CP109 Gestione del comfort interno multi-dominio

Revisione: 06/2026

PREMESSA
I crediti pilota sono crediti di innovazione previsti all'interno della categoria ambientale Innovazione nella Progettazione. I singoli crediti permettono di conseguire singolarmente da 1 a 2 punti ciascuno e sono specifici per ogni protocollo. È possibile applicare contemporaneamente più di un credito pilota.
L'elenco completo dei crediti pilota (Libreria dei crediti pilota) è disponibile sul sito dell'associazione all'indirizzo: https://gbcitalia.org/certificazione/gbc/crediti-pilota/. I crediti pilota sono strumenti che consentono di introdurre nuovi elementi che possono essere inserite nelle future versioni dei protocolli energetico ambientali sia di incoraggiare l'introduzione di soluzioni innovative all'interno dei progetti oggetto di certificazione. Se da un lato i crediti pilota permettono di implementare i protocolli energetico ambientali attraverso la sperimentazione di nuovi crediti che potranno, alla fine della fase di testing, essere inseriti nel protocollo, dall'altra incentivano l'adozione di soluzioni innovative nei protocolli energetico ambientali attraverso la premialità aggiuntiva dei crediti pilota.

GRUPPO DI LAVORO AREA TEMATICA "INNOVAZIONE E CREDITI PILOTA"

Membri esperti aggiunti
Sviluppato nell'ambito del progetto quadriennale "SONATA: Situation-aware Orchestration of AdapTive Architecture", finanziato dal programma Horizon Europe dell'Unione Europea per la ricerca e l'innovazione. Partecipanti al progetto: Katholieke Universiteit Leuven (BE), Università degli Studi di Perugia (IT), Inovacijsko-razvojni institut Univerze v Ljubljani (SI), Universitaetsklinikum Aachen (DE), Technion – Israel Institute of Technology (IL), Masarykova univerzita (CZ), Van Berkel en Bos u.n. Studio BV (NL), Valeri Engineering and Management (IT), BGRID BV (NL), Delta Light (BE), Rockwool A/S (DK), Green Building Council Italia (IT), Conseil des Architectes d'Europe (BE), Workplace Innovation Europe CLG, Hoppermann Marc (NL), Vetrotech Saint-Gobain International.

Membri stabili
Prof.ssa Anna Laura Pisello - [coordinatrice Gruppo di Lavoro area tematica "Innovazione e crediti pilota"], ing. Andrea Fornasiero - [Presidente Comitati protocolli GBC Italia], arch. Carlotta Cocco [vice Coordinatrice Comitato GBC Historic Building], ing. Lorenzo Balsamelli - [Coordinatore Comitato GBC Condomini], ing. Marco Caffi [Coordinatore Comitato GBC Home], arch. Laura Pighi [Coordinatore Comitato GBC Quartieri].

COMITATO ESECUTIVO TRIENNIO 2023 - 2026
Fabrizio Capaccioli - [Presidente GBC Italia], Federico Filippo Oriana - [Vicepresidente], Enrico Maria Scalchi - [Consigliere] - Filippo Giovanni Saba - [Consigliere].

CP109 Gestione del comfort interno multi-dominio

1 punto

Applicabilità: GBC HISTORIC BUILDING

Revisione: 06/2026

Finalità
Ottimizzare il comfort degli utenti negli spazi con occupazione multipla in modo integrato, attraverso il monitoraggio dei parametri ambientali interni operativi.

Requisiti
Il credito è applicabile esclusivamente a spazi di lavoro con occupazione multipla, all'interno di edifici con uso direzionale.

1. Prevedere un sistema di monitoraggio integrato dei parametri ambientali interni. Installare sensori: di temperatura, qualità dell'aria, pressione sonora e illuminamento. I sensori devono essere installati ad una altezza compresa tra 0,9 m e 1,8 m dal pavimento, con dati salvati a intervalli non superiori a 10 minuti. Le condizioni ambientali rilevate dai 4 sensori devono essere rese visibili agli utenti più vicini attraverso un sistema a semaforo (verde: entro soglia; rosso: fuori soglia).
2. Predisporre un sondaggio digitale sul comfort percepito, sulla base della guida allegata, da somministrare almeno ogni 3 mesi, associando le risposte degli utenti alla postazione monitorata. Il sondaggio deve ottenere una percentuale di risposta pari ad almeno il 50% degli utenti soggetti al monitoraggio.
3. Integrare, almeno una volta all'anno, i dati raccolti dai sensori, i risultati dei sondaggi e i set point dei sistemi tecnici per l'aggiornamento del Gemello Digitale. Sulla base delle analisi effettuate, individuare i parametri operativi ottimali e le azioni migliorative in grado di migliorare il comfort ambientale interno e i consumi energetici. Definire KPI dinamici per il bilanciamento tra comfort e sostenibilità e le opportune procedure per la gestione dell'edificio, sulla base della guida allegata.

