta verso ambienti sovrapposti disposti in adiacenza a vani ascensore, vani scale, etc.

L'ordine di criticità relativo al **rumore di calpestio**, nel caso di un sistema edilizio avente un unico pacchetto di solaio, incluso stessa pavimentazione e stesso battiscopa, dovrebbe essere il seguente: presenza di portafinestra nell'ambiente sorgente, presenza di porta di ingresso nell'ambiente sorgente, ambiente sorgente irregolare, presenza di cavedi passanti, adiacenza con vani scale e vani ascensori, ambienti sorgente e ricevente perfettamente sovrapposti, adiacenza tra camere da letto e ambienti più rumorosi (negozi, soggiorni, cucine etc). Nel caso di sistema edilizio con lo stesso pacchetto di solaio ma pavimentazioni e battiscopa differenti, fermo restando l'ordine di criticità sopra elencato, all'aumentare del numero di prove seguire questo ulteriore criterio di scelta: pavimentazione in ceramica e battiscopa in ceramica, pavimentazione in ceramica e battiscopa in legno, pavimentazione in parquet e battiscopa in legno.

Le indicazioni utili per il **rumore degli impianti a ciclo discontinuo**, potrebbero essere quelle già riportate in appendice D della normativa, oppure si potrebbero selezionare le prove secondo questo ordine: scegliere come sorgente per il quale ci si aspetta il massimo della rumorosità (potrebbe essere anche quello immediatamente superiore oppure quello adiacente). Per edifici multipiano le verifiche vanno eseguite su un minimo di due ambienti sovrastanti. Nel caso di ambienti adiacenti con WC e cassetta collegati alla parete divisoria, è più critica la situazione con parete monoblocco piuttosto che parete doppia, o con cassetta annegata nella parete divisoria piuttosto che cassetta svincolata.

Infine in merito al **rumore degli impianti a ciclo continuo**, si rimanda la valutazione delle situazioni più critiche in sede di discussione all'interno del gruppo di lavoro.

Per ogni requisito si deve inoltre definire un numero minimo di misurazioni che sia compatibile con il numero di elementi tecnici presenti.

Solitamente il maggior numero di elementi tecnici da misurare è riferito all'isolamento di facciata e al livello di calpestio; per questi due requisiti si propone quindi un numero minimo corrispondente al 20 % del totale degli elementi tecnici misurabili nell'intero sistema edilizio.

Per quanto riguarda il potere fonoisolante apparente di pareti verticali tra distinte unità immobiliari, il numero di elementi tecnici misurabili è più limitato, per cui si propone un minimo del 30 % di misurazioni. Per il potere fonoisolante apparente di partizioni orizzontali (solai), essendo la variabilità dei risultati solitamente molto inferiore rispetto a tutti gli altri requisiti, si propone un numero minimo di misurazioni corrispondente al 10% degli elementi tecnici misurabili.

Infine in merito al rumore degli impianti a ciclo discontinuo si propone un numero minimo di misure pari al 30%, in considerazione del numero di elementi tecnici limitato ma dell'elevata variabilità dei risultati.

Una volta disposti tutti gli elementi tecnici secondo una scala di criticità e individuato il numero minimo di misure, si pone la questione di come selezionare gli elementi tecnici effettivamente da misurare. Va inoltre fatta la scelta sulla convenienza o meno di incrementare il numero di misurazioni rispetto al minimo. Per questi ultimi due aspetti non sono stati ancora valutati dei criteri.

3.1 Esempio di applicazione del criterio di classificazione per elementi tecnici più critici

E' stato considerato un sistema edilizio composto da 24 U.I. e disposto su 5 piani (figura 4), con caratteristiche che possono essere ricondotte ad un edificio non seriale.

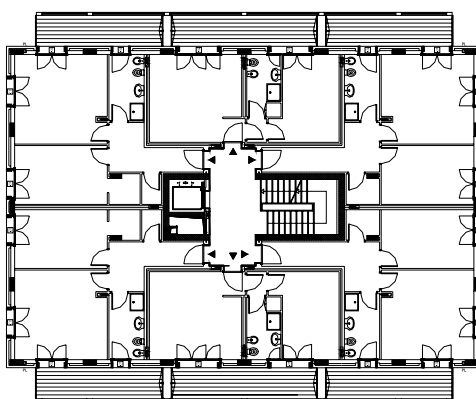


Figura 4 – Piano primo dell'edificio in questione

Il numero di elementi su cui si dovrebbero effettuare le misurazioni applicando il criterio in questione è riportato nella tabella seguente, confrontato con il numero totale di elementi tecnici misurabili e con gli elementi tecnici che si sarebbero considerati applicando la procedura di campionamento per edifici seriali: si può notare che il criterio proposto comporta un notevole decremento del numero totale di prove rispetto alla procedura di campionamento (da 128 a 56), specialmente per l'isolamento al rumore aereo di solai e per il rumore degli impianti.

