

## **RISULTATI DI UN'ANALISI CONOSCITIVA SUL COMFORT AMBIENTALE IN PARTICOLARI LUOGHI DI LAVORO: ASPETTI MICROCLIMATICI ED ILLUMINOTECNICI**

Cinzia Buratti, Umberto di Matteo, Cristiana Simoncini

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Perugia, Via G. Duranti 64, Perugia

### **SOMMARIO**

Il comfort ambientale negli spazi chiusi è determinato da fattori termoigrometrici, illuminotecnici ed acustici. Lo stato di benessere di un individuo rappresenta una condizione soggettiva dipendente dalle modalità con cui ogni occupante si relaziona con l'ambiente in cui trascorre gran parte del proprio tempo, come i luoghi di lavoro. Nel presente lavoro, che costituisce parte di una ricerca finanziata dall'ISPESL, sono presentati i risultati di una campagna di misure volta al monitoraggio dei principali descrittori termoigrometrici e alla valutazione dei parametri illuminotecnici. Nelle agenzie di banca la qualità delle condizioni microclimatiche è determinata esclusivamente dall'impianto di climatizzazione installato e generalmente l'impiego della luce artificiale è di gran lunga superiore a quello della luce naturale. Le misure hanno riguardato un campione significativo di agenzie di banca sul territorio regionale: sono state misurate le principali grandezze che influiscono sul microclima e sulla determinazione delle condizioni di benessere, tra le quali temperatura dell'aria, delle superfici radianti, umidità relativa, purezza dell'aria, ecc.; per il comfort illuminotecnico il monitoraggio ha riguardato la valutazione della distribuzione delle luminanze, dell'illuminamento e il controllo dell'abbagliamento per mezzo dell'indice UGR (Unified Glare Rating).

### **1. OGGETTO DELLA RICERCA**

Lo studio del comfort termoigrometrico assume grande importanza negli ambienti lavorativi, dove è necessario salvaguardare, oltre che la salute di chi lavora e di chi vi si trova occasionalmente, anche l'efficienza: chi deve lavorare in condizioni che trova disagi, produce di meno, è disincentivato ad impegnarsi, arriva quasi a detestare il proprio luogo di lavoro.

Con lo scopo di verificarne l'attinenza agli standard normativi e legislativi inerenti, è stata avviata una ricerca finalizzata alla determinazione del comfort ambientale, termoigrometrico e luminoso in particolari ambienti di lavoro: le agenzie di banca.

Generalmente i locali di tali agenzie non differiscono molto da un classico ufficio in cui si svolge un'attività prevalentemente sedentaria: la maggior parte delle operazioni vengono svolte stando seduti, alzandosi di tanto in tanto per dirigersi in altre zone che, anche nelle agenzie più grandi, distano pochi metri. Esiste però una peculiarità che rende tali luoghi particolarmente adatti ad un'indagine di questo tipo: per evidenti motivi di sicurezza, non è assolutamente possibile aprire finestre o porte comunicanti con l'esterno; ciò comporta che il compito di creare un clima confortevole è esclusivamente demandato all'impianto di condizionamento installato. Inoltre, in alcuni casi, vi sono locali dotati di particolari dispositivi di sicurezza, illuminati solo con illuminazione artificiale.

Per condurre tali indagini è stata richiesta la partecipazione di istituti di credito, che hanno aderito in maniera estremamente collaborativa. Le agenzie oggetto della ricerca si trovano tutte in Umbria: quattro a Perugia e due a Terni. Il criterio con cui sono state scelte si è basato sulla conformazione degli ambienti, sui materiali costruttivi, sul

tipo di impianto di condizionamento presente. Le agenzie saranno nel seguito indicate con lettere progressive dalla A alla F poiché, per esplicita richiesta degli istituti, non è possibile riportarne il nome identificativo e produrre una documentazione fotografica dei punti in cui si sono eseguiti i rilievi.