Valenze ambientali
Il credito pilota propone una transizione dai modelli di comfort statici tradizionali a un approccio dinamico e multi-dominio per ridurre l'impatto energetico dell'edilizia, che rappresenta circa un terzo della domanda energetica globale. Le valenze ambientali si focalizzano sulla gestione della Qualità Ambientale Interna (IEQ) basata sulla consapevolezza situazionale dell'edificio. Poiché il comportamento degli occupanti può incidere fino al 90% sul consumo energetico effettivo delle strutture ad alte prestazioni, il progetto punta su una regolazione adattiva e incentrata sull'utente.
Il sistema integra sensori IoT e Gemelli Digitali per un monitoraggio continuo superiore a un anno, periodo minimo validato scientificamente per comprendere la reale variabilità comportamentale e ottimizzare le risorse nei contesti condivisi. Attraverso modelli di intelligenza artificiale, come gli algoritmi bayesiani, vengono definiti set-point dinamici che bilanciano la soddisfazione termica e l'efficienza energetica. Il modello riconosce che i fattori ambientali interagiscono tra loro: ad esempio, il controllo accorto della temperatura (evitando che superi i 22 °C) previene la percezione di aria viziata, ottimizzando i flussi di ventilazione. Infine, l'efficienza si misura tramite KPI che monitorano i consumi a livello di zona e la capacità dell'edificio di anticipare i disagi tramite controlli predittivi.

Riferimenti bibliografici

Cureau, R.J., Pigliautile, I., Pisello, A.L., Bavaresco, M., Berger, C., Chinazzo, G., Belafi, D., Ghahramani, A., Heydarian, A., Kastner, D., Kong, M., Licina, D., Luna-Navarro, A., Mahdavi, A., Nocente, A., Schweiker, M., Vellei, M., Wang, A., (2022). *Bridging the gap from test rooms to field-tests for human indoor comfort studies: A critical review of the sustainability potential of living laboratories,* Energy Research & Social Elsevier vol. 92.
https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102778

Pisello, A.L., Gnecco, V.M., Pigliautile I., (2024). *Exploring office comfort and productivity in living labs: A yearlong structural equation modeling study*, Building and Environment, Elsevier, vol. 250.
https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111147

Piselli, C., Pisello, A.L., (2019). *Occupant behavior long-term continuous monitoring integrated to prediction models: Impact on office building energy performance*, Energy, Elsevier, vol. 176(C), pages 667-681.
https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.005

Bavaresco, M., Kousis, I., Pigliautile I., Piselli, C., Pisello, A.L., Ghisi, E., (2022). *Are years-long field studies about window operation efficient? a datadriven approach based on information theory and deep learning*, Energy & Buildings, Elsevier, vol. 268
https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112197

Gnecco, V.M., Kousis, I., Pisello, A.L., Pigliautile I., (2025). *Decoding Living Lab sensing system through Bayesian networks: The preferable working space targeting comfort and productivity,* Journal of Building Engineering, Elsevier 101
https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.111913

Pisello, A.L., Toka M.A., Pioppi, B., (2025), *Ten questions concerning living laboratories (LL) for multi-domain comfort investigations,* Building and Environment, Elsevier vol. 276
https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112750

Gnecco, V.M., Pogladic, A., Pisello, A.L., Pigliautile I., Arko, S., Chiucchiù, A., (2025). *Office Activity Taxonomy in the Digital Transition Era: Towards Situationally Aware Buildings,* Sustainability vol.17, MDPI
https://doi.org/10.3390/su172411376

ALLEGATI

Documentazione

1. Planimetrie degli spazi idonei al credito pilota.
2. Documentazione che attesti l'installazione dei dispositivi di controllo. Fornire disegno del posizionamento dei dispositivi di controllo e documentazione che dimostri l'installazione dei sensori per ciascun spazio, relativamente a:
   a) Comfort termico: temperatura e umidità relativa
   b) Comfort acustico: livello di pressione sonora.
   c) Qualità dell'aria: concentrazione di CO_2 e composti organici volatili (VOC).
   d) Comfort visivo: livello di illuminamento.
3. Specifiche tecniche dei sensori.
4. Contratto di vendita o di locazione con il locatario, oppure impegno formale da parte del proprietario all'acquisto delle attrezzature e dei dispositivi indossabili per il comfort, specifiche tecniche pre-approvate, accordo con un fornitore approvato.
5. Per ciascun ufficio, compilare la seguente tabella.

