



Environmental
Monitoring Solutions

STAZIONI DI MONITORAGGIO IEQ Indoor Environmental Quality

◦ **Sistema Multi-parametrico
per IEQ**

IEQ (Indoor Environmental Quality) riguarda l'insieme dei parametri che nel loro insieme definiscono la qualità ambientale, il grado di salubrità e il benessere di un ambiente confinato, i fattori che definiscono l'IEQ sono: l'ambiente termico, l'illuminazione, l'acustica e la qualità dell'aria interna (IAQ).

La IEQ è il risultato sia delle soluzioni progettuali (scelta dei materiali costruttivi, soluzioni architettoniche e degli arredi), sia dalla scelta, regolazione ed efficienza degli impianti tecnici per il riscaldamento, raffrescamento e ventilazione.

Negli ultimi anni l'attenzione verso le **condizioni degli ambienti confinati** è aumentata notevolmente. La popolazione dei centri urbani europei trascorre, in media, il 95-97% del tempo negli ambienti indoor. Vivere e lavorare in ambienti salubri e confortevoli ha conseguenze oggettive molto importanti, mentre uno scarso livello di IEQ può incidere molto negativamente sulle prestazioni, sulla salute e sulla psiche degli occupanti.

La gestione della IEQ richiede una **strategia di monitoraggio**, al fine di verificare le diverse variabili ambientali, sia nella fase iniziale di verifica del progetto, che durante l'utilizzo e manutenzione dell'edificio.

Il raggiungimento di condizioni ideali di IEQ potrebbe richiedere **elevati consumi di energia**, sia per l'illuminazione artificiale che per la ventilazione, la climatizzazione e il riscaldamento. È quindi necessaria una progettazione attenta e consapevole.

Sul tema della qualità degli ambienti interni e sul risparmio energetico coniugato al comfort degli occupanti si basano le più recenti normative e linee guida relative agli ambienti confinati:

UNI ES ISO 16000-1:2006—Aria in ambienti confinati - Parte 1: Aspetti generali della strategia di campionamento: vengono prescritti il rispetto di requisiti negli ambienti indoor, intesi come "ambienti non soggetti alle prescrizioni indirizzate alla tutela dei lavoratori contro gli effetti derivanti dall'esposizione a sostanze nocive". Questa norma e le altre della serie 16000 e 16017 racchiudono indicazioni sul monitoraggio delle componenti chimiche e biologiche dell'aria.

UNI EN ISO 7730:2006 - Ergonomia degli ambienti termici: determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo di indici e di criteri di benessere termico locale. Creazione di un unico parametro in grado di sintetizzare la sensazione termoigrometrica degli occupanti negli ambienti confinati, definito PMV ovvero Voto Medio Previsto (Predicted Mean Vote) descritto in questo standard.

- **PMV (Predicted Mean Vote):** definisce una scala di comfort che va da -3 (sensazione di freddo) a +3 (sensazione di caldo), passando attraverso 0 (neutralità termica).
- **PPD (Predicted Percentage Dissatisfied):** rappresenta in termini relativi l'incidenza di soggetti che non gradiscono l'ambiente dal punto di vista termico.

► **La Sindrome dell'edificio malato (Sick building syndrome - SBS),** indica un quadro sintomatologico ben definito, che si manifesta in un elevato numero di edifici moderni tendenzialmente "sigillati" rispetto al clima esterno.

I casi di SBS che si verificano in ambienti lavorativi possono causare calo della produttività e assenze del lavoratore.

Molti composti chimici presenti nell'aria indoor sono noti o sospettati di **causare irritazione o stimolazione dell'apparato sensoriale** e possono dare vita ai sintomi comunemente presenti nella SBS. Alcuni studi condotti su uffici e altri edifici ad uso pubblico in diversi paesi, hanno rivelato una frequenza di disturbi tra gli occupanti compresa tra il 15% e il 50%.



WHO (OMS) Guidelines for indoor air quality (2010): linee guida per la protezione della salute pubblica dai rischi dovuti a sostanze chimiche comunemente presenti nell'aria indoor. Le sostanze considerate (benzene, monossido di carbonio, formaldeide, naftalene, biossido di azoto, idrocarburi policiclici aromatici, radon, tricloroetilene e tetracloroetilene), hanno le loro fonti negli ambienti confinati e sono pericolose per la salute.