Tutte le agenzie si trovano al piano terra di grandi edifici, sia residenziali che ad uso uffici, tranne l'agenzia B, che occupa parte di un capannone industriale. Nelle agenzie A e B l'impianto è del tipo a tutt'aria, con anemostati montati a soffitto (sia di tipo radiale che lineare); nell'agenzia C l'impianto è del tipo misto aria-acqua, dotato di diffusori a soffitto radiali e ventilconvettori a soffitto; nelle restanti tre, gli impianti sono tutti del tipo aria-acqua, con diffusori radiali a soffitto e ventilconvettori a parete. In tutti gli istituti è presente un controsoffitto in cui passano i cablaggi elettrici e i canali dell'impianto di condizionamento

Lo studio del comfort microclimatico è stato condotto secondo le prescrizioni contenute nelle Norme Internazionali ASHRAE Standard 55/1992 [1] e ISO 7730/1994 [2], con lo scopo di verificare le condizioni di benessere termoigrometrico per soggetti operanti in vario modo in tali ambienti lavorativi, valutando differenze e singolarità nei dati raccolti durante un intero ciclo di stagioni.

Per quanto riguarda il benessere luminoso, sono stati valutati aspetti diversi, considerati sia in normativa tecnica che nazionale. In Italia l'atto più importante è il Decreto Legislativo 626/1994, relativo alle norme in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro; il DLGS, con le successive modifiche e integrazioni, ha recepito, tra le altre, la direttiva 90/270/CE, contenente un titolo specifico a riguardo della tutela dei lavoratori addetti ai videoterminali.

La normativa tecnica italiana ha recentemente recepito la EN 12464 del 2002, pubblicata come UNI EN 12464/2004 [3],

*Luce e Illuminazione – Illuminazione nei posti di Lavoro*, che in gran parte sostituisce la UNI 10380/94 [4] per quanto concerne l'illuminazione specifica di interni nei luoghi di lavoro.

## 2 CRITERI GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI MONITORAGGI

Ogni agenzia presenta una certa omogeneità per quanto riguarda la suddivisione degli ambienti adibiti a determinate funzioni, diverse tra loro: l'ambiente più spazioso, subito a ridosso della porta di ingresso, ospita la zona delle casse ed una zona di attesa, in cui sono spesso presenti divanetti per permettere ai clienti di sedere e aspettare il proprio turno; ai margini di questo ambiente c'è la zona ufficio, suddivisa in ambienti più piccoli, di diverse planimetrie. In base a questa impostazione sono stati scelti i punti in cui effettuare le misure, cercando così di rispecchiare la suddivisione:

- zona casse: è la zona dove si trovano gli impiegati che svolgono un lavoro a diretto contatto con i clienti, per la maggior parte del tempo seduti; può essere molto grande ed ospitare fino a 8-10 cassieri, come nel caso delle agenzie D, E, F, oppure più contenuta come nel caso delle restanti tre;
- zona sala/passaggio: è la zona dove circolano i clienti che vengono da fuori; stanno in piedi facendo la fila per le casse, oppure siedono negli appositi divanetti;
- zona ufficio: ogni ufficio ospita solitamente un solo impiegato, più eventuali clienti a colloquio.

Per ogni agenzia sono state effettuate misure in ognuna delle zone sopra citate, individuando i punti in cui gli eventuali occupanti stazionano in maniera continuativa: zone adibite esclusivamente al passaggio non sono rilevanti dal punto di vista di una valutazione del comfort o meno dell'ambiente, perché, per l'esiguo tempo che vi trascorre un individuo, non sono in grado di provocare delle sensazioni stazionarie. I punti di misura sono stati inoltre selezionati con il criterio di creare il minimo intralcio sia per gli impiegati che per i clienti.

### 2.1 I rilievi strumentali per la valutazione del comfort termoisometrico

Le misure sono state effettuate durante la stagione invernale, primaverile ed estiva, compatibilmente con la disponibilità degli istituti bancari sedi delle misurazioni stesse. Ogni periodo vuole essere rappresentativo, oltre che delle condizioni climatiche esterne tipiche che lo rappresentano, anche di un funzionamento diverso dell'impianto.