	Tipo di controllo	Numero di controlli	Numero di occupanti
Comfort termico			
Comfort acustico			
Qualità dell'aria			
Comfort visivo			

6. Guida al sondaggio sul comfort
7. Guida all'analisi dei dati post-occupazione

GUIDA AL SONDAGGIO SUL COMFORT

1. Introduzione
Questa guida ha l'obiettivo di supportare la creazione di un sondaggio per valutare il comfort percepito dagli occupanti in relazione a diversi ambiti ambientali, come temperatura, illuminazione, acustica e qualità dell'aria. La guida fornisce istruzioni complete per la preparazione e l'implementazione di un sondaggio digitale ricorrente, finalizzato a raccogliere le percezioni degli utenti riguardo a vari parametri ambientali interni.

2. Frequenza
Il paragrafo deve specificare la frequenza richiesta per la somministrazione del sondaggio, evidenziando l'importanza della raccolta periodica dei dati nel tempo.

3. Target dei partecipanti
Il paragrafo deve descrivere i metodi per coinvolgere gli occupanti delle aree monitorate, includendo indicazioni su:

a) La partecipazione attesa.
b) I criteri per garantire la rappresentatività del campione.
c) L'importanza di assicurare l'anonimato per ottenere risposte oneste e costruttive.

4. Metodo di raccolta dati
Il paragrafo deve descrivere le modalità di somministrazione del sondaggio, evidenziando la preferenza per un formato digitale.
È possibile menzionare piattaforme comunemente utilizzate come Google Forms, Microsoft Forms, oppure strumenti integrati nei sistemi digitali dell'edificio.
Inoltre, è utile includere una panoramica dei metodi di distribuzione possibili, come:

a) L'uso di codici QR esposti negli spazi comuni.
b) L'invio di inviti via email.
c) Notifiche tramite app.

Tutti questi metodi hanno l'obiettivo di rendere il sondaggio facilmente accessibile a tutti gli utenti coinvolti.

5. Struttura del sondaggio
Ogni sondaggio deve includere le seguenti sezioni principali:

a) Identificazione generale:
    1. Data
    2. Zona, stanza o postazione specifica (tramite menu a tendina o ID univoco)
    3. Opzionale: Ora del giorno
b) Ambiti di comfort percepito. Esempi di domande per ciascun dominio:
    1. Comfort termico:
       Es: Percepisci troppo caldo, troppo freddo o ti senti a tuo agio nello spazio in cui ti trovi?
    2. Comfort acustico:
       Es: I livelli di rumore nell'ambiente ti disturbano durante le tue attività?
    3. Qualità dell'aria interna:
       Es: L'aria che respiri ti sembra pulita, viziata o adeguata?
    4. Comfort visivo (illuminazione):
       Es: L'illuminazione dello spazio è sufficiente e confortevole per le tue attività?
c) Percezione generale
    1. Il paragrafo deve presentare i risultati del sondaggio, evidenziando un confronto con i dati di eventuali edizioni precedenti, al fine di identificare: tendenze, miglioramenti e criticità ricorrenti.

GUIDA ALL'ANALISI DEI DATI POST-OCCUPAZIONE

1. Introduzione
In questa sezione vengono delineati gli obiettivi del documento.

2. Contesto e ambito di applicazione
Descrizione dell'edificio/spazio monitorato, del periodo di osservazione e degli obiettivi principali dell'intervento post-occupazione.

3. Metodologia

Il monitoraggio è stato basato sull'analisi integrata di:

a) Dati oggettivi (es. temperatura, umidità, CO_2, consumo energetico).
b) Dati percepiti (sondaggi, interviste, feedback qualitativi).
c) Set point di sistema (valori di progetto e valori operativi).

Tecnologie utilizzate:

a) Sensori IoT.
b) Sistema di Gestione dell'Edificio (Gemello Digitale).
c) Algoritmi di Intelligenza Artificiale per l'ottimizzazione automatica.

4. Analisi e KPI in evoluzione

I dati raccolti sono stati elaborati per generare indicatori dinamici che riflettano l'equilibrio in evoluzione tra comfort e sostenibilità.

Esempi di KPI:

a) Indice di comfort percepito vs. reale.
b) Efficienza energetica per zona.
c) Scostamento tra set point e condizioni reali.

5. Ottimizzazioni implementate

Le ottimizzazioni sono state implementate in modo progressivo, tramite strategie basate su dati in tempo reale e analisi supportata da IA. Queste hanno incluso:

a) Regolazione automatica dei set point di sistema.
b) Adattamento dinamico basato sui livelli di occupazione.
c) Azioni predittive basate su previsioni climatiche.

6. È richiesto descrivere in dettaglio:

a) Le strategie implementate.
b) I KPI utilizzati per valutarne l'efficacia, in particolare rispetto al miglioramento del comfort e alla riduzione dei consumi energetici.

7. Allegati

Da includere:

a) Grafici e tabelle dei dati.
b) Screenshot delle piattaforme di monitoraggio.
c) Copie dei sondaggi e dei feedback degli utenti.
d) Dichiarazioni tecniche firmate (ove applicabile).