Direttiva UE 2018/844 concernente la prestazione energetica nell'edilizia e l'efficienza energetica: l'obiettivo è perseguire "lo sviluppo di un sistema energetico sostenibile, competitivo, sicuro e decarbonizzato", tenendo conto che al settore immobiliare, è riconducibile circa il 36% di tutte le emissioni di CO₂ nell'UE. Introduce l'obbligo di migliorare la prestazione energetica di edifici nuovi e esistenti e richiede di prevedere strategie nazionali di ristrutturazione degli immobili. La direttiva UE introduce un "indicatore di predisposizione degli edifici all'intelligenza", il Smart Readiness Indicator (SRI), che racchiude anche le esigenze di comfort degli occupanti.

ISO 17772-1:2017—Energy performance of buildings—Indoor environmental quality—Part 1: Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings: specifica i requisiti per l'ambiente termico, la qualità dell'aria interna, l'illuminazione e l'acustica, e come stabilire questi parametri per la progettazione dell'edificio e degli impianti e per i calcoli delle prestazioni energetiche. Include anche criteri di progettazione per i fattori di disagio termico locale, correnti d'aria, asimmetria della temperatura radiante, differenze verticali di temperatura dell'aria e temperatura della superficie del pavimento. Lo standard è applicabile dove i criteri per l'ambiente interno sono stabiliti dall'occupazione umana e dove la produzione o il processo non ha un impatto importante sull'ambiente interno.

Una buona progettazione è finalizzata all'uso razionale dell'energia (buona/ottima prestazione energetica) simultaneamente all'ottenimento di soddisfacente comfort termico e qualità dell'aria interna.

Lo standard si può utilizzare durante la fase di progettazione e durante la fase di verifica. Nella fase di progettazione vengono definiti parametri di progetto di comfort da utilizzare come input per i calcoli di dimensionamento degli impianti e di progettazione dell'edificio. Nella fase di verifica è possibile misurare le variabili ambientali per valutare se le categorie definite in fase di progetto vengono rispettate.

UNI EN 16798-1:2019— Prestazione energetica degli edifici—Ventilazione per gli edifici—Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica: recepimento dello standard ISO 17772-1:2017 a livello UNI EN.

L'importanza della valutazione della qualità degli ambienti confinati ha portato ad una maggiore attenzione durante le fasi di progettazione, ma anche durante l'operatività dell'edificio: il monitoraggio delle condizioni ambientali interne può infatti permettere di prendere iniziative virtuose per migliorare l'IEQ e l'efficienza energetica.

Una delle iniziative a riguardo è la certificazione **LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)**, nata negli U.S.A grazie al U.S. Green Building Council, ma adottata anche in tutta Europa. Propone una certificazione volontaria della qualità degli edifici con un approccio orientato alla sostenibilità e alla gestione della sicurezza e del comfort. Per gli ambienti interni il LEED ha un'apposita sezione, nominata LEED IEQ. È applicabile ad ogni fase della vita di un edificio ed è in grado di decretare se e quanto un ambiente confinato è sicuro per gli occupanti e allo stesso tempo quanto è sostenibile. Del LEED IEQ fa parte anche il LEED IAQ, ovvero l'area di certificazione specifica sulla valutazione della qualità dell'aria negli ambienti interni.



Per una corretta valutazione della qualità degli ambienti interni è necessario considerare tutti i parametri che sono coinvolti nella definizione di comfort termico, luminoso, acustico e della qualità dell'aria, ovvero: **temperatura e umidità relativa dell'aria, asimmetria radiante, velocità dell'aria, illuminazione, rumore, concentrazione di gas nell'aria.**

Nella tabella, sono riportati i parametri richiesti dalla norma **ISO 17772-1:2017—Energy performance of buildings—Indoor environmental quality—Part 1: Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings** per la classificazione di un edificio rispetto al suo grado di IEQ:

Obiettivo	Metodo	Grandezze necessarie
Ambiente termico		
Verifica del comfort termico generale	Calcolo indice PMV-PPD	Temperatura aria e UR%, Temperatura radiante, Velocità aria
Verifica del comfort termico generale	Calcolo indice Operative Temperature	Temperatura aria, Temperatura radiante. Temperatura media strisciante outdoor
Verifica del comfort termico generale	Misura dell'incremento della velocità dell'aria per mitigare temperature alte	Velocità dell'aria
Verifica di correnti d'aria localizzate	Calcolo indice Insoddisfatti di correnti d'aria	Velocità aria, Indice di turbolenza
Verifica della assimmetria radiante tra le pareti e tra pavimento e soffitto	Calcolo indice Insoddisfatti da asimmetria radiante	Radiazione netta
Verifica dei gradienti di temperatura verticali	Calcolo indice Insoddisfatti da gradiente verticale di temperatura	Temperatura a 10 cm e a 110 cm d'altezza
Verifica della temperatura del pavimento troppo calda o troppo fredda	Calcolo indice Insoddisfatti da temperatura pavimento	Temperatura a contatto del pavimento
Verifica della temperatura dell'aria	Misura Temperatura aria	Temperatura aria
Qualità Aria		
Verifica impianto ventilazione al fine di garantire una certa portata dell'aria per occupante	Calcolo Portata dell'aria (l/s per m ² , l/s per occupante)	Velocità aria
Diluizione concentrazione CO₂ tramite ricambi d'aria	Calcolo Portata dell'aria e numeri di ricircoli per diluire la concentrazione del gas	Misura CO ₂ , velocità aria
Illuminamento		
Verifica della quantità di luce presente nell'ambiente	Misura Illuminamento	Illuminamento
Verifica della quantità illuminamento naturale presente all'interno dell'edificio	Calcolo Fattore di luce diurna	Illuminamento interno e esterno
Rumore		
Verifica della rumorosità degli impianti	Misura Livello di dB (A)	Livello equivalente (L-Aeq)

Le Soluzioni LSI LASTEM

La classificazione degli edifici è realizzata con la misura delle variabili ambientali ed elaborazione dei dati secondo i criteri definiti dalle normative. I valori ottenuti sono poi verificati secondo i limiti richiesti al fine della classificazione. LSI LASTEM propone sistemi dove molti dei calcoli definiti sono già disponibili come “grandezze derivate” ottenute direttamente nel data logger oppure con calcoli post-processing via software. Altre elaborazioni potranno essere successivamente calcolate via software partendo dai report dei dati scaricati dal data logger.

Metodo	Grandezza derivata Data Logger (M-Log)	Software in post- processing
Indice PMV-PPD		GIDAS TEA (BSZ313) (vedi MW9006-ITA-06)
Indice Operative Temperature	SI	
Indice Insoddisfatti di correnti d'aria	SI	
Indice Insoddisfatti di asimmetria radiante	SI	
Indice Insoddisfatti da gradiente verticale di temperatura	SI	
Indice Insoddisfatti da temperature pavimento	SI	
Misura Portata dell'aria (l/s per m2, l/s per occupante)	SI	
Portata dell'aria e numeri di Ricambi aria	SI	
Fattore di luce diurna	SI	

LSI LASTEM è una azienda storica nella produzione di strumentazione per la misura del microclima. Sin dal 1972 l'allora LSI Laboratori di Strumentazione Industriale, per il crescente mercato del Microclima termico per valutazioni negli ambienti di lavoro, aveva messo sul mercato i primi apparati a tale fine. Nel corso degli anni la gamma di sensori si è arricchita verso il completamento dei parametri tipici dell'IEQ.



► 1985: Centralina BABUC-A MICROCLIMA

Primo acquirente multi-misura con autoriconoscimento dei sensori connessi. Babuc poteva memorizzare i dati dai sensori connessi e veniva collegato al PC per scaricare le misure. LSI ASTEM aveva realizzato la prima applicazione su PC (Infogen), che in post-processing, calcolava i principali indici microclimatici.





► **Sensore globotermometrico**

La temperatura media radiante è responsabile degli scambi termici per irraggiamento tra individuo e ambiente ed è coinvolta nella definizione del termine "R" nella formula del bilancio termico. Gli indici che si basano sul bilancio termico richiedono la temperatura radiante ottenuta con il sensore globotermometrico.



► **Sensore termo-igrometrico**

La temperatura è la forma assunta dall'energia di scambio tra uomo ed ambiente, parametro fondamentale per la definizione degli scambi termici per convezione e conduzione. La quantità di acqua contenuta nell'aria è di importanza fondamentale per il benessere, in quanto legata alla cessione di calore attraverso la pelle.



► **Sensore di velocità dell'aria**

La velocità dell'aria influenza lo scambio termico per convezione ed è una causa comune di discomfort localizzato descritto dall'indice "Draught Rate" (DR). Il sensore a filo caldo assicura la omni-direzionalità della misura, una bassa soglia e veloce tempo di risposta indispensabili nella misura della velocità dell'aria e indice di Turbolenza.