Ad ogni banca è stata dedicata una giornata di misure; queste hanno avuto inizio dopo circa un'ora di funzionamento dell'impianto, per permettere allo stesso di andare a regime. Dopo il primo rilievo eseguito all'esterno dell'agenzia, è stato effettuato un ciclo di misure mattutino per ogni punto descritto in precedenza; il secondo ciclo è stato effettuato nel pomeriggio, al termine della pausa pranzo. Sinteticamente quindi un ciclo (pomeridiano o mattutino) di misure ha compreso:

- un rilievo esterno (solo mattina);
- un rilievo zona casse;
- un rilievo zona ufficio (laddove possibile sono stati eseguiti due rilievi in due uffici diversi, con esposizioni diverse, agenzie. C D E);

- un rilievo zona di passaggio (quando possibile).

### 2.1.2 Strumentazione utilizzata

Durante le misure si è fatto uso di una stazione di rilevamento composta di due multiacquisitori ad undici ingressi, a cui sono collegabili diverse sonde dettagliatamente descritte in [5]. Ogni centralina (Figure 1 e 2) permette la visualizzazione istantanea e la memorizzazione delle grandezze fisiche che vengono acquisite dalle sonde, con una capacità massima di 20.000 campioni (64 Kb). E' inoltre possibile programmare le centraline affinché comincino un rilievo alla data ed all'ora programmata. Le sonde utilizzate sono state collegate alle due centraline secondo tre configurazioni (configurazione 1, configurazione 2 e configurazione per esterno) rimaste invariate per tutta la durata delle misurazioni.

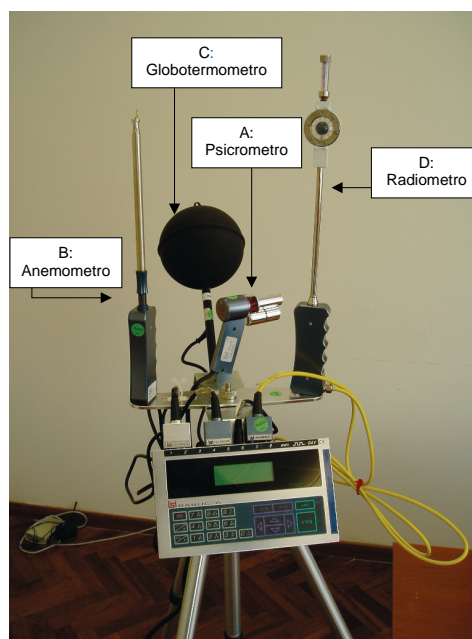


Figura 1 - Config. 1; centralina BABUC e sonde collegate

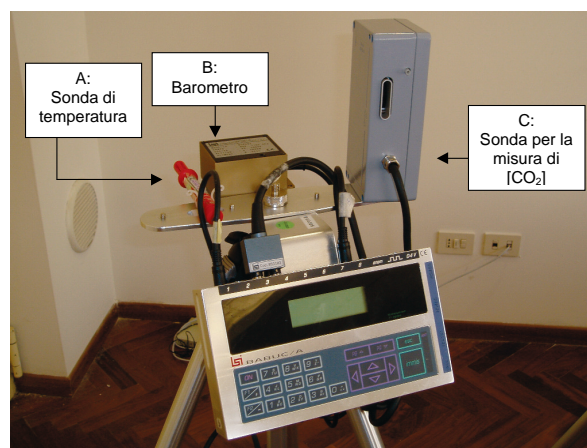


Figura 2 - Config. 2; centralina BABUC e sonde collegate

Nel software dedicato, impostando i seguenti parametri:  
- tipo di ambiente (moderato, severo);

- attività svolta dal soggetto, resistenza termica del vestiario, rendimento meccanico;  
si ottengono, a partire dai dati misurati, gli indici microclimatici derivati.

### 2.1.2 Grandezze misurate e calcolate

In sintesi in ogni punto sono state misurate le seguenti grandezze fisiche:

- temperatura dell'aria,  $t_a$  [°C];
- temperatura umida a ventilazione forzata dell'aria,  $t_w$  [°C];
- temperatura del globotermometro,  $t_g$  [°C];
- velocità media dell'aria,  $v_a$  [m/s];
- radiazione netta,  $Rad.netta$  [W/m<sup>2</sup>];
- concentrazione di anidride carbonica [ppm];
- temperatura a livello (0,1 m) delle caviglie,  $t_{cav}$  [°C];
- temperatura a livello (1,1 m) del collo,  $t_{collo}$  [°C];
- temperatura superficiale del pavimento,  $t_{surf}$  [°C];
- pressione atmosferica,  $Patm$  [KPa];

e successivamente sono calcolate le seguenti grandezze ed indici microclimatici:

- umidità relativa dell'aria,  $RH$  [%];
- temperatura di punto di rugiada dell'aria,  $tdp$  [°C];
- intensità della turbolenza,  $TU$  [%];
- rischio da corrente d'aria,  $DR$  [%];
- temperatura asimmetrica radiante,  $tasimm$  rad [°C];
- insoddisfatti da temperatura asimmetrica radiante,  $INS$   $tasimm$  rad [%];
- differenza tra  $t_{collo}$  e  $t_{cav}$  [°C];
- insoddisfatti da gradiente verticale di temperatura,  $INSgrad$  [%];
- insoddisfatti da temperatura del pavimento,  $INS_{tpav}$  [%];
- temperatura operativa,  $t_o$  [°C];
- temperatura media radiante,  $t_r$  [°C];
- voto medio previsto,  $PMV$  ;
- percentuale prevista di insoddisfatti,  $PPD$  [%].

### 2.1.3 Ipotesi sull'attività metabolica e la resistenza termica dell'abbigliamento dei soggetti

Ai fini del calcolo degli indici microclimatici, è stato necessario effettuare ipotesi plausibili circa l'attività metabolica svolta e la resistenza termica del vestiario.

Per quanto riguarda la prima si è ipotizzato per tutti gli impiegati di banca un'attività sedentaria, corrispondente ad un'occupazione tipo segretaria nella norma UNI EN ISO 28996 [6]: il valore dell'energia metabolica è pari a 1,33 met (circa 77,5 W/m<sup>2</sup> di superficie corporea), con un rendimento meccanico pari a 0.

La resistenza termica del vestiario è stata assunta diversa a seconda del sesso del soggetto e della stagione considerata. Per ogni periodo di rilevazione sono stati creati dei modelli (es. Uomo tipo inverno, Donna tipo primavera, ecc.), a partire dai valori della resistenza termica dei singoli capi contenuti nella norma UNI EN ISO 9920 [7].

Per ogni stagione la resistenza termica del vestiario dei modelli uomo-tipo e donna-tipo sono stati scelti a partire dai valori riportati nella tabella A.2 della norma UNI EN ISO 9920: al contrario della tabella B.2 della stessa norma, nella quale sono presenti i valori per ogni singolo capo, vengono

riportati i valori di resistenza termica di una serie di combinazioni d'abiti contraddistinte da un numero. Le suddette combinazioni vengono indicate come *daily wear clothing*, cioè abbigliamento giornaliero che si contraddistingue dall'abbigliamento per lavori specifici (tuta da meccanico, tute ignifughe, ad alta protezione termica, ecc.).

I valori delle resistenze termiche del vestiario, relative alle combinazioni scelte sono riportate in Tabella 1.

Tabella 1 - Resistenza termica del vestiario

	$I_{cl}$ [clo]	
	Uomo	Donna
Inverno	1.09	1.02
Primavera	0.86	0.78
Estate	0.63	0.54

## 2.2. Rilievi strumentali per la valutazione del comfort luminoso

I rilievi sono stati condotti ai sensi della normativa tecnica e pianificati per poter effettuare le verifiche richieste dalla norma 12464/2004.

Al fine di ottimizzare i monitoraggi, le operazioni preliminari ad ogni rilievo sono state le seguenti:

- conoscenza del tipo di lampade, al fine di impostare sullo strumento Chromameter CL-200 il *Correction Function* (CF) e sullo strumento Luminance Meter LS-100 il *Color Correction Function* (CCF), ovvero parametri strumentali che si differenziano in base al tipo di sorgenti luminose (vedi par 2.2.1);
- acquisizione dei dati sul tipo di lampade utilizzate;
- definizione dei compiti visivi sulle planimetrie delle varie banche:
  - lettura e scrittura sul piano della scrivania;
  - lettura e scrittura su videoterminali;
  - consultazione di fascicoli in prossimità di archivi e scaffalature;
  - esecuzione di compiti visivi meno impegnativi (conversazioni telefoniche);
  - movimento degli utenti all'interno del locale;
- definizione su planimetria del reticolo e dei punti caratteristici per il rilievo;
- localizzazione degli apparecchi di illuminazione, compresi quelli di emergenza.