Tabella 1 – Confronto tra il numero di elementi tecnici misurabili applicando le diverse procedure di classificazione

| Requisiti | $D_{2m,nT}$ | R' pareti | R' solai | L'_n | L_{id} | TOTALE |
|---|-------------|-----------|----------|--------|----------|--------|
| Num. elementi misurabili | 76 | 16 | 68 | 56 | 60 | 276 |
| Num. elementi da misurare con procedura di campionamento | 21 | 9 | 36 | 26 | 36 | 128 |
| Num. minimo di elementi da misurare con criterio proposto | 15 | 5 | 7 | 11 | 18 | 56 |

Nel sistema edilizio considerato sono state effettuate circa il 70 % delle prove di isolamento di facciata, tutte le prove di isolamento al rumore aereo di pareti, e circa il 70 % delle prove di calpestio. Le prove sui restanti requisiti (isolamento al rumore aereo di

solai e rumore degli impianti) sono state in numero largamente inferiore e per questo motivo non sono state prese in considerazione nell'esempio.

Il primo passo è stato l'individuazione, per ogni requisito, di tutti gli elementi tecnici misurabili dell'intero sistema edilizio e la successiva disposizione degli stessi secondo l'ordine di criticità esposto nel paragrafo precedente. L'obiettivo dell'esempio è stato quello di verificare che l'aumento progressivo degli elementi tecnici considerati, scelti partendo dai più critici, comportasse un progressivo miglioramento nella determinazione dei risultati e della classe acustica per ciascun requisito.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati di tale valutazione, con indicata la scala di criticità, il numero di elementi tecnici misurati, la media energetica dell'indice di valutazione relativa ad ogni gruppo di criticità e il rispettivo range di risultati, la media energetica progressiva e la classe acustica progressiva (calcolate aggiungendo via via i risultati ottenuti con i gruppi di criticità precedenti).

I risultati relativi all'isolamento acustico di facciata hanno evidenziato che il miglioramento ha interessato solamente il passaggio tra il primo e il secondo gruppo di criticità, passando dalle prove su facciate con portefinestre a tre ante a prove su facciate con due portefinestre. Per il resto l'aumento del numero di elementi tecnici considerati non ha portato un miglioramento progressivo della prestazione. Si deve considerare che nell'esempio utilizzato le differenze tra i vari gruppi di elementi tecnici non sono consistenti e quindi ha prevalso l'effetto della regolazione dei serramenti che nel cantiere in oggetto era stata effettuata in maniera approssimativa prima dell'esecuzione delle misurazioni.

Riguardo all'isolamento al rumore aereo delle pareti verticali, è stato rilevato un effettivo miglioramento delle prestazioni passando dalle situazioni considerate a priori più critiche a situazioni sempre meno critiche. Tale miglioramento ha comportato anche un salto di classe, passando dalla classe IV alla classe III, avvicinandosi alla classe II.

In merito al livello di calpestio è stato riscontrato un progressivo miglioramento delle prestazioni passando da situazioni più critiche a situazioni meno critiche, tranne l'ultimo gruppo di criticità che è risultato peggiorativo. Il miglioramento riguarda anche la classe acustica: si passa dalla classe IV alla classe II e, come prevedibile, la differenza maggiore si ha nel passaggio dalla pavimentazione in ceramica alla pavimentazione in parquet (miglioramento di circa 10 dB).

Tabella 2 – Risultati delle prove di isolamento acustico di facciata, ordinate secondo il criterio “progressivamente cautelativo”

| Scala di criticità | Num. di pareti misurate | $D_{2m,nT,w}$ medio di ogni step [dB] | Range $D_{2m,nT,w}$ [dB] | $D_{2m,nT,w}$ progressivo [dB] | Classe acustica progressiva |
|--|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 – Ambiente con portafinestra a tre ante | 4 | 35.1 | 33.8 – 40.8 | 35.1 | IV |
| 2 – Ambiente con n. 2 portefinestre a due ante | 18 | 39.0 | 36.5 – 41.1 | 38.0 | III |
| 3 – Ambiente con n. 1 portafinestra a due ante senza balcone | 19 | 36.9 | 34.1 – 39.4 | 37.4 | III |
| 4 – Ambiente con n. 1 portafinestra a due ante con balcone | 11 | 36.4 | 33.1 – 38.5 | 37.2 | III |

Tabella 3 – Risultati delle prove di isolamento al rumore aereo di partizioni verticali, ordinate secondo il criterio “progressivamente cautelativo”

| Scala di criticità | Num. di pareti misurate | R' _w , medio di ogni step [dB] | Range R' _w [dB] | R' _w progressivo [dB] | Classe acustica progressiva |
|--|-------------------------|---|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 1- Pareti con intercapedine ridotta | 4 | 49.2 | 47.1 – 51.2 | 49.2 | IV |
| 2- Pareti con intercapedine più ampia e passaggio impianti | 6 | 53.8 | 52.5 – 54.5 | 51.3 | III |
| 3- Pareti con intercapedine più ampia e senza passaggio impianti | 6 | 55.3 | 54.7 – 56.5 | 52.4 | III |