► **Temperatura del pavimento**

Per il discomfort dovuto alla temperatura del pavimento t_f elevata (es. a causa di riscaldamento a pavimento) o troppo bassa, è possibile stimare la percentuale di insoddisfatti, sotto la condizione ($5^\circ\text{C} < t_f < 35^\circ\text{C}$).



► **Asimmetria radiante**

Per il discomfort dovuto ad una asimmetria radiante è possibile stimare la percentuale di insoddisfatti da diverse situazioni: soffitto caldo, parete calda, soffitto freddo, parete fredda (es. pareti vetrate).



► **Sensore di illuminamento**

Per consentire di eseguire compiti visivi in modo efficiente, deve essere fornita un'illuminazione appropriata. I criteri di devono essere selezionati in base alle attività svolte per fornire condizioni confortevoli per gli occupanti.



► **Sensori CO₂ e CO**

Gli inquinanti presenti negli ambienti indoor possono derivare dall'ambiente esterno, e penetrarvi mediante infiltrazione, o da sorgenti presenti all'interno degli edifici stessi. L'OMS raccomanda soglie massime di gas.



► **Sensore VOC**

Nell'aria degli ambienti indoor sono stati identificati e studiati più di 900 VOC (Volatile Organic Compounds) rilasciati da: materiali da costruzione e da arredo, tappezzerie, collanti, detersivi, fumo di sigaretta e occupanti stessi.



► **Sensore Rumore**

Le norme richiedono la misura del livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata "A" (L_{Aeq,nT}) per verificare il rumore emesso dagli impianti tecnici dell'edificio oltre che all'isolamento acustico delle sue strutture.

Sistema Multi-parametrico per IEQ



- ▶ Sistema portatile facilmente riposizionabile in punti di misura differenti
- ▶ Centralina di monitoraggio multi-parametro con la possibilità di collegare una grande varietà di sonde per i diversi aspetti dell'IEQ: ambienti Termici, Luminosi, Sonori, Qualità dell'aria
- ▶ Sensori per la misura del comfort e discomfort globale (temperatura e umidità, temperatura radiante, velocità dell'aria) e localizzato (temperature del pavimento, asimmetria radiante, correnti d'aria)
- ▶ Sensori per la misura dell'IAQ (Indoor Air Quality) per la misura dei principali gas presenti in ambienti confinati (CO₂, VOC) e molti altri.
- ▶ Software Gidas-TEA per il calcolo dell'indice PMV-PPD (ISO7730)
- ▶ Software Gidas-Viewer per la rielaborazione statistica dei dati acquisiti e creazione di tabelle e grafici dei dati

Il sistema è composto da un assieme strumentale (data logger e sensori) montato su un tripode. In funzione del tipo di sito e della relativa indagine sulla qualità dell'ambiente interno è possibile scegliere differenti tipi di sensori.

Al **data logger M-Log** è possibile **collegare via cavo al massimo 5 sensori** differenti, per questa ragione, per realizzare tutte le misure relative alle grandezze tipiche dell'IAQ è necessario collegare in momenti diversi le sonde al sistema.

Gli ambiti di monitoraggio realizzabili riguardano tutte le variabili indicate dalle norme come caratterizzanti l'ambiente indoor, per la misura di questi parametri sono disponibili diversi set di sensori:

- **Set Comfort Termico:** sensori per il calcolo di indici microclimatici per la valutazione del comfort termico globale dell'ambiente confinato, come temperatura e umidità relativa, temperatura radiante, velocità dell'aria.
- **Set Discomfort Localizzato:** sensori per la valutazione delle variabili che influiscono sul discomfort localizzato, come il gradiente di temperatura, la temperatura del pavimento, la velocità dell'aria e l'asimmetria radiante.
- **Set Illuminamento:** luxmetri per la valutazione dell'illuminamento e per il calcolo del Fattore di Luce Diurna.
- **Set Indoor Air Quality:** sensori per il monitoraggio dei gas presenti nell'ambiente confinato, tipicamente CO₂ e VOC. LSI Lastem dispone di ulteriori sensori per altri gas (es: CO, SO₂, H₂S, ecc.).
- **Set Rumore:** sonda fonometrica per la valutazione del livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata "A".

La centralina memorizza i dati dividendoli in "rilievi"; I rilievi sono poi scaricati sul PC per le **elaborazioni statistiche e calcolo in post-processing** di alcuni indici richiesti dalle norme con un software apposito (Gidas-Viewer e Gidas-TEA).