I rilievi sono stati condotti al fine di poter effettuare, in fase di elaborazione delle misure, le seguenti verifiche: distribuzione delle luminanze, illuminamento medio mantenuto e uniformità dell'illuminamento [8], [9], [10].

In [11] è descritta dettagliatamente la metodologia di misura.

### 2.2.1 Strumentazione utilizzata

Gli strumenti impiegati (Figura 3) nei rilievi hanno permesso di misurare le seguenti grandezze illuminotecniche:

- illuminamento;
- luminanza;
- temperatura di colore;

i cui valori limite sono definiti nella UNI EN 12464.

Nella scelta strumentale le caratteristiche considerate come elementi di valutazione sono: il numero di grandezze misurate,

il campo di misura, l'accuratezza, le funzioni aggiuntive come (Color Correction Function CCF), l'angolo di accettazione per i luminanzometri.

Le misure di illuminamento sono state effettuate con un luxmetro/colorimetro, della Minolta, modello CL-200, (Figura 3a), con il quale è possibile procedere alla determinazione delle coordinate tricromatiche e delle temperatura di colore della luce. Il luminanzometro Minolta, modello LS-100, riportato in Figura 3b, è in grado di effettuare misure di luminosità da una distanza che va da 1014 mm fino a infinito. Nel caso si volessero raggiungere distanze minori, è d'obbligo l'uso di lenti addizionali, tramite le quali si riduce anche, di conseguenza, l'area esaminata. È questo il caso in cui, per esempio, si vogliono effettuare particolari indagini sugli schermi e sul contrasto tra un carattere e lo sfondo, tema non trattato nella UNI EN 12464/2004.



a) b)  
Figura 3 - Strumentazione utilizzata:

a) luxmetro/colorimetro CL-200 b) luminanzometro LS-100

### 3 RISULTATI DEI MONITORAGGI SUL BENESSERE TERMOIGROMETRICO

Per brevità dei copiosi dati ottenuti dai rilievi strumentali, già parzialmente presentati in [5], si riporta nel seguito una sintesi riepilogativa e comparativa dei risultati ottenuti.

#### Comfort globale

Un primo dato interessante può essere ottenuto dalla media dei valori delle percentuali di insoddisfatti (PPD) delle singole agenzie, riferite all'ipotesi Uomo, in base alla postazione tipo ed alla stagione, riportati nella Tabella 2.

L'andamento risultante mostra una crescita degli insoddisfatti nel passaggio dalla stagione più fredda a quella più calda, come riportato in Figura 4. La postazione ufficio disattende questa tendenza, evidenziando il totale di insoddisfatti più alto concentrato nella stagione primaverile. Tali andamenti sono paragonabili a quelli che si ottengono utilizzando i valori riferiti al soggetto donna.

La tendenza dei dati porta a concludere che l'inverno è il periodo meno disagiata per gli occupanti delle sei agenzie che costituiscono il campione, al contrario dei periodi più caldi, nei quali l'insoddisfazione verso l'ambiente termico cresce.

Per comprendere se la maggiore insoddisfazione viene provocata da ambienti troppo caldi o troppo freddi, possono

essere analizzati anche i dati in Tabella 3, nella quale è segnalato il verificarsi di condizioni di discomfort, cioè quando il valore calcolato del PMV supera l'intervallo  $-0,5$   $+0,5$  per una delle tre postazioni tipo.

Durante l'inverno si sono verificate solamente situazioni che denunciano un ambiente leggermente caldo e tutte nell'agenzia E; in primavera c'è la prevalenza di un PMV negativo in tre situazioni ed una solamente in cui è positivo; in estate invece spesso si sono verificate situazioni in cui l'ambiente viene avvertito come troppo caldo, e quattro situazioni in cui è leggermente freddo.

