POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

QUALITA' GLOBALE E COMFORT PERCEPITO NELL'AMBIENTE COSTRUITO: UNO STUDIO PILOTA IN

Original
QUALITA' GLOBALE E COMFORT PERCEPITO NELL'AMBIENTE COSTRUITO: UNO STUDIO PILOTA IN AULE UNIVERSITARIE / Puglisi, G.E., Fissore, V., Spataro, B., Borgo, E., Ravera, M., Servetti, A., Astolfi, A.. - (2023). (49° Convegno Nazionale AIA Ferrara 7-9 giugno 2023).

Availability:
This version is available at: 11583/2980399 since: 2023-07-16T18:02:48Z

Publisher:
Associazione Italiana di Acustica

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

18 November 2026

Associazione Italiana di Acustica
49° Convegno Nazionale
Ferrara, 7-9 giugno 2023

QUALITA' GLOBALE E COMFORT PERCEPITO NELL'AMBIENTE COSTRUITO: UNO STUDIO PILOTA IN AULE UNIVERSITARIE

Giuseppina Emma Puglisi (1), Virginia Fissore (2), Barbara Spataro (1), Enrico Borgo (1), Mario Ravera (1), Antonio Servetti (3), Arianna Astolfi (2)

1) CALOS – Campus, Logistica e Sostenibilità, Politecnico di Torino, Torino, giuseppina.puglisi@polito.it – barbara.spataro@polito.it – enrico.borgo@polito.it – mario.ravera@polito.it
2) DENERG – Dipartimento Energia, Politecnico di Torino, Torino, virginia.fissore@polito.it – arianna.astolfi@polito.it
3) DAUIN – Dipartimento di Automatica e Informatica, Politecnico di Torino, Torino, antonio.servetti@polito.it

SOMMARIO

Lo studio dell'Indoor Environmental Quality (IEQ) e Comfort (IEC) nell'ambiente costruito è di grande rilievo, soprattutto quando indagato in ambienti adibiti ad attività cognitive e di comunicazione sfidanti, come le aule didattiche. Questo lavoro propone una metodologia di monitoraggio longitudinale di IEQ e IEC in aule universitarie allo scopo di permettere produttività e benessere, oltre che adeguatezza dal punto di vista fisico-ambientale in fase di esercizio e a piena occupazione delle aule stesse.

1. Introduzione

Lo studio dell'Indoor Environmental Quality (IEQ), ossia della qualità dell'ambiente costruito, è di grande interesse per la comunità scientifica. Si stanno infatti affermando tecniche di monitoraggio e metodi di valutazione innovativi poiché orientati a considerare la variazione nel tempo delle grandezze fisiche, unitamente alla risposta comportamentale dell'occupante.

La EN 16798-1 [1] specifica i requisiti per la valutazione dell'IEQ con un approccio oggettivo multi-dominio, ossia basato sulla misurazione di variabili che definiscono i domini del comfort (i.e., acustiche, termiche, visive, di qualità dell'aria). Essa non introduce però valutazioni di tipo soggettivo che tengano in considerazione l'Indoor Environmental Comfort (IEC) e dunque la percezione dell'occupante. L'IEC associato all'IEQ è invece di fondamentale importanza, come dimostrano studi recenti [2]. Alte temperature in ambiente impattano sulla produttività e su aspetti di salute mentale; elevate concentrazioni di inquinanti e ridotti tassi di ventilazione causano la riduzione della produttività fino al 15%; l'efficienza delle prestazioni cognitive si riduce in ambienti con uno scarso illuminamento; elevato rumore in ambiente riduce le prestazioni cognitive, aumenta il disturbo e l'insorgenza di sintomi negativi legati alla salute mentale. Se questi effetti sono evidenti genericamente negli ambienti confinati (e.g., luoghi di lavoro, di condivisione, abitazioni private), un'attenzione particolare va posta agli ambienti per l'apprendimento frequentati da grandi numeri di persone. Ad ogni ordine e grado, questi sono occupati per lunghi periodi con lo scopo di trasmettere e acquisire conoscenza, dunque devono facilitare il compito cognitivo richiesto agli occupanti. Garantire un ambiente ottimale per l'apprendimento è dunque un obiettivo primario da raggiungere tramite il monitoraggio, prima, e il controllo, poi, delle grandezze ambientali e della loro percezione.

1.1 IEQ negli spazi per l'apprendimento

Brink et al. [3] hanno redatto una review sul tema dell'influenza delle grandezze ambientali dell'IEQ nelle aule universitarie. Dalla loro indagine risulta che gli effetti di queste grandezze sono provati sui compiti e le capacità a breve termine, mentre un effetto cronico sul lungo periodo non è ancora evidente. In generale, più i parametri dell'IEQ rispettano i range ottimali, più si riscontrano effetti positivi sull'apprendimento. Da questo studio emerge la necessità di investigare ulteriormente, tramite un monitoraggio prolungato nel tempo di eventuali effetti cronici dell'IEQ sull'apprendimento.