Alcuni indici vengono **direttamente calcolati a bordo** del data logger M-Log (vedi Tabella a pag. 6).



► Kit 1—Sistema Multi-parametrico per IEQ

Set Comfort Termico

Set Discomfort Localizzato
NOTE

- A Il software BSZ313 serve per il calcolo dell'indice PMV-PPD (ISO7730)
- B La sonda ESV306 misura la velocità dell'aria e l'indice di Turbolenza, la ESV107 la sola velocità dell'aria. Quest'ultima può non servire se la rete già contiene una sonda ESV306. Il calcolo del PMV-PPD sarà eseguito considerando la sonda ESV306
- C Il sensore EST130, per calcolare l'Indice "Insoddisfatti da gradiente verticale di temperatura", deve essere abbinato ad un sensore di temperatura dell'aria posto a 110 cm d'altezza. E' possibile utilizzare la sonda ESU403.1 già presente nel modulo comfort termico

Rif. Fig.	PN	Descrizione	Kit1	Rif. Note
		Data Logger		
1	ELO009	M-Log/N.5 ingressi/8MB/Batt/MiniDIN	1	
	BSC015	Alimentatore 230Vac->9V/M-RLog/IP54	1	
		Custodie per il trasporto di data logger e sensori		
	BWA319	Valigia Trolley 68x53x28cm/antiurto/IP65	1	
	BWA048	Sacca lunga per tripode	1	
		Software		
	BSZ311	SW Gidas Viewer/PC	1	A
		Accessori di montaggio		
2	BVA304	Tripode	1	
3	BVA320	Stativo corto per sonde e MLog	1	
		Set sensori e software per comfort termico (PMV-PPD, Temperatura Operativa)		
4	ESU403.1	Sensore/T+UR%/Pt100+0÷1V/12V/Cavo+MiniDin	1	
5	ESV308	Sensore/Vel.aria+Turbolenza/filo caldo/RS232/Cavo+DB	1	B
6	EST131	Sensore/Temp.globo nero/Pt100/cavo+MiniDin	1	
	BSZ313	SW Gidas TEA/Comfort/PC	1	
		Set sensori per discomfort termico localizzato (Temperatura pavimento, Asimmetria radiante, Correnti d'aria)		
7	EST130	Sensore/Temp.doppia/Contatto+H=10cm/2xPt100/Cavo+MiniDin	1	C
8	ESR231	Sensore/Asimmetria Radiante/Cavo+MiniDIN	1	
9	ESV308	Sensore/Vel.aria+Turbolenza/filo caldo/RS232/Cavo+DB	1	



11

Set Illuminamento



10

STAZIONI IEQ



15

Set Rumore



13

12

14

Set IAQ

NOTE	
D	La sonda ESR001 è utile se è richiesto il calcolo del Fattore di Luce diurna, il sensore va posizionato
E	Oltre alle sonde per CO2 e VOC, LSI LASTEM propone sonde per la misura di altri gas. Vedere catalogo MW9001-ITA-12. Ogni modulo radio ELR510.1 può ricevere 4 sonde gas contemporaneamente

Rif. Fig.	PN	Descrizione	Kit2	Rif. Note
Set sensori Illuminamento (calcolo Fattore Luce diurna)				
10	ESR000	Sensore/Lux CIE/0÷5Klux/Cavo+MiniDIN	1	
11	ESR001	Sensore/Lux CIE/0÷25Klux/Cavo+MiniDIN	Opzionale	D
Set sensori Indoor Air Quality e ventilazione				
12	ESO204	Sensore/CO2/0÷5000ppm/Cavo+MiniDIN	1	E
13	ESO150	Sensore/VOC/0÷20ppm/Cavo+MiniDIN	1	E
14	ESV307	Sensore/Vel.aria/filo caldo/RS232/Cavo+ DB	1	B
Sensore Rumore				
15	PRSLA1000	Sonda di Rumore	1	
	DEA999	Cavo di collegamento sensore rumore a data logger	1	
	BVA327	Accessorio per fissare PRSLA1000 a stativo	1	

**Contatta LSI LASTEM per maggiori informazioni
sulle configurazioni dei sistemi e sulle opzioni**

LSI LASTEM Srl
Via Ex SP. 161 Dosso, 9
20049 Settala (MI)
Italy

Tel. +39 02 954141
Fax +39 02 95770594
Email info@lsi-lastem.com
www.lsi-lastem.com