Tabella 2 - Media dei valori della percentuale prevista di insoddisfatti effettuata per postazione tipo e per stagione

PPD (%) totale			
	Casse	Sala	Ufficio
Inverno	5,82	5,37	8,27
Primavera	7,39	7,18	12,67
Estate	9,91	10,00	9,97

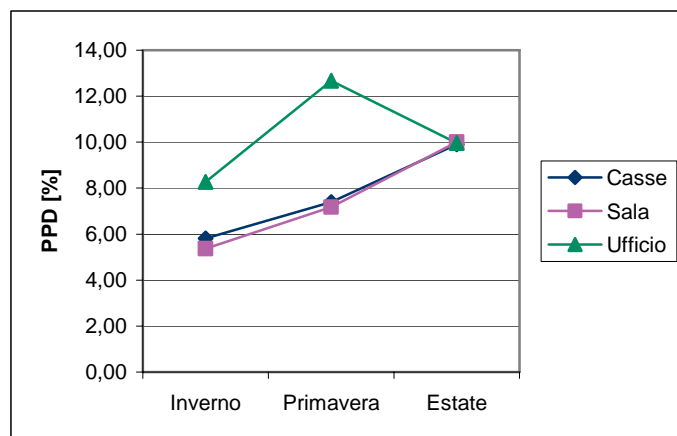


Figura 4- Andamento della media dei valori della PPD nelle tre stagioni, divise in base alla postazione tipo

#### Comfort locale

Premessa fondamentale a qualsiasi analisi riguardante l'evolversi delle possibili cause di discomfort locale è che, nell'arco delle tre stagioni, raramente si sono notate situazioni evidenti in cui le grandezze in esame hanno creato disagi localizzati negli occupanti delle sei agenzie.

Nella Tabella 4 le croci indicano che la percentuale di insoddisfatti dovuta ad uno dei quattro fattori supera le percentuali consigliate dalla norma ISO 7730, o le percentuali imposte per la categoria 2 della ISO/DIS 7730, e vengono divise in tre periodi: inverno, primavera l'estate.

La temperatura del pavimento, in due casi, in primavera (agenzia F) ed in estate (agenzia C), provoca più del 10% di insoddisfatti: va detto che tale soglia non viene superata per più di un punto percentuale, quindi il problema è piuttosto relativo.

Tabella 3 - Valutazioni sul PMV

se la crocetta è nel campo PMV(+) indica che il voto medio previsto è superiore a +0,5, se è nel campo PMV(-) indica che è inferiore a -0,5.

	Inverno		Primavera		Estate	
	PMV(+)	PMV(-)	PMV(+)	PMV(-)	PMV(+)	PMV(-)
				X		
B			X		X X X	
C					X X	
D						
E	X X					X X X
F				X X		X

In estate una postazione dell'agenzia F ed una dell'agenzia A hanno evidenziato come vi si possa correre il rischio di trovare sgradevole l'eccessivo movimento dell'aria, causato dagli anemostati da soffitto e dai ventilconvettori da parete.

A parte il gradiente verticale di temperatura elevato, che è stato sistematicamente rilevato nella sessione invernale per tutte le agenzie, gli altri fattori locali non sembrano creare evidenti problemi di tollerabilità nei confronti dell'ambiente da parte degli occupanti, e il loro verificarsi sporadicamente non permette di trovare un evidente collegamento con la stagione e con il tipo di impianto per cui si verificano. In ultimo merita una citazione il fatto che l'asimmetria radiante non ha mai evidenziato, per nessuna stagione, problemi significativi in nessuno dei sei casi di studio.

#### 4 RISULTATI DEI MONITORAGGI SUL BENESSERE LUMINOSO

Per avere un quadro riassuntivo delle risultanze dell'indagine sperimentale condotta, si mettono in relazione, tramite grafici, i risultati ottenuti nelle diverse agenzie di banca, differenziandoli per zone di rilievo.

L'illuminamento risulta ben controllato, con verifiche di illuminamento medio mantenuto e di uniformità positive tra il 70% e il 90% dei casi esaminati; i dati relativi alle luminanze hanno confermato situazioni meno definite.

La verifica del rapporto tra illuminamento puntuale e zone circostanti è soddisfatta nel 100% dei casi sia in zona casse, sia in zona ufficio. Le altre verifiche sono riportate in Figura 5 per la zona ufficio e in Figura 6 per la zona casse.

Le distribuzioni di luminanza sono quasi sempre ben bilanciata, con valori che aumentano dal basso verso l'alto quasi a creare un effetto naturale. Inoltre si osserva la frequente presenza di pareti colorate, caratterizzate da basse emissioni di luminanza ed indici di riflessione nella norma.