Tabella 4 – Risultati delle prove di livello di calpestio, ordinate secondo il criterio “progressivamente cautelativo”

| Scala di criticità | Num. di pareti misurate | L' _{n,w} medio di ogni step [dB] | Range L' _{n,w} [dB] | L' _{n,w} progressivo [dB] | Classe acustica progressiva |
|---|-------------------------|---|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 1 – Pavimentazione in ceramica | 4 | 66.1 | 55.2 – 68.1 | 66.1 | IV |
| 2 – Pavimentazione in parquet e amb. sorgente con n. 2 portefinestre | 14 | 55.8 | 51.3 – 59.1 | 60.8 | II |
| 3 – Parquet, am. sorgente con n. 1 portafin. e di forma irregolare | 6 | 54.2 | 53.2 – 55.3 | 59.8 | II |
| 4 – Parquet, amb. sorgente con 1 portafin. e di forma regolare | 10 | 54.5 | 48.7 – 59.3 | 58.8 | II |
| 5 – Parquet, amb. sorgente con 1 portafin., regolare ma non perfettamente sovrapposto | 6 | 59.5 | 54.9 – 63.1 | 58.9 | II |

L'esempio ha evidenziato che il criterio progressivamente cautelativo di selezione dei campioni è verificato soprattutto per l'isolamento aereo di partizioni verticali e per il rumore di calpestio. L'applicazione all'isolamento acustico di facciata dipende in maniera sostanziale dalla regolazione dei serramenti: solamente se tutti i serramenti di un sistema edilizio sono regolati in maniera accurata, è probabile che l'ordine di criticità sia effettivamente verificato.

Il passo successivo è stata la valutazione del numero minimo di elementi tecnici per il sistema edilizio in esame, applicando le percentuali riportate nel paragrafo precedente: dal momento che non sono state effettuate le misure su tutti gli elementi tecnici, il numero minimo è stato calcolato sul totale di quelli misurati. Per esempio riguardo all'isolamento acustico di facciata sono stati testati 52 elementi tecnici su un totale di 76: il numero minimo di elementi considerati è stato quindi calcolato sugli elementi misurati (52) ed è risultato pari a 10 elementi (il 20% di 52 approssimato all'intero più vicino).

Di seguito è riportata una tabella in cui sono evidenziate le classi acustiche riferite all'intero sistema edilizio, ottenute considerando il numero minimo di elementi tecnici (utilizzando le percentuali definite nel paragrafo precedente), un numero intermedio di elementi tecnici (il numero di elementi che sarebbero risultati applicando la procedura di campionamento prevista per edifici seriali) e considerando infine tutti gli elementi tecnici misurati. E' bene inoltre specificare che gli elementi tecnici all'interno di ogni gruppo di criticità sono stati scelti in modo tale che non si discostassero troppo dalla media energetica relativa allo stesso gruppo.

I risultati evidenziano che, considerando un numero di elementi sempre maggiore, si ottiene un miglioramento di classe per l'isolamento al rumore aereo di pareti e per il calpestio. L'isolamento acustico di facciata rimane invece invariato, per le motivazioni espresse in precedenza.

Tabella 5 – Classi acustiche per il sistema edilizio in esame ottenute considerando un numero sempre maggiore di elementi tecnici

| Numero di elementi tecnici considerati | $D_{2m,nT}$ [dB] | R' pareti [dB] | L'_n [dB] |
|--|---------------------|---------------------|----------------|
| Minimo (percentuali proposte) | III | IV | IV |
| Intermedio (come procedura di campionamento) | III | III | III |
| Tutti gli elementi misurabili | III | III | II |

4. Conclusioni

Il presente articolo ha avuto lo scopo di evidenziare la problematica dell'applicazione della procedura di campionamento per sistemi edilizi non seriali e ha suggerito due criteri semplificati di campionamento basati sulla selezione delle unità immobiliari o degli elementi tecnici da misurare, per ciascun requisito acustico.

Entrambi i criteri presentano alcune problematiche: il primo ad esempio non tiene conto della progressiva criticità se si vuole estendere la classificazione ad altre unità immobiliari senza tener conto dell'incertezza di campionamento, il secondo è di difficile applicazione soprattutto nella catalogazione della criticità degli elementi tecnici.

Una soluzione alternativa potrebbe quindi essere un compromesso tra i due criteri, basato sull'individuazione delle unità immobiliari più critiche secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 3. Il numero minimo di unità immobiliari da testare completamente potrebbe essere relativo, per esempio, al 10-20% delle unità totali con un minimo di 2-3.

Ovviamente, come ribadito in precedenza, queste proposte hanno carattere interlocutorio e hanno lo scopo di favorire la discussione all'interno del gruppo di lavoro incaricato di redigere il rapporto tecnico relativo all'applicazione della UNI 11367 ad edifici non seriali.

5. Riferimenti

- [1] UNI 11367: 2010, Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari, Procedura di valutazione e verifica in opera