1.2 IEC negli spazi per l'apprendimento

La percezione dell'IEQ e la sua valutazione sono essenziali al fine di progettare ambienti per l'apprendimento adeguati per permettere produttività, salute fisica, mentale e benessere. L'indagine sull'IEC è quindi fondamentale e, se correlata all'IEQ poiché condotta parallelamente al monitoraggio ambientale, è ampiamente informativa circa l'adeguatezza di un ambiente. Non sono però molti i lavori che hanno approfondito la raccolta di dati soggettivi in ambienti reali e ripetuti nel tempo. Tra questi, Astolfi e Pellerey [4] hanno proposto un questionario sulla percezione della qualità ambientale a 1006 studenti di scuola superiore, facendo emergere (i) l'importanza dello studio multi-dominio sulla valutazione della qualità degli spazi per l'apprendimento e (ii) l'influenza reciproca della percezione dei singoli domini della qualità sulla percezione globale del comfort.

2. Metodologia

2.1 Il caso studio

Il monitoraggio pilota della qualità globale (oggettiva e soggettiva) ha avuto luogo in aule universitarie. In particolare sono state considerate quattro aule del Campus Politecnico di Torino, le "aule P", che sono state realizzate nel 2017 e hanno caratteristiche architettoniche e impiantistiche di interesse. Presentano infatti un trattamento acustico in pannelli fonoassorbenti distribuiti sul soffitto e su parti delle pareti laterali, e dal punto di vista degli impianti di condizionamento e aerazione sono aule autonome, dotate di sistemi a tutt'aria gestibili in remoto. All'esterno delle aule, in corrispondenza delle unità di trattamento aria posizionate sulla sommità dell'edificio, sono presenti sensori per il monitoraggio della qualità dell'aria e della temperatura. Inoltre, è possibile il monitoraggio dei consumi dell'energia durante il funzionamento delle aule grazie ad una rete di smart meters.

Associazione Italiana di Acustica, 2023
ISBN: 978-88-88942-66-7

Le aule P, collocate in un edificio indipendente all'interno del Campus, sono disposte ai vertici di una pianta rettangolare e collegate da un corridoio (Figura 1). Dal punto di vista architettonico sono aule con un'intera parete finestrata disperdente che affaccia verso aree esterne adibite a parcheggio (aula 1P e 3P, lato sud) e passaggio pedonale (aule 2P e 4P, lato nord).

Le aule sono state caratterizzate acusticamente ai fini del collaudo per la verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici in accordo con il D.P.C.M. 5/12/1997 [5]. È stato verificato che l'isolamento dei divisori verticali interni e della facciata fossero conformi ai requisiti di legge (rispettivamente ≥ 30 dB e ≥ 48 dB), risultando pari a 37 dB ± 1,3 dB e 47 dB ± 1,3 dB. Il tempo di riverberazione mediato tra 250 Hz e 2000 Hz è risultato pari a 0,89 s, pertanto è inferiore al valore soglia indicato dalla legge [5] all'epoca del collaudo (i.e., 1,2 s). Inoltre, le aule sono state caratterizzate in termini di intelligibilità del parlato tramite il parametro dello Speech Transmission Index (STI), misurato a tre diverse distanze dalla sorgente parlatore (i.e., a 3 m, a 9 m e a 17 m) e per due diversi sforzi vocali (i.e., sforzi vocali misurati a 1 m dalla sorgente parlatore pari a 60 dBA, ossia "normale", e pari a 70 dBA, ossia "elevato"). La normativa di riferimento, la BS EN 60268-16 [6], indica che in ambienti scolastici lo STI deve assumere un valore ≥ 0,62 per essere adeguato. Nel caso di sforzo vocale "normale", i valori misurati di STI sono risultati pari a 0,75, 0,65 e 0,59, rispettivamente alle tre distanze. Nel caso di sforzo vocale "elevato", i valori misurati di STI sono risultati pari a 0,78, 0,71 e 0,66, rispettivamente alle tre distanze.

2.2 Monitoraggio dell'Indoor Environmental Quality

Il monitoraggio dell'IEQ avviene per mezzo di un multisensore commerciale, Aircare, che è dotato di sensori di qualità dell'aria (monitoraggio dei composti organici volatili, indice di qualità dell'aria, polveri sottili PM1-PM2,5-PM10 e CO_2), di comfort ambientale (monitoraggio del livello di pressione sonora, della temperatura e umidità relativa, dell'illuminamento e della pressione atmosferica) e di elettrosmog (monitoraggio del livello Wi-Fi rilevato). Ciascuna grandezza fisica è acquisita e comunicata con una frequenza e un intervallo diverso, in funzione delle caratteristiche intrinseche del sensore specifico. Poiché Aircare è costantemente collegato tramite connessione Wi-Fi, è possibile visualizzare in tempo reale l'andamento dei diversi parametri su dashboard online, che permette la piena storicizzazione ed analisi dei dati. In Figura 1 sono riportati i punti di installazione dei sensori, e in particolare: aula 1P e 4P, rispettivamente esposte a sud-est e nord-ovest, dotate ciascuna di quattro Aircare; aula 2P e 3P, rispettivamente esposte a sud-ovest e nord-est, dotate ciascuna di un Aircare; corridoio, dotato di tre Aircare. Sommariamente, i principali obiettivi del monitoraggio IEQ nelle aule P sono:

1) Correlare i parametri di IEQ monitorati in ambiente con i consumi di energia elettrica reali, tramite una campagna di monitoraggio longitudinale volta anche ad individuare strategie di controllo per la riduzione dei consumi;
2) Valutare l'impatto di diversi posizionamenti del multisensore per monitorare l'IEQ grazie alla dotazione in aula di un numero variabile di Aircare.

3. Monitoraggio dell'Indoor Environmental Comfort

Il monitoraggio dell'IEC è eseguito tramite l'erogazione di un questionario, le cui domande sono state costruite in accordo con le norme di riferimento, che può essere compilato dagli occupanti delle aule e quindi da studenti e docenti. Il questionario, validato in un test pilota presso il Dipartimento Energia del Politecnico, ha due livelli di acquisizione del dato di IEC. Il primo livello è costituito dalla domanda sommaria "Sei soddisfatto con la qualità del tuo ambiente?" a cui dar risposta su una scala discreta a 4 punti, identificata da smiley verde scuro, verde chiaro, giallo, rosso che indicano una percezione da positiva a negativa. Il secondo livello è un'indagine dettagliata della percezione dei diversi domini dell'IEC (i.e., acustico, visivo, termico, di qualità dell'aria) con valutazioni su scale a 4 o 7 punti.

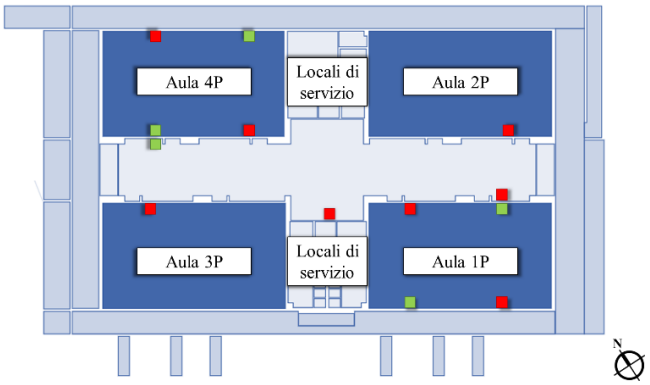


Figura 1 - Planimetria delle Aule P e del corridoio di connessione, con identificazione dei punti di installazione dei multisensori Aircare (quadrati rossi e verdi, per Aircare rispettivamente collegati e non collegati alla rete di alimentazione elettrica).

4. Risultati attesi e prospettive future

La campagna di monitoraggio dell'IEQ e dell'IEC in quattro aule universitarie del Politecnico di Torino ha avuto inizio ad aprile 2023. I principali risultati attesi riguardano:

1) L'osservazione longitudinale dei parametri oggettivi che caratterizzano i domini dell'IEQ. Tali dati saranno correlati all'andamento delle caratteristiche ambientali esterne, ai livelli di occupazione delle aule e al setting degli impianti;
2) L'identificazione del posizionamento migliore del multisensore al fine di monitorare l'IEQ nelle diverse ore di utilizzo;
3) La definizione dell'IEC tramite l'acquisizione di dati soggettivi da correlare a quelli oggettivi di IEQ misurati;
4) L'avvio di una campagna di sensibilizzazione e coinvolgimento degli occupanti con lo scopo di informare sulle tematiche relative all'IEQ e all'IEC.

Questo modello di monitoraggio e analisi ha l'obiettivo di valorizzare l'importanza dell'ottimizzazione degli ambienti per l'apprendimento in contesti complessi come un Campus universitario. Il modello si colloca poi in coerenza con le tematiche di sostenibilità, risparmio energetico e vivibilità dell'ambiente costruito, e ambisce ad essere esteso anche ad altri contesti.

5. Bibliografia

[1] EN 16798-1:2019, *Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics - Module M1-6*
[2] Schweiker M., Ampatzi E. et al, *Review of multi-domain approaches to indoor environmental perception and behaviour*, Building and Environment, **176** (2020), pp. 1-25
[3] Brink H.W., Krijnen W.P., Loomans M.G.L.C., Mobach M.P., Kort H.S.M., *Positive effects of indoor environmental conditions on students and their performance in higher education classrooms: A between-groups experiment*, Science of the Total Environment **869** (2023), pp. 1-13
[4] Astolfi A., Pellerey F., *Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms*, Journal oft he Acoustical Society of America **123**(1) (2008), pp. 163-173
[5] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997, *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie generale n. 297, 22/12/1997
[6] BS EN 60268-16:2011, *Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index*