I monitor delle postazioni VDT sono sempre opportunamente disposti ed orientati, al fine di porre il lavoratore nella massima condizione di comfort.

#### 5 CONCLUSIONI

Gli aspetti di comfort ambientale in luoghi di lavoro, grazie anche a recenti disposizioni nella normativa europea e nazionale, stanno assumendo maggior importanza rispetto al

passato. Il presente lavoro riporta i risultati di un'indagine che l'ISPESL ha commissionato al CIRIAF, avente per oggetto la valutazione dell'ambiente lavorativo nelle agenzie di banca.

Tabella 4 - Cause di discomfort localizzato

Le croci indicano che le percentuali di insoddisfatti imputabili ad una delle quattro cause superano i limiti indicati nella norma. (n.d.= dato non disponibile).

Agenzia	Parametro	Inverno	Primavera	Estate
A	DR			X
	INS. T asimmetrica radiante			
	INS Grad. Verticale di T			
	INS T Pavimento	n. d.		
B	DR			
	INS. T asimmetrica radiante			
	INS Grad. Verticale di T			
	INS t Pavimento	n. d.		
C	DR			
	INS. T asimmetrica radiante			
	INS Grad. Verticale di T	X X X		
	INS t Pavimento	n. d.		X
D	DR			
	INS. T asimmetrica radiante			
	INS Grad. Verticale di T	X		
	INS t Pavimento	n. d.		
E	DR			
	INS. T asimmetrica radiante			
	INS Grad. Verticale di T	X X		
	INS t Pavimento	n. d.		
F	DR			X
	INS. T asimmetrica radiante			
	INS Grad. Verticale di T	X		
	INS t Pavimento	n. d.	X	

La ricerca si è basata sulla collaborazione di alcuni Istituti di Credito che hanno messo a disposizione alcune delle proprie Agenzie aventi diverse caratteristiche architettoniche e servite da tipologie differenti di impianti di riscaldamento e condizionamento. Si sono acquisiti valori delle grandezze necessarie alla valutazione del benessere termoisometrico per la determinazione, tra l'altro, degli indici PMV e PPD, secondo quanto previsto dalla UNI EN 28996 [3] e dalla UNI EN ISO 7730 [2]. Per l'indagine avente per oggetto la valutazione dell'ambiente luminoso, sono stati valutati essenzialmente due parametri, illuminamento e luminanza, in

quanto necessari alle verifiche richieste dalla nuova norma UNI EN 12464. Dal punto di vista metodologico, sono state individuate due postazioni tipo comuni a tutte le agenzie monitorate: la postazione cassa e la postazione ufficio.

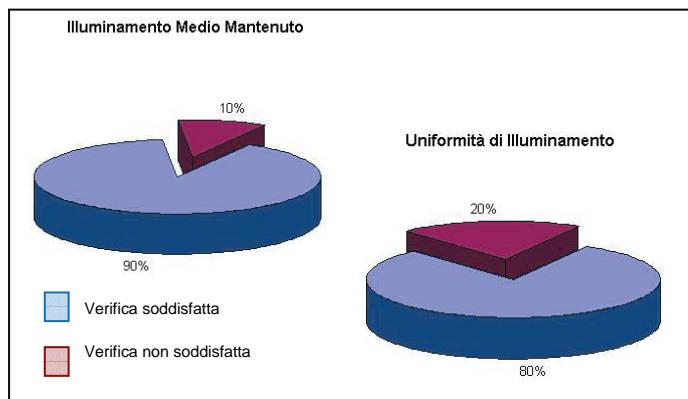


Figura 5 - Verifiche relative alla zona ufficio

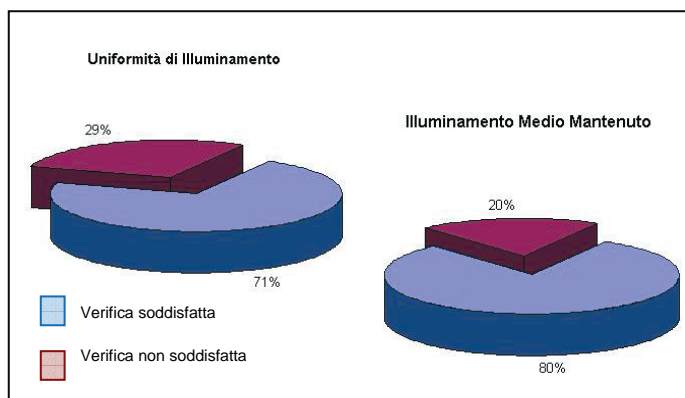


Figura 6 - Verifiche relative alla zona casse

Dal punto di vista termoigrometrico, come emerso dai rilievi effettuati, l'inverno è risultata la stagione nella quale mediamente si sono riscontrate le percentuali di insoddisfatti, a livello globale, più basse, con solamente tre casi in cui tale indice eccede il 10%. È importante notare che, mentre il problema legato all'eccessiva secchezza dell'aria viene riscontrato nella totalità delle agenzie, l'elevato gradiente verticale di temperatura costituisce un problema solamente negli edifici in cui l'impianto è del tipo misto aria-acqua.

Durante la stagione primaverile, come emerso dal confronto dei risultati stagionali, si assiste ad un incremento delle situazioni in cui la percentuale di insoddisfatti supera la soglia del 10% ma, questo fatto non sembra collegabile con il tipo di impianto presente nelle agenzie.

La stagione estiva è parsa quella in cui, a livello globale, il microclima presente nelle sei agenzie non garantisce sempre il pieno comfort per gli occupanti. Rispetto ad inverno e primavera, aumentano le zone in cui le percentuali di insoddisfatti eccedono il 10% e i rilievi dedicati alla valutazione del comfort luminoso hanno visto la misura dei due parametri: luminanza e illuminamento.

Gli illuminamenti presentano valori molto spesso vicini al limite, ma sempre comunque rientranti nei ranges accettati. Problemi sorgono in qualche caso nelle zone di passaggio per quanto riguarda l'uniformità di illuminamento.

Le verifiche di illuminamento medio sono soddisfatte con percentuali variabili tra il 20 % e 29% a seconda delle zone considerate, mentre le percentuali relative all'illuminamento medio mantenuto oscillano tra il 10% e 20%.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. ASHRAE, "Thermal environment conditions of human occupancy – ASHRAE Standard 55-92", American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga., USA, 1992.
2. UNI, "Ambienti termici moderati – Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico", Norma UNI-EN-ISO 7730, Unificazione Italiana, Milano, 1996.
3. UNI EN 12464-1, "Illuminazione dei posti di lavoro", 2004.
4. UNI 10530 "Principi di ergonomia della visione-Sistemi di lavoro e illuminazione" 1994.
5. Beccali G., Buratti C., Di Matteo U., "Il comfort microclimatico negli istituti bancari: messa a punto di una metodologia e prime evidenze sperimentali di una campagna di misura presso alcune agenzie in Umbria", 5° Congresso Nazionale CIRIAF – Atti, Perugia 8/9 aprile 2005.
6. UNI-EN 28996 "Ergonomia – Determinazione della produzione di energia termica metabolica", Maggio 1996
7. UNI-EN-ISO 9920 "Ergonomia degli ambienti termici –Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativi dell'abbigliamento", Marzo 2004.
8. Piccoli B., D'Orso M., Zambelli P.L., "Fotometria ambientale: analisi ed interpretazione dei rapporti di luminanza in relazione ai valori limite di riferimento nazionali ed internazionali" Atti del 14° Congr. Naz. A.I.D.I.I. Arbatax 1995.
9. Aghemo C., Pellegrino A., Lo Verso V., "La valutazione dell'abbigliamento molesto negli ambienti confinati: analisi critica delle procedure esistenti", Convegno Nazionale Associazione Italiana di Illuminazione AIDI, Cagliari, 1998.
10. CIE (Commission International de l'Eclairage), Discomfort glare in interior lighting, pubblicazione n. 117, 1995
11. Cotana F., Cellura M., Simoncini C., "Il benessere illuminotecnico nelle agenzie di banca: analisi dei risultati di una campagna sperimentale in agenzie nel territorio umbro", 5° Congresso Nazionale CIRIAF – Atti, Perugia 8/9 aprile